T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YAPILARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİMLERİN JEODEZİK YÖNTEMLERLE İZLENMESİ İÇİN YAZILIM TASARIMI

YUNUS BOZDAĞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI

DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. R. GÜRSEL HOŞBAŞ

İSTANBUL, 2017

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YAPILARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİMLERİN JEODEZİK YÖNTEMLERLE İZLENMESİ İÇİN YAZILIM TASARIMI

Yunus BOZDAĞ tarafından hazırlanan tez çalışması 14.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. R. Gürsel HOŞBAŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. R. Gürsel HOŞBAŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. V. Engin GÜLAL

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Halil ERKAYA

Okan Üniversitesi _____

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’nun 115Y250 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu çalışma; Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Programı kapsamında yapılmıştır. Bu tezin oluşturulmasında bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ramazan Gürsel HOŞBAŞ'a, daha önce yapılmış olan GNSS gözlemlerinin çözümündeki katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Atınç PIRTI 'ya, bu tezin Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun 115Y250 numaralı projesi kapsamında desteklenmesini sağlayan Sayın Doç. Dr. Burak AKPINAR, Sayın Prof. Dr. Vahap Engin GÜLAL ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nedim Onur AYKUT'a, arazi çalışmalarının yapılması sırasında yersel ölçümlerde, TUSAGA Aktif ve İSKİ UKBS istasyonlarından verilerin alınmasında yardımcı olan Sayın Arş. Gör. Mustafa Fahri KARABULUT'a, son olarak ise Yüksek Lisans çalışmam sırasında benden desteklerini esirgemeyen annem, babam ve ablama teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Yunus BOZDAĞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ viii
KISALTMA LİSTESİ ix
ŞEKİL LİSTESİ x
ÇİZELGE LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xv
BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 5
1.3 Hipotez 5
BÖLÜM 2
DEFORMASYONA İLİŞKİN TANIMLAMALAR 6
2.1 Deformasyon Ölçmelerinde Genel Tanımlamalar 6
2.2 Jeodezik Kontrol Ağlarının Yapısı 8
2.3 Deformasyon Modelleri 9
2.3.1 Kinematik Model 10
2.3.2 Dinamik Model 10
2.3.3 Statik Model 11
2.4 Yapılardaki Deformasyonların Nedenleri 12
BÖLÜM 3
JEODEZİK ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ 13
3.1 Jeodezik Ağlarda Dengeleme Hesabı 13
3.1.1 En Küçük Kareler Yöntemi İle Dengeleme Hesabı 14
3.2 Fonksiyonel Modelin Kurulması 15
3.2.1 Doğrultular İçin Düzeltme Denklemleri 15
3.2.2 Kenarlar İçin Düzeltme Denklemleri 16

3.2.3 Nivelman Ölçüleri İçin Düzeltme Denklemleri 17
3.3 Stokastik Modelin Kurulması ve Ölçü Ağırlıkların Seçimi 18
3.4 Pseudo İnvers (Moore-Penrose) 19
3.5 Serbest Ağ Dengelemesi 20
3.6 Tüm İz Minimum Yöntemi 21
3.7 Kısmi İz Minimum Yöntemi 23
3.8 S Dönüşümü 23
3.9 Dengeleme Modelinin Test Edilmesi 24
3.9.1 Matematiksel Model Testi 24
3.10 Jeodezik Ağların Duyarlık ve Güven Ölçütleri 25
3.10.1 Duyarlık Ölçütleri 25
3.10.2 Güvenirlik Ölçütü 28
3.10.2.1 İç Güvenirlik Ölçütü 28
3.10.2.2 Dış Güvenirlik Ölçütü 32
3.11 Doğrusal Hipotez Testleri 33
3.11.1 Test İstatistiği 34
3.12 Ortalama Ayrılıklar Yöntemi İle Deformasyon Analizi 36
3.12.1 Eş Değerlik Testi 36
3.12.2 Eşdeğer Olmayan Noktaların Belirlenmesi 37
3.13 Bağıl Güven Elipsleri Yöntemi İle Deformasyon Analizi 39
3.13.1 Referans Noktalarının Belirlenmesi 39
3.13.2 Deformasyonların Yerelleştirilmesi 41

BÖLÜM 4

UZAY KONUM BELİRLEME TEKNİKLERİ 43

4.1 Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS) 43
4.2 GNSS Konum Belirleme Teknikleri 44
4.2.1 Mutlak Konum Belirleme 44
4.2.2 Bağıl Konum Belirleme 45
4.2.2.1 Statik GPS 45
4.2.2.2 Tekrarlı Ölçü 47
4.2.2.3 Kinematik GPS 47

BÖLÜM 5

DENGELEME HESABI VE DEFORMASYON ANALİZİ YAZILIMI TASARIMI 49

5.1 Programda Kullanılan Dengeleme Hesabı İşleminin Akışı 49
5.2 Programda Kullanılan Deformasyon Analizi İşlemin Akışı 55

BÖLÜM 6

TARİHİ DAVUTPAŞA KIŞLASINDAKİ YAPISAL HAREKETLERİN İNCELENMESİ 58

6.1 Davutpaşa Kışlasının Tarihçesi 58
6.2 Jeodezik Kontrol Ağının Tanıtılması 59
6.3 Jeodezik Kontrol Ağındaki Ölçmeler 60
6.4 Jeodezik Kontrol Ölçülerinin Değerlendirilmesi 61

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER 64

7.1 Yersel Ölçümlerin Sonuçları 64
7.2 GNSS Sonuçları 65

Kaynaklar 67

EK A

2011 Dönemi Yatay Konum Ağları Dengelemesi Sonuçları 71

2016 Dönemi Yatay Konum Ağları Dengelemesi Sonuçları 73

2011 Dönemi Hassas Nivelman Dengelemesi Sonuçları 75

2016 Dönemi Hassas Nivelman Dengelemesi Sonuçları 77

EK B

Yatay Konum Ağları İçin Deformasyon Analizi (İstatistiksel Analiz) 79

Düşey Konum Ağları İçin Deformasyon Analizi (İstatistiksel Analiz) 81

EK C

Yatay Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Tek Noktalar) 83

Yatay Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Çift Noktalar) 84

Düşey Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Tek Noktalar) 85

Düşey Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Çift Noktalar) 86

ÖZGEÇMİŞ 87

SİMGE LİSTESİ

A	Katsayılar matrisi
C°	Celcius
C_{ll}	Ölçülerin varyans kovaryans matrisi
^{cc}	Grad Saniyesi
F°	Fahrenheit
f	Serbestlik derecesi
H_0	Sıfır Hipotezi
hpa	Hectopascal
H_S	Seçenek Hipotezi
K°	Kelvin
l	Küçültülmüş ölçüler vektörü
m	Metre
m_x	Bir P Noktasının X koordinatının Konum Hatası
m_y	Bir P Noktasının Y koordinatının Konum Hatası
m_p	Bir P Noktasının Koordinatının Konum Hatası
mm-Hg	Milimetre civa
x	Küçültülmüş bilinmeyenler vektörü
P	Ölçülerin ağırlık matrisi
Q_{xx}	Bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları matrisi
Q_{vivi}	Düzeltmeleri ağırlık katsayıları Matrisi olmak üzere
Q_{ll}	Ölçülerinin ağırlık katsayıları matrisi
r_i	Bir Ölçünün Kısmi redundanz payı
s_0^2	Deneysel varyans
σ_0^2	Kuramsal varyans
v	Ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörü

KISALTMA LİSTESİ

C#	C Sharp
DSİ	Devlet Su İşleri
DOP	Dilution of Precision
EKTi	En Küçük Toplam İlkesi
EKKİ	En Küçük Kareler İlkesi
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satallite System
GPS	Global Positioning System
IGS	International GNSS Service
IRNSS	Indian Regional Navigation Satellite System
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
JADDA	Jeodezik Ağlarda Dengeleme Hesabı ve Deformasyon Analizi
Matlab	Matrix Laboratory
Mm	Milimetre
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
ppm	Parts per million
Rinex	Receiver Independent Exchange Format
TUSAGA Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Şekil değişimleri 8
Şekil 2.2 Bir yapı için oluşturulmuş referans, obje ve yöneltme noktalarından oluşan örnek bir ağ 9
Şekil 3.1 Doğrultular arasındaki fonksiyonel ilişki 15
Şekil 3.2 P_i (-1) ve P_j (+1) noktaları arasındaki ΔH_{ij} yükseklik farkı 17
Şekil 3.3 Dengelenme hesabı sonucunda bulunan koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hatası 26
Şekil 3.4 Bir P noktasının hata elipsinin elemanları 27
Şekil 3.5 Bir P_j noktasının bağıl güven elipsi 42
Şekil 4.1 GNSS konum belirleme yöntemleri 44
Şekil 5.1 JADDA programında kullanıcı tarafından proje oluşturuluması 50
Şekil 5.2 Yatay doğrultu bilgileri girişi 51
Şekil 5.3 Kenar bilgilerinin girişi 51
Şekil 5.4 Yaklaşık koordinatların girişi 52
Şekil 5.5 Yatay ağlar için ölçüm kanavası 52
Şekil 5.6 Nivelman ağları için ölçüm kanavası 53
Şekil 5.7 Yatay ağlar için hata elipsleri 53
Şekil 5.8 JADDA programında kullanılan dengeleme hesabı işleminin akış şeması 54
Şekil 5.9 Yatay ağlar için bağıl güven elipsleri 55
Şekil 5.10 Nivelman için bağıl güven elipsleri 56
Şekil 5.11 JADDA programında kullanılan deformasyon analizinin akış şeması 57
Şekil 6.1 Tarihi Davutpaşa Kışlası 59
Şekil 6.2 Jeodezik kontrol ağındaki referans noktaları 60
Şekil 6.3 Total Station ile yapılan yatay konum ağı ölçmeleri 61
Şekil 7.1 GNSS çalışmaları sonucunda bulunan bazlar 65

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Deformasyon modellerinin formülasyonu 12
Çizelge 3.1 Ağ türlerine göre datum parametreleri ve sayıları 20
Çizelge 4.1 Uydu sayısı ile gözlem süresi arasındaki ilişki 46
Çizelge 6.1 Yatay konum ağı dengelemesine ilişkin bilgiler 63
Çizelge 6.2 Düşey konum ağı dengelemesine ilişkin bilgiler 63
Çizelge 7.1 GNSS çalışmaları sonucunda bulunan bazlar ve bunların farkları 66

ÖZET

MÜHENDİSLİK YAPILARINDAKİ YAPISAL DEĞİŞİMLERİN JEODEZİK YÖNTEMLERLE İZLENMESİ İÇİN YAZILIM TASARIMI

Yunus BOZDAĞ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ramazan Gürsel HOŞBAŞ

İnsanoğlunun varoluşuyla başlayan, yaşam mücadelesinin büyük bir kısmı vahşi doğa şartlarıyla mücadele ile geçmiştir. Temel problemlerin çoğunluğu doğa şartları ya da barınma ihtiyacını karşılamakla ilgilidir. Barınma ihtiyacını gidermek için ilk başlarda mağaralarda ve kulübelerde yaşayan insanoğlu ilerleyen dönemlerde bilgi birikimiyle; farklı tekniklerle yapılar inşa etmişlerdir. Taş işçiliğinin gelişmesiyle taştan, marangozluğun gelişmesiyle ahşap, gelişen bilim ve teknolojiyle birlikte günümüzde ise betonarme yapılar üretmeye başlamışlardır. Çok geçmeden farklı nedenlerden ötürü yapı stokunda hasarlar meydana gelmiş hatta bazı yapılar yıkılmıştır.

1900'lü yılların başında, dünyada büyük yapıların artması ve bu yapılarda oluşan hasarların, yapıların yakın çevrelerinde de hasara neden olması sebebiyle oluşan deformasyonların izlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu sebeple çeşitli deformasyon ölçme teknik ve yöntemleriyle verilerin değerlendirilmesine ilişkin yöntemler geliştirilmiştir. Fakat bu kez de süreçleri gerçekleştirecek niteliklere sahip yetişmiş kalifiye elemanların olmaması gibi bir sorun ile karşılaşılmıştır. Yapısal deformasyonların belirlenmesine yönelik gözlemlerin değerlendirilmesi başlı başına bir sorun iken bu gözlemlerin hangi kalitede elde edilmesini gerektiren, yapıdaki değişimlerin nitelik ve niceliklerinin bilinmesi de ayrı bir önem arz etmektedir. Bu durum ise hangi donanım ve ölçme yönteminin uygulanması gerektiği konusunda karar verici mekanizmalar ve

gözlemlerin değerlendirilmesine yönelik ne tür yazılımların kullanılması gerektiğine karar verilmesini önemli kılmaktadır.

İşte bu gibi bilinmezlikler analiz sürecini iyiden iyiye karmaşıklaştırmaktadır. Sonuç olarak deformasyon ölçme ve değerlendirme sürecinin kaçınılmaz olarak bir otomatik sistem haline getirilmesi olgusuyla karşılaşılmaktadır.

Bu tez kapsamında yukarıda bahsedilen otomasyonu sağlayacak tek ve iki boyutlu ağ dengelemesi hesabı ve bunlara bağlı olarak deformasyon analizi yapan yerli bir yazılım tasarlanması uygun görülmüştür. Tasarlanan programın üretilen ilk sürümünde Matlab yazılımı kullanılarak programlanmış ve bu yazılımın eldeki bilgisayar sistemini zorladığı görülmüştür. Mevcut bilgisayar donanımında değişiklik yapılamayacağına kanaat getirildiğinde ise kullanılan bilgisayarı zorlamayacağı düşünülen başka bir programlama dili olan C# yazılımı kullanılarak tekrardan tasarlanmıştır. Bu programın adına ise Jeodezik Ağlarda Dengeleme ve Deformasyon Analizi (J.A.D.D.A.) adı verilmiştir.

Üretilen bu program kullanılarak Tarihi Davutpaşa Kışlasının 2011 ve 2017 yılları arasındaki hassas geometrik nivelman, hassas trigonometrik nivelman, yatay konum ağları verileri değerlendirilmiş ve yine bu programla yapısal deformasyonların analizi yapılmıştır. Hesaplamalar ve analizler neticesinde Matlab ve C# ortamında yazılan programların hemen hemen aynı sürede çözüm yaptıkları görülmüştür. Fakat C# ortamındaki sürümünün grafik gösterim sırasında sistemde donmalara neden olmadığı, program çalışırken bilgisayarda diğer işlemlerinde rahatlıkla yapılabildiği tespit edilmiştir. Netice olarak nokta sayısının 60 civarına kadar artması ile birlikte üretilen programın çalışma süresinin 3-4 dakikaya kadar uzadığı görülmüştür.

Bağıl uydu konum belirleme tekniklerinden olan statik GPS ölçümleri ise jeodezik ağın mutlak konumundaki değişimlerin (deplasmanların) belirlenebilmesi için kullanılmıştır. GPS verilerinin değerlendirmesi ve uydu verileriyle deformasyon analizi yapabilecek bir programın tasarım ve yazılımının gerçekleştirilerek ülke çapında online olarak sunulmasının yararlı olacağı kanısına varılmıştır.

Davutpaşa kışlası jeodezik kontrol ağında yapılan yersel ölçü çalışmalarında referans noktalarında ikisi hariç diğerlerinde alet sehpa üzerine kurulmasına karşın dengeleme sonrası nokta konum duyarlıklarının 5 mm civarında gerçekleştiği görülmüş, duvarlardaki obje noktalarında ise kağıt reflektör kullanılmasına bağlı olarak 10 mm ye kadar varan nokta konum duyarlıklarına ulaşılabildiği belirlenmiştir. Sabit noktaların yüksekliklerinin belirlenmesi için yapılan hassas geometrik nivelman gözlemleri ve obje noktalarının yüksekliklerinin belirlenmesinde kullanılan hassas trigonometrik nivelman yöntemi dikkate alınarak yapılan bütünleşik dengelemede referans noktalarının yükseklikleri için 0.7 mm obje noktaları için ise 2.5 mm düşey konum duyarlıkları elde edilmiştir.

Bu veriler ışığında değerlendirilebilir nitelikte görülen ölçme dönemlerinden 2012-2016 sürecinde yapının A blok kısmının kışla avlusu yönünde 6-7 mm boyutlarında yer değiştirdiği aynı süreçte düşey yönde ise 1 cm civarında oturma olduğu gözlemlenmiştir.

Gözlemlerin gerçekleştirilmesi sürecinde yapı çevresindeki yol çalışmaları, duvarlardaki alt sıralardaki obje noktalarını tanımlayan reflektörleri sökmeleri nokta değişimlerine neden olmuştur. Tabii ki deformasyonların düzenli izlenmesi amacıyla noktalar tekraren ihya edilmiş bu ise bazı dönemler arasında analiz sonuçlarında anlamlı nokta hareketleri olarak ortaya çıkmıştır. Bu durum değerlendirmede dikkate alınmıştır. Süreçteki bütün

olumsuzluklara karşın modern ölçme donanımlarından yararlanılarak ve verilerin değerlendirilmesinde geliştirilmiş yazılımlar aracılığıyla otomasyon sistemi oluşturularak tarihi eserlerdeki yapısal deformasyonların milimetreler mertebesinde bir doğrulukla belirlenmesinin mümkün olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dengeleme hesabı, deformasyon analizi

ABSTRACT

A PROGRAM DESIGN FOR STRUCTURAL CHANGING ON ENGINEERING STRUCTURES USING GEODETIC METHODS

Yunus BOZDAĞ

Department of Geomatics Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Yrd. Doç. Dr. R. Gürsel HOŞBAŞ

Most of the struggle for life which started the existence of human being has passed through the struggle with the wilderness conditions. The majority of problems is relevant with nature conditions or shelter requirement .In order to get rid of the need for sheltering, mankind who first lived in the caves and in the clubs built structures with different techniques in the later periods. With developing stone workmanship, they built structures using stone. With developing carpentry, they built structures using wood and with developing technology and science, they built structures using concrete. Before long, at building stock suffered damage and even some of structures collapsed.

In the early 1900s; with increasing big buildings, damages at structures was made .Close circle of this big structures has been effected from this situation. Because of this, necessity on monitoring of deformation came up. Therefore, data evaluation with different deformation survey techniques and methods was developed. But this time, the lack of qualified staff problems was experienced. While the evaluation of observations for determining structural deformations is a problem in itself, it is also important to know the qualities and quantities of the changes in the structure, which qualities should be obtained. This makes it important to decide on which hardware and measurement method should be applied and to decide which software should be used to evaluate the observations.

Unknowns like this, complicates the process of analysis thoroughly. As a result, it is inevitably encountered as an automatic system in deformation measurement and evaluation processes.

In this thesis, it was found acceptable to design a domestic software making one and two dimensional network adjustment will provide automation which is mentioned above. It was programmed using Matlab software in the first version of the designed program, and it seems that this software is forcing the computer system on hand. When it is judged that the existing computer hardware cannot be modified, another version of program was coded again using another programming language known as C# language that is considered to not force the computer system. The name of this program is called Geodetic Network adjustment and Deformation Analysis. (J.A.D.D.A.)

Using this program, accurate geometric leveling, precise trigonometric leveling, horizontal location networks data between 2011 and 2017 of Historical Davutpaşa barracks were evaluated and structural deformations were analyzed with this program. As a result of the calculations and analysis, it is seen that the programs written in Matlab and C # solve almost the same time. However, it has been determined that the version in C # does not cause forces in the system during graphical display and that it can be easily performed in other operations on the computer while the program is running. As a result, with the increase of the number of points to around 60, it is seen that the working time of the produced program is extended to 3-4 minutes.

Static GPS measurements of relative satellite positioning techniques, are used to determine the absolute position changes (displacements) in the geodetic network. It has come to the conclusion that it would be beneficial to submit that the design and writing code of a program which can analyze the GPS data and satellite data deformation analysis online domestically.

At Davutpaşa geodetic control network; despite applying an instrument to points in terrestrial survey works, Except position sensitivity of two points after adjustment calculation is about 5 mm .Depending use of reflector sheet at object points on the wall of the barracks is up to 10 mm. Precise geometric leveling observations made to determine the height of fixed points and precise trigonometric leveling method used to determine the height of object points shows that 2.5 mm vertical position accuracy for the object points , 0.7 mm accuracy for the height of the reference points in the integrated adjustment was acquired.

From this data; 2012-2016 process period of Evaluable survey terms, It has been observed that the block A part of the barracks in the direction of the courtyard displaced by 6-7 mm. In the vertical direction in the same process displaced around 1 cm .In the process of observations; the road constructions around the building circle, the dismantling of the Reflector Sheets defining the object points in the lower rows on the walls caused point changes. Of course, in order to observe the deformations regularly, the points have been rehabilitated and this has emerged as meaningful point movements in the analysis results between some periods. This situation has been taken into consideration during evaluation. In spite of all the negativities in the process, it has been concluded that it is possible to determine the structural deformations in historical buildings in millimeter accuracy by using automation system by using modern measuring equipment and software developed by evaluating the data.

Keywords: Adjustment calculation, deformation analysis

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca insanoğlu bazı ihtiyaçlarını gidermek için çeşitli yapılar inşaa etmişlerdir. Barınma ihtiyacını karşılamak için sığınabileceği evler, su ihtiyacını giderebilmek için barajlar, ulaşım ihtiyacını giderebilmek için köprüler ve tüneller, askeri ihtiyaçlarını karşılamak için kışlalar inşaa etmişlerdir.

Kışlaların ana amacı sefer zamanında askerlerin sevkiyatının yapılması olup, bu amaç için Osmanlı Devleti zamanında çeşitli kışlalar yapılmıştır. Bunlardan günümüzde en fazla bilinenleri Davutpaşa, Orhaniye, Selimiye ve Taksim Kışlasıdır. Bu kışlaların yapım tarihi ölçüt olarak alındığı takdirde bu kışlalar aynı zamanda tarihi eser niteliğindedirler. Tarihi eser kapsamındaki yapıların korunması, dünya tarihi ve ulusal tarihimiz açısından çok önemlidir. Bu kışlalar ayrıca günümüzde aktif olarak ta çeşitli amaçlarda hizmet vermektedirler. Bu nedenle bu yapılarda oluşabilecek herhangi bir hasar yüzlerce insanın hayatının kaybına neden olabilirler. Bu yüzden bu niteliğe sahip olan yapıların kendisinin ve çevresinin sürekli olarak izlenmesi bir zorunluktur.

Bu yapıların izlenmesi harita mühendisliği disiplininde jeodezik olarak; nivelman, doğrultu - kenar ölçmeleri, GNSS ölçmeleri kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışmada lokasyon olarak Tarihi Davutpaşa Kışlası ölçüm maliyeti ve ulaşılabilirlik açsından tercih edilmiştir. Bu yapıdaki hareketlerin belirlenmesi amacıyla bahsi geçen bütün teknikler kullanılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Deformasyonların izlenmesi geçmişten günümüze dünyada ve ülkemizde önemli bir çalışma konusu olmuştur. Gerek yerkabuğu deformasyonları gerekse herhangi bir yapıdaki bozulmaların tespiti olarak çok farklı çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde yalnızca yapılardaki hareketlerin izlenmesine odaklanılmıştır.

[1]'deki çalışmada Gökçekaya Barajında 1973–1977 yılları arasında 4 yıl boyunca sürekli jeodezik ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler 7 adet kontrol, kret üzerinde bulunan obje noktaları beton pilye olarak tesis edilen 35 tane obje noktasından oluşan bir ağda çalışmalar yapılarak 25 dönemlik verinin analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda deformasyonların lokalize edilmesi ve çizimsel olarak gösterilmesi yöntemlerinin sonuçlarının birbirine uyduğu belirlenmiş ve hareket bulunan noktaların 5'i kret üzerinde 15'i ise farklı kotlarda oluşmaktadır.

[2]'de yapılan çalışmada ortalama ayrıklıklar ve kalman filtreleme yöntemiyle 5 noktalı bir ağda hareketlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma sonucunda zeminin karakteristik özelliğinin iyi bilinmesi gerektiği ve deformasyon analizi ağının zeminin durumuna göre oluşturulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Kinematik modeller için hız, koordinat ve ivme bilgilerinin elde edilebilmesi için çok sayıda dönemde ölçü yapılması gerektiği bilgisine değinilmiş ancak kalman filtreleme tekniğinde ise az sayıda gözlem ile bu parametrelerin belirlenebileceği saptanmıştır. Ölçü dönemlerinin karşılaştırılması sonucunda ortalama ayrıklıklar yöntemiyle 2 noktada, kalman filtreleme tekniği ile yine iki noktada hareket tespit edilmiş fakat tespit edilen bu noktalardan sadece 1 tanesinin ortak olduğu bulunmuştur. Bu iki teknikte ortak bulunan noktada ise anlamlı bir hız değişimi olduğu saptanmıştır.

[3]'de yapılan çalışmada Yamula barajında 6 adet Referans noktası ve 25 Obje noktasından oluşan bir kontrol ağı tesis edilmiş ve baraj üzerindeki hareketler yatay ve düşey bileşende izlenerek hareketlerin analizleri yapılmıştır. Düşey yöndeki hareketlerin analizi sonucunda Aralık 2003-Kasım 2004 dönemlerinin karşılaştırılması sonucunda 2 adet hareketli referans noktası tespit edilmiştir. Aralık 2003, Kasım 2004,Aralık 2003 ve Nisan 2005 dönemlerinde yatay bileşende hareketlerin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak düşey yönde obje noktalarının birinin haricinde hepsinin

hareket ettiği tespit edilmiş, hareket anlamında ise noktalar ilk başta yükseliş trendine girmiş olup daha sonra noktaların genel olarak eski haline döndüğü görülmüştür.

[4]'de yapılan çalışmada ise yapımına 1983 yılında başlanan ve bitirilmesi 1992 yılına kadar süren ülkemizin en büyük barajı olan Atatürk barajında yapılmıştır. Atatürk barajındaki izleme çalışmaları 1992 yılından beri sürmekte olup 32 nokta referans, 400 nokta ise obje noktası olan bir izleme ağından oluşmaktadır. Bu çalışmada yersel tekniklerin yanı sıra uzaysal tekniklerde kullanılmış yersel ölçüm çalışmaları sonucunda ağın % 31'lilk kısmında anlamlı bir düşey hareket olduğu tespit edilmiş uydu bazlı konum belirlemenin doğruluğunun yüksek olduğuna değinilerek 1 cm'nin altında olduğu saptanmıştır. Kaya dolgu barajlarda 1 cm civarındaki doğruluğun yeterli olduğu görülmüştür. Baraj kreti üzerindeki hareketin aylık -6 mm mertebesinde bulunmuştur.

[5]'deki çalışmada Oymapınar barajının izlenmesi, ilk aşamada 6 referans noktası olan ve daha sonraları 13 noktaya çıkarılan ve 25 obje noktasında oluşan bir mikro jeodezik ağda GNSS, yatay doğrultu-kenar ve nivelman gözlemleri ile yapılmıştır. Çeşitli hesaplamalar sonucunda 1 noktada analize gerek duyulmayacak seviyede bir hareketin olduğu ortaya konmuş bu noktanın önceki yıllarda bulunan koordinatlarından oluşan farkların 60 cm'ye kadar çıktığı bulunmuştur. Bu noktanın 1986–1996 yılları arasında yatayda 6.4 cm/yıl düşeyde 1.3cm/yıl, 1996–2007 yılları arasındaki hızının ise yatayda 4.2 cm/yıl düşeyde ise 1.4 cm/yıl olduğu sonucu elde edilmiştir.

[6]'da yapılan çalışmada Alibey barajında bulunan 10'u referans 16'sı obje noktası olmak üzere toplam 26 noktadan oluşan bir ağda 1996 yılından başlayarak her yıl için bir dönemden oluşan 12 dönemlik ölçü sürecinden yararlanarak düşey konum analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak 7 referans noktasının hareketli olduğu referans noktalarından ikisinin 20 yıllık süreçte hareket etmediği bilgisi tespit edilmiştir. Obje noktalarının içinden ise 16 tanesinin hareketlerinin anlamlı olduğu bulunmuştur. Hareketli noktalardaki maksimum yükseklik farkı 367.01mm, minimum yükseklik ise 1.05 mm olarak bulunmuştur. Çalışma neticesinde barajdaki oturmaların orta kısımda maksimum olduğu sol-sağ sahil yönünde giderek azaldığı ortaya konmuştur.

[7]'de yapılan çalışmada beton ağırlık kaya dolgu tipindeki Türkiye'nin en büyük kompozit barajı olan Keban barajı üzerinde çalışmalar yapılmıştır. DSİ teknik elemanlarınca yaklaşık olarak 15 yıllık bir ölçüm yapılmış ve bu veriler ile aliyman

yöntemi kullanılarak yatay konumdan sapmaların belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılmıştır. İnceleme kaya dolgu kret üzerinde 24, beton dolgu kret üzerinde 16 obje noktasından oluşan bir jeodezik ağda yapılmıştır. Sonuç olarak ise barajdaki su miktarının artmasına bağlı olarak barajdaki hareketlerin oluşması arasında korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır. Ağdaki bir noktada ise yıllık ortalama hızı 1.2 cm/yıl olarak hesaplanmıştır. Bir diğer bulgu ise artan su kotuyla hareket kazanan obje noktalarının tekrar eski konumlarına dönmediği sonucuna ulaşılmıştır.

[8]'deki çalışmada Discrete Fourier Transform (ayrık fourier dönüşümü) , Periodogram (spektral güç yoğunluğu) ve polinom fonksiyon geçirme işlemleri ayrı ayrı uygulanan bir çalışmadır. Bu Çalışma Atina'daki 101.5 metre kret uzunluğu, 56 metre yüksekliği olan Ladon barajında yapılmıştır. Baraj izleme çalışmaları 1968 yılında başlamış ve 2001 yılına kadar devam etmiştir. Analizler neticesinde barajın tepe noktasının ortasındaki 3 kontrol noktasında yer değiştirmelerin maksimum olduğu belirlenmiş, su yükü ile hareketlerin ilişkili olduğu ve barajın inşaatından 40 yıl sonra bile yapısal bütünlüğünü koruduğu görülmüştür.

[9]'daki çalışmada California'daki Pacoima Barajındaki 2 noktaya sürekli çalışan GPS alıcısı ile gözlemler 2.5 km uzaklığındaki Fire Camp 9 istasyonuna bağlı olarak yapılmıştır. GPS verileri 2 aşamada GAMIT ve GLOBK programları ile yapılmıştır. Zaman serileri analizi aracılığıyla baraj kemerinin merkezinde yıllık olarak Doğu batı bileşeninde 17±2 mm genlikli bir hareketin olduğu bulunmuştur.

[10]'daki çalışmada 6 referans, 11 obje noktasından oluşan Samsun ilindeki toprak dolgu tipindeki Altınkaya barajında GPS alıcılarıyla gözlemler yapılmıştır. GPS gözlemleri 2 yıl içinde her bir noktada 45'er dakikadan oluşan oturumlar şeklinde yapılmak suretiyle gözlemler 4 kez yapılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce araştırmacıların hipotezi olan "su yükü miktarındaki artışın barajda harekete neden olduğu" durumu çalışma sonucunda kanıtlanmıştır. Fakat karşılaştırmalar GPS' in yükseklik bileşenindeki doğruluk noksanlığı nedeniyle sadece 2 boyutta incelenmiş bu sorun için daha hassas yükseklik belirleme tekniklerinde karar kılınmıştır.

[11]'de Mısırın Kafr El-Sheikh şehrindeki bir köprüde yapılan çalışmada 6 adet kontrol, 4 adette referans noktası tesis edilmiş ve bu noktalara 2011–2013 yılları arasında 2 noktaya GPS alıcısı kurularak 4'er dönemden oluşan gözlemler yapılmıştır. Sonuç olarak

otoyol köprülerinde jeodezik izleme tekniklerindeki gerekli doğruluğa ulaşmanın kullanılan alete, izleme ve modelleme prosedürlerine bağlı olduğu ayrıca %98'lik güven aralığıyla Fisher testinin bu tip durumlarda kullanılabilir olduğu bulunmuştur.

[12]'de 30 katlı bir yapı olan Konya Rixos Hotel binasının rüzgar yükü altındaki davranışları GPS ve yüksek hassasiyetli eğim sensörleriyle eş zamanlı olarak izlenmiştir. Toplanan veriler zaman ve frekans analizine tabi tutularak değerlendirilmiştir. GPS'in bina çevresindeki yansıtıcı etkenler nedeniyle multipath etkisi ile yüklü olduğu tespit edilmiş ve farklı analiz yöntemlerinin karşılaştırılması neticesinde sensörlerin (GPS ve eğimölçer) sonuçlarının uyumlu olduğu kanaatine varılmış nihai olarak GPS'in tek başına binanın dinamik ve yarı durağan durumlarının belirlenmesinin yetersiz olduğu bulunarak eğim sensörlerinin GPS alıcıları ile entegrasyonun önemi ortaya konmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Tez kapsamında Tarihi Davutpaşa Kışlasındaki deformasyonların mutlak ve rölatif olarak jeodezik yöntemler aracılığıyla belirlenebilmesiyle birlikte, en küçük kareler ilkesiyle dengeleme hesabı ve deformasyon analizi yapabilen yerli ve milli bir programın üretilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Tarihi Davutpaşa Kışlası ve çevresinde mağaraların olduğu bilinen bir gerçektir. Mağaraların varlığı ve zemin suyunun drenajının düzgün olmaması gibi etkenler kışlada, özellikle A blokta ciddi yapısal deformasyonlara neden olmaktadır.

BÖLÜM 2

DEFORMASYONA İLİŞKİN TANIMLAMALAR

2.1 Deformasyon Ölçmelerinde Genel Tanımlamalar

Yeryüzündeki bazı bölgeler ve mühendislik yapıları (gökdelenler, kuleler, barajlar, tarihi yapılar vb.) ve bunların çevreleri değişik zamanlarda geçici veya kalıcı etmenlere maruz kalırlar. Bunlar;

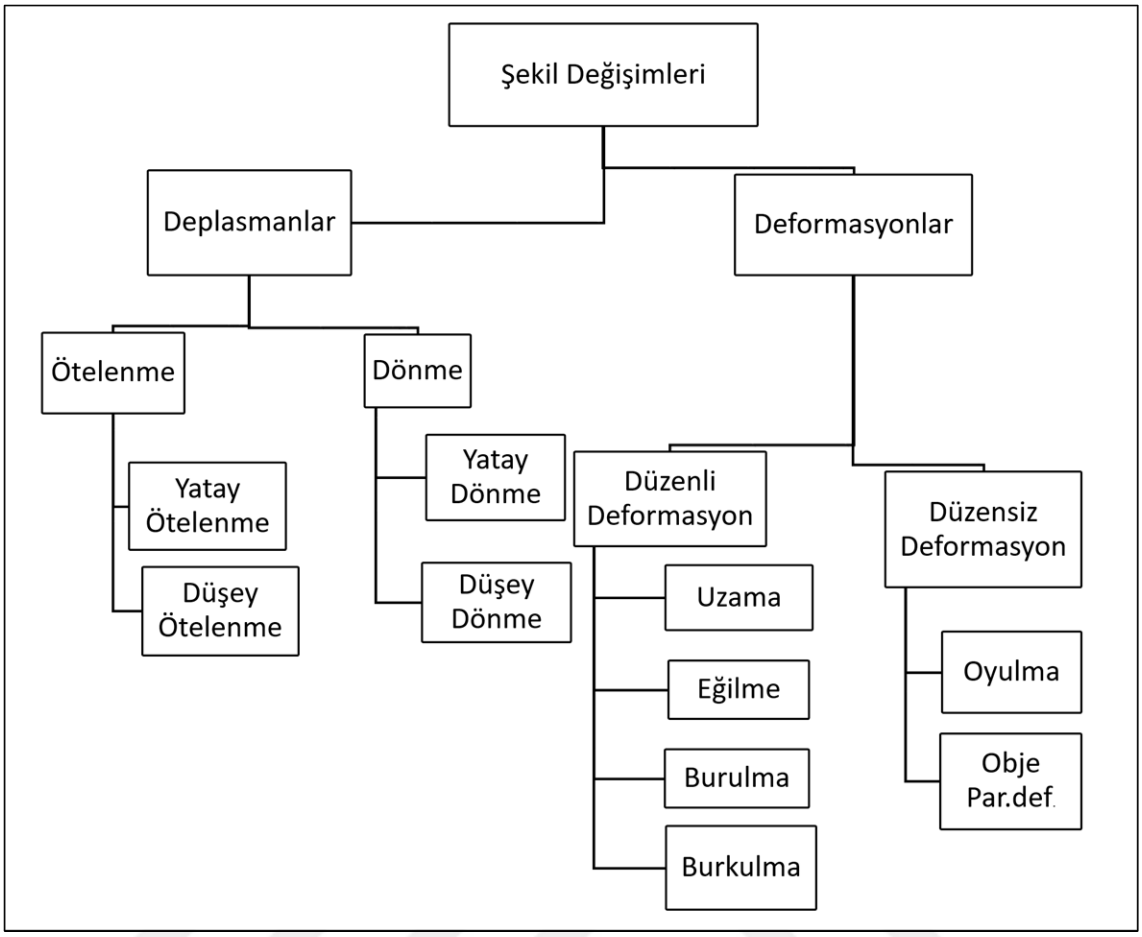
- Zeminin fiziksel özellikleri
- Yapının ağırlığı ve kullanılan malzeme
- Kabuk Hareketleri
- Yapıya etki eden dış bozucu etkenler
- Maden ocakları işletmeleri
- Yeraltı suyunun çekilmesi
- Çeşitli jeolojik ve atmosferik etkenler vb.

şeklinde sıralanabilir [13]. Etkiyen kuvvete bağlı olarak bölgeler veya yapılarda çeşitli değişimler olur. Genellemek gerekirse bunlar deplasman ve deformasyon olarak iki temel başlıkta incelenebilir. Yapıya etkiyen yük sonucunda cismin konumunun tamamen değişmesine neden olduğu durumlarda buna ötelenme denir. Cisim yatay kuvvet bileşeni etkisinde kalırsa bu yatay ötelenmeye, düşey kuvvete maruz kalırsa düşey ötelenmeye yani oturmaya sebep olur. Oturmalar aynı zemin tabakasında tabaka genişliğinin değişmesi, zemin derinliği içerisinde sert veya yumuşak bölgelerin varlığı [14]

ve daneli yapılar neden olmaktadır. Cismin yatay düzlemde düşey eksen etrafındaki hareketine yatay dönme düşey düzlemde yatay eksen etrafındaki düşey dönme anlamına gelmektedir. Deformasyonlar ise iç şekil değişiminin sebep olduğu düzenli deformasyon olarak da adlandırılan uzama, eğilme, burulma ve burkulma düzensiz deformasyon olarak adlandırılan oyulma ve obje parçalarının deformasyonlarıdır [15].

Cisimlerin uzamasının iki sebebi bulunmaktadır. Bunlar cisme etki eden çekme kuvveti nedeniyle diğeri ise cismin içyapısının ısınması ve bu ısınmanın cismin genleşmesine sebep olması nedeniyle oluşmaktadır. Bir kesite sadece eğilme momenti etki ettiği durumda saf eğilme, bunun yanı sıra kesme momenti de dahil olursa basit eğilme, bu iki kuvvete ek olarak normal kuvvet bileşeni de etki ederse bileşik eğilme mevcut demektir. Burulma ve burkulma belli bir yüke maruz kalan cismin doğrusal olan şeklinin eğilmiş bir hal almasıdır.

Yatak ve kıyı malzemesini kazarak taşıyan akarsularda akarsu, kuvvetli yersel aşınma yapar. Bu olay, hem toprak hem de kaya zeminde oyulmalara sebep olur. Zemin ve yapı yüzeylerinin akarsu, buzul, rüzgâr ve dalgalar tarafından aşındırılması olarak tanımlanan erozyon meteorolojik olayların neden olduğu yüzey bozulmaları ile meteorolojik, fiziksel, kimyasal olaylarla ya da malzemenin doğasına bağlı olarak cismin bir kısmının bozulması, çatlaması, parçalanması vb. obje parçalarının deformasyonlarına örnek olarak gösterilebilir [16]. Şekil değişimlerine ait bilgiler [15]'teki çalışmada detaylı olarak incelenebilir.



Şekil 2.1 Şekil değişimleri [15]

Yer bilimlerinde deformasyon bir bölge ya da bir yapı üzerinde seçilen bir P_k noktasının t_1 ve t_2 gibi zaman aralıklarında yapılmış ölçümler neticesinde bulunmuş olan $P_k(t_1)$ ve $P_k(t_2)$ konumları arasındaki fark vektörü olan d_k ' nın istatistiksel olarak sıfırdan farklı olması durumu şeklinde tanımlanmaktadır. Herhangi bir bölge, yapı veya çevresindeki şekil değişimlerini belirlemek için yapılan ölçüm işlemlerine deformasyon ölçmeleri, çeşitli zaman aralıklarında yapılan bu ölçümlerin değerlendirilerek yer zaman ve büyüklük parametrelerinin belirlenmesi ve yorumlanması işlemi ise deformasyon analizi olarak adlandırılmaktadır [17].

2.2 Jeodezik Kontrol Ağlarının Yapısı

Bir jeodezik kontrol ağlarında dört değişik nokta isimlendirilmesi mevcuttur. Bunlar,

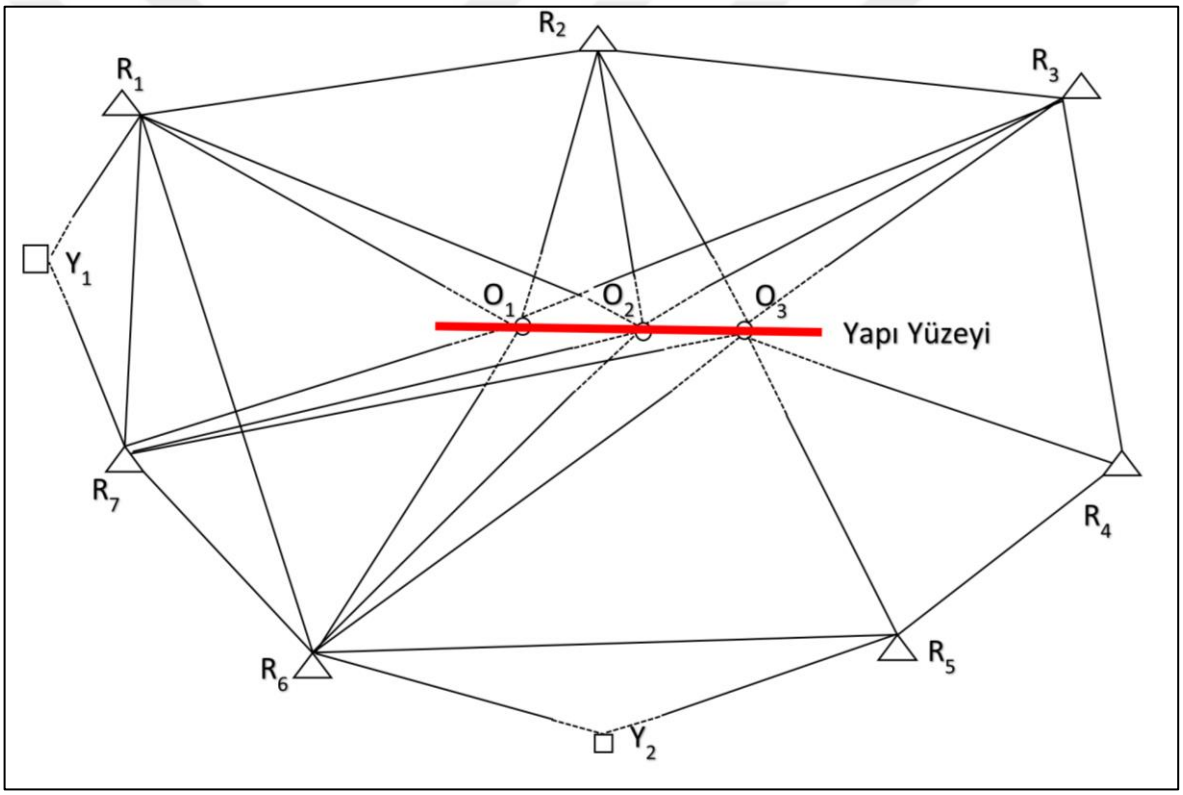
- Referans noktaları
- Obje Noktaları
- Yöneltme Noktaları

- Sigorta Noktalarıdır.

Referans noktaları: Bir jeodezik kontrol ağında zemin incelmeleri sonucunda deformasyon olmadığı düşünülen sağlam bölgelere kurulmuş noktalardır.

Obje noktaları: Bir jeodezik kontrol ağında olduğu hareket/deformasyon olduğu düşünülen bölge ya da yapıya tesis edilmiş noktalardır.

Yöneltme noktaları: Referans ve obje noktalarının dâhil olduğu ağlarda ağın tüm hareketini belirlemek ve duyarlıklarına yardımcı olması amacıyla oluşturulmuş noktalardır. Bu tür noktalar ağın dışına tesis edilmelidirler [17].



Şekil 2.2 Bir yapı için oluşturulmuş referans, obje ve yöneltme noktalarından oluşan örnek bir ağ

2.3 Deformasyon Modelleri

Günümüze kadar değişik deformasyon modelleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu deformasyon modelleri istenilen sonuca, mevcut olan ölçü aletlerine, yapılan ölçümün planına göre değişmektedir. Deformasyon analizi için 3 farklı model bulunmaktadır. Bu modeller kinematik, dinamik ve statik model olarak sıralanmaktadırlar.

2.3.1 Kinematik Model

Yer kabuğu deformasyonunun araştırılması gibi büyük alanlardaki noktaların ölçülmesi uzun bir zaman süresi gerektirir. Yine dönemsel ölçüm yapıldığında yine aynı durum geçerlidir. İster istemez dönemler arasında zaman farklılıkları olmaktadır. Bu nedenledir ki yineleme ölçümünün yapıldığı zaman döneminde koordinatların aynı kalması beklenemez. Örnek olarak; bir ülke nivelman ağının yineleme ölçülerinden yararlanarak büyük bölgesel yerkabuğu hareketleri araştırılmak istenirse, ölçmeler 20–25 yıl aralıklarla yinelenmekte ve bir nivelman ölçmesi ancak 3–4 yılda tamamlanabilmektedir. Ölçme süresi olan 3–4 yıl boyunca nivelman noktalarının yüksekliklerinin sabit kaldıkları düşünülemeyeceğinden, irdeleme sırasında noktaların yükseklikleri yerine yükseklik değişimleri zamanın fonksiyonu olarak yazılır ve düşey hareketlerin hızları araştırılır [18]. Herhangi bir t_i zamanındaki koordinatı

$$x_{t_i}=x_0+\varphi(x_{t_i}-x_{t_0}) \tag{2.1}$$

şeklindedir. Burada

x_{t_i} : t_i Zamanındaki nokta koordinatları

x_0 : t_0 Zamanındaki nokta koordinatları

φ : Kinematik model fonksiyonu'dur.

2.3.2 Dinamik Model

Deformasyonların zamanın bir fonksiyonu olarak ele alındığı modellerdir. Dinamik deformasyon modellerinde, geometrik değişimlerin yanında deformasyonlara neden olan kuvvetlerin dış etkenlere bağlı değişimleri ve birbiri ile ilişkileri kuvvetlerin oluşmasına neden olan, zamana bağlı dönüşüm fonksiyonları yardımıyla araştırılır. Örnek olarak baraj deformasyonlarında; baraj gölünde toplanan suyun baraj gövdesini ve yakın çevre topografyasını etkilediği ortadadır. Bu etki basınç olarak düşünülürse; basınç ve bunun su seviyesine göre değişimi, gövdede iç gerilmelere ve çevredeki yerkabuğu hareketlerine neden olmaktadır. Deformasyon oluşumuna etki eden kuvvetler ile yapı karakteristiklerinin yer ve zamana bağlı bir dönüşüm fonksiyonu modeli ile incelenerek deformasyonların ve nedenlerinin ortaya konması dinamik bir modeldir [18].

$$x_{t_i} = x_{t_0} + (t_i - t_0)\, v_{t_0} + \frac{1}{2}\, a_{t_0} (t_i - t_0)^2 \qquad (2.2)$$

şeklindedir. Burada

x_{t_0} : t_0 zamanındaki noktanın koordinatı

x_{t_i} : t_i zamanındaki noktanın koordinatı

v_{t_0} : Hız vektörü

a_{t_0} : İvme vektörü

olarak tanımlanır.

2.3.3 Statik Model

İki koordinat değerinin karşılaştırılması yerine, yapılmış olan ölçümlerin tümünün işin içine katılarak değerlendirilme yapılması amacıyla geliştirilmiş bir modeldir. Nokta için;

$$\underline{x}^T = [x_1, y_1, x_2\ y_2, x_3, y_3, \ldots, x_i\ y_i] \qquad (2.3)$$

x = sabit

Noktanın t_0 ve t_i zamanlarındaki konumları $\underline{x}_0$ ve $\underline{x}_i$ ise $d\underline{x} = \underline{x}_i - \underline{x}_0$ analiz edilerek yorumlanmaktadır. (2.1) formülünden görülebileceği üzere deformasyon araştırması işleminde bölge veya yapıdaki noktalara etki eden kuvvet ve zamandan bağımsız bir şekilde belirlenmesi esastır. Bu modelde, sistemin bir kez ölçülmesi sırasında geçen sürede noktaların sabit kaldığı varsayılmaktadır [15]. Bu sebepten dolayıdır ki jeodezik anlamda deformasyon analizi için statik modeller kullanılmaktadır. Bu tür modellerde ölçüm anında deformasyonların oluşmadığı düşünüldüğünden ölçümlerin hızlı ve dikkatli bir şekilde tamamlanması gerekmektedir. Bu modellerden bazıları;

- Ortalama Ayrıklıklar Yöntemi (Hannover Yaklaşımı/θ^2 Ölçütü) ile deformasyon analizi
- Bağıl Güven Elipsleri ile deformasyon Analizi
- S transformasyonu ile deformasyon analizi
- Kuntz yöntemiyle deformasyon analizi
- Heck yöntemiyle deformasyon analizi

- Mierlo yöntemiyle deformasyon analizi
- Caspary-Schwintzer yöntemiyle deformasyon analizi
- Cholesky çarpanlarına ayırma yöntemiyle deformasyon analizi

gibi sıralanabilir.

Dinamik, Kinematik ve Statik modeli bir tablo halinde sınıflandırmak gerekirse Çizelge 2.1'deki gibi tasvir edilebilir.

Çizelge 2.1 Deformasyon modellerinin formülasyonu

Model	Fonksiyon	Zamana Bağlı	Kuvvete Bağlı
Statik	$x_{t_i}=x_0+\varphi_{sta}(x_{t_0})$	Hayır	Hayır
Kinematik	$x_{t_i}=x_0+\varphi_{kin}(x_{t_i}-x_{t_0})$	Evet	Hayır
Dinamik	$x_{t_i}=x_0+\varphi_{din}(f_{t_i}-f_{t_0})$	Hayır	Evet

2.4 Yapılardaki Deformasyonların Nedenleri

Yapılarda oluşan deformasyonların farklı nedenleri bulunmaktadır. Bu nedenler toprak kaymaları, taşkınlar, depremler, tünel çalışmaları, homojen olmayan temel vb. gibi etkenlerden dolayı oluşabilmektedir.

Yapı problemlerinin analizleri sonucunda hasarların en önemli sebepleri temel problemleri, betonun bozulması, bunlara ek olarak barajlarda akışkanlık, sızıntı, dolu savakların yetersizliği, tahrip, kayma gibi temel sorunlar bulunmaktadır.

Buradaki en büyük problem olan temeldeki yetersizlik yapıların çatlamasına neden olmaktadır. Oysa oluşan diğer yetersizliklerde ve problemlerde yapının dayanıklılığı onun tamamen yıkılmasını önleyebilmektedir. Sızıntı gibi olaylar barajlarda yapı malzemelerinin çözünmesine neden olabilir. Yapılardaki betonlara etki eden sıcaklık ve basınç beton üzerinde yaşlandırıcı etkiye sebep olabilirler [15].

BÖLÜM 3

JEODEZİK ÖLÇÜLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Jeodezik ağlarda deformasyonların incelemesi işlemine ilk olarak ölçümleri tamamlanan her bir dönemin ayrı ayrı dengelenmesi ile başlanır. Dengeleme hesabının yapılabilmesi için fonksiyonel model ve stokastik modellerin kurulması gerekmektedir. Burada Fonksiyonel model, ölçüler ile bilinmeyenler arasındaki matematiksel ilişkiyi göstermektedir.

Stokastik model ise dengeleme sonunda bilinmeyenlerin ya da bunların herhangi bir fonksiyonunun duyarlığını belirlemek için ölçüler ile bunların duyarlıkları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Dengeleme hesabında ağın dış parametrelerinin bazı ön varsayımlara dayandırılması da gerekmektedir. Bu nedenle jeodezik ağ noktalarının koordinatlarının tümünün bilinmeyen olarak öngörüldüğü serbest ağ dengelemesi yapılır [15], [17].

Jeodezik ağların dengelenmesi ve bu ağların deformasyonlarının analiz edilmesi işlemleri uzun ve yorucu işlem adımları gerektiğinden bu işlemlerin bilgisayarda yapılması daha uygun olmaktadır. Bu tezde dolaylı ölçüler dengelemesi yöntemi bilgisayar programcılığına uygulanması kolay olması nedeniyle tercih edilmiştir.

3.1 Jeodezik Ağlarda Dengeleme Hesabı

Bir Jeodezik ağda bilinmeyen parametrelerin bulunması için çeşitli ölçümler yapılır. Bu ölçümler ağın türüne göre kenar, mesafe, yükseklik farkı vb. şeklindedir. Dengeleme hesabı bilinmeyen parametrelerinin, ölçüler aracılığı ile güvenilir değerlerinin yüksek olasılıkla belirlenmesi amacıyla yapılır ayrıca dengeleme hesabında bilinmeyen

parametreler ve bunun fonksiyonların duyarlılığı ve güvenirliği de belirlenir. Yapılan ölçülerin tek anlamlı sonuçlar oluşturması için dengelenmesi gerekir. Bu işlem için L_1 norm (En Küçük Toplam Yöntemi) ikincisi L_2 norm (En Küçük Kareler) olmak üzere iki farklı yöntem ortaya konabilir.

- [pIvI] = min. (L_1-norm) En Küçük Toplam Yöntemi (EKTi).
- $[v^TPv]$ = min. (L_2-norm) En Küçük Kareler İlkesi (EKKİ)

L_1 norm 1632 yılında Gauss tarafından astronomik yörüngelerinin hesaplanması için kullanılmıştır. Günümüzde daha çok uyuşumsuz ölçülerin saptanması için kullanılmaktadır. L_2 norm ise günümüzde jeodezide parametre kestirimi amacıyla kullanılır.

İki yöntemin kıyaslanması yapılmak istenirse L_2 norm her zaman tekil sonuç verir. L_1 norm her zaman tekil sonuç vermez. Değişik sonuçlar verebilir ayrıca çözüm genellikle doğrudan değil ancak iteratif olarak hesaplanabilmektedir. L_1 norm kaba hataları içeren düşük doğruluklu ölçülerden etkilenmez [19]. L1 norm ile dengeleme hesabı yapılabilmesi günümüz matematik ve istatistik bilimleri ile yeterli değildir [20]. L_2 normun en büyük zaafı kaba hatalı ve uyuşumsuz ölçülerden etkilenmesidir.

Bu bölümden sonra L_2 norm "En küçük kareler yöntemi" olarak adlandırılacaktır. Bu tezde "En küçük kareler yöntemi" incelenecektir.

3.1.1 En Küçük Kareler Yöntemi İle Dengeleme Hesabı

Deformasyon analizi işleminde; ölçüleri analize tabi tutabilmek için, elde edilen ölçüler yardımıyla noktaların koordinatlarının bulunması gerekir. Bu aşamada ölçüler EKK ile serbest bir şekilde dengelenmelidir. Dengeleme Hesabında her bir dönem ölçüsü için aynı yaklaşık koordinatların alınması zorunluluktur [21]. Dengeleme Hesabının doğrusallaştırılmış fonksiyonel ve stokastik modeli;

$$v=Ax-l \tag{3.1}$$

$$C_{ll}=\sigma_0^2 Q_{ll}=\sigma_0^2 P^{-1} \tag{3.2}$$

şekilde yazılabilir. Burada A katsayılar matrisi, x küçültülmüş bilinmeyenler vektörü, l küçültülmüş ölçüler vektörü, v ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörünü, P ölçülerin ağırlık matrisi, Q_{ll} ölçülerinin ağırlık katsayıları matrisi, C_{ll} ölçülerin varyans kovaryans

matrisini simgelemektedir. Fonksiyonel modelden Gauss'un EKK ilkesi ile normal denklemler;

$$N=Q_{XX}=A^{T}PA \tag{3.3}$$

$$n=A^{T}Pl \tag{3.4}$$

$$x=N^{+}n \tag{3.5}$$

Burada Q_{XX} bilinmeyenlerin ağırlık katsayıları matrisidir. Dengeleme sonucunda birim ağırlıklı ölçünün standart sapması ve serbestlik derecesi;

$$S_0=\sqrt{\frac{v^{T}Pv}{f}} \tag{3.7}$$

$$f=n-u+d \tag{3.8}$$

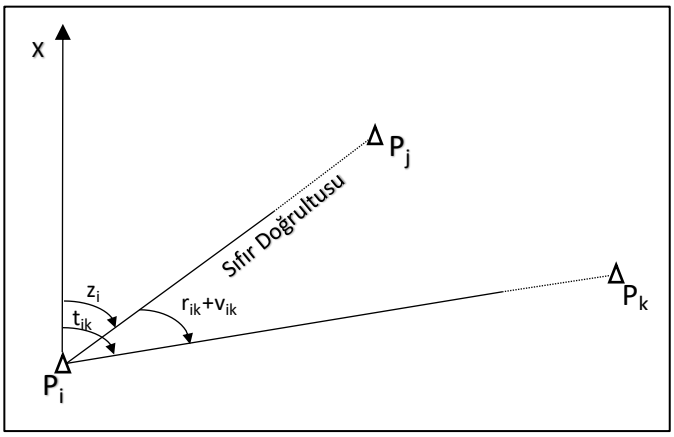
olarak bulunur. Burada n ölçü, u bilinmeyen sayısı d ise ağın defekt sayısıdır [22], [23].

Deformasyon analizi hesaplamalarında kullanılan (3.5) eşitliğindeki N^{+} matrisinin hesaplanması "Serbest ağ dengelemesi**"** bölümünde anlatılmıştır.

3.2 Fonksiyonel Modelin Kurulması

3.2.1 Doğrultular İçin Düzeltme Denklemleri

Herhangi bir istasyon noktasında r_{ik} ölçülen doğrultu, v_{ik} ölçüye ait olan düzeltme, t_{ik} açıklık açısı ve z_{ik} yöneltme bilinmeyeni olmak üzere herhangi bir doğrultu ölçüsü için fonksiyonel Şekil 3.1'de görüleceği üzere



Şekil 3.1 Doğrultular arasındaki fonksiyonel ilişki

$$r_{ik} + v_{ik} = t_{ik} - z_i = \arctan\left(\frac{y_k - y_i}{x_k - x_i}\right) - z_i \quad (3.9)$$

şeklindedir. Bu eşitlik Taylor serisine açılarak ikinci ve daha üst terimler ihmal edilirse

$$t_{ik}^o = \arctan\left(\frac{y_k^o - y_i^o}{x_k^o - x_i^o}\right) \quad (3.10)$$

$$S_{ik}^o = \sqrt{(y_k^o - y_i^o)^2 + (x_k^o - x_i^o)^2} \quad (3.11)$$

$$a_{ik} = -(\sin(t_{ik}^o) / S_{ik}^o) \quad (3.12)$$

$$b_{ik} = (\cos(t_{ik}^o) / S_{ik}^o) \quad (3.13)$$

$$z_i^o = [t_{ik}^o - r_{ik}] / n_i \quad (3.14)$$

$$-l_{ik}^o = t_{ik}^o - r_{ik} - z_i^o \quad (3.15)$$

Ölçülen herhangi bir doğrultu için yazılacak genel düzeltme denklemi

$$v_{ik}^o = -dz_i - a_{ik}dx_i - b_{ik}dy_i + a_{ik}dx_k + b_{ik}dy_k - l_{ik} \quad (3.16)$$

şeklinde olur. (3.6) eşitliğindeki

y_i^o , x_i^o : P_i Noktasının yaklaşık koordinatları (Alet kurulan nokta)

y_k^o , x_k^o : P_k noktasının yaklaşık koordinatları (Bakılan nokta)

t_{ik}^o : P_i , P_k açıklık açısının yaklaşık değeri

S_{ik}^o : P_i , P_k kenarının yaklaşık değeri

a_{ik} , b_{ik} : Doğrultu ölçüsüne ait olan düzeltme denklemi katsayıları

z_i^o : P_i Noktasındaki yöneltme bilinmeyenin yaklaşık değeri

$-n_i$: P_i noktasında ölçülen doğrultu sayısı

$-l_{ik}^o$: Düzeltme denklemine ait küçültülmüş ölçü değeri

şeklindedir. Her bir nokta için yazılmış olan düzeltme denklemleri taraf tarafa toplanırsa düzeltmelerin toplamı sıfır olur ve dz yöneltme bilinmeyeni yok edilir [24], [20], [25].

3.2.2 Kenarlar İçin Düzeltme Denklemleri

Bir P_i ve P_k noktaları arasında S_{ik} ölçülen kenar v_{ik} getirilecek düzeltme olarak gösterilirse fonksiyonel ilişki

$$S_{ik}+v_{ik} = \sqrt{(y_k-y_i)^2+(x_k-x_i)^2} \quad (3.17)$$

biçiminde yazılabilir ancak bu denklem doğrusal değildir. Doğrusallaştırma işlemi için Taylor serisine açılım yapıldığı takdirde düzeltme denklemi

$$v_{ik}^o=-a_{ik}dx_i-b_{ik}dy_i+ a_{ik}dx_k +b_{ik}dy_k -l_{ik} \quad (3.18)$$

$$a_{ik}=\cos(t_{ik}^o) \quad (3.19)$$

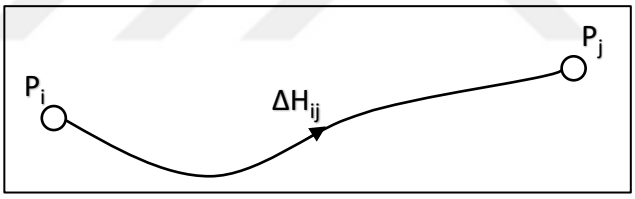
$$b_{ik}=\sin(t_{ik}^o) \quad (3.20)$$

$$-l_{ik}= S_{ik}^o - S_{ik}^o \quad (3.21)$$

şeklinde yazılır [24], [25], [20].

3.2.3 Nivelman Ölçüleri İçin Düzeltme Denklemleri

Nivelman ağlarında dengeleme hesabı işlemi geometrik ya da trigonometrik nivelman ölçülerinden yararlanarak bulunan yükseklik farkları aracılığıyla yapılmaktadır. Dolaylı ölçüler dengelemesinde nivelman ağlarında noktaların ortometrik yükseklikleri bilinmeyen olarak alınırlar. Bir yükseklik farkı için düzeltme denkleri



Şekil 3.2 P_i (-1) ve P_j (+1) noktaları arasındaki ΔH_{ij} yükseklik farkı

H_i: Pi noktasının yüksekliği

H_j: Pj noktasının yüksekliği

noktalara ait yükseklikler yaklaşık yükseklikler cinsinden ifade edilirse;

$$H_i = H_{oi} + dh_i \quad (3.22)$$

$$H_j = H_{oj} + dh_j \quad (3.23)$$

Düzeltme denklemi

$$\Delta H_{ij} + v_{\Delta Hij} = H_j - H_i \quad (3.24)$$

$$v_{\Delta Hij=} dh_j - dh_i - l_{ij} \quad (3.25)$$

şeklinde oluşur [20], [23], [25]. Burada;

$-l_{ij} = \Delta H_{ij}^{o} - \Delta H_{ij}$: Küçültülmüş Ölçü

ΔH_{ij}^{o} : Yaklaşık yüksekliklerin farkı

3.3 Stokastik Modelin Kurulması ve Ölçü Ağırlıkların Seçimi

Ölçülerin duyarlıklarını ve aralarındaki korelasyonların dengeleme sonuçlarına etkileri, stokastik modelle belirlenir. Dengeleme sonrası en uygun sonucun elde edilebilmesi için ölçü gruplarının ağırlıklarının doğru seçilmiş olması büyük önem arz eder. Kuramsal olarak herhangi bir ölçü kümesi için varyans-kovaryans matrisi

$$\mathbf{K_{ll}} = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & r_{12}\sigma_1\sigma_1 & . & r_{1n}\sigma_1\sigma_n \\ r_{21}\sigma_2\sigma_1 & \sigma_2\sigma_2 & . & r_{2n}\sigma_2\sigma_n \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ r_{n1}\sigma_n\sigma_1 & r_{n2}\sigma_n\sigma_2 & \dots & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \tag{3.26}$$

şeklindedir. Burada σ_i^2, l_i ölçüsünün varyansı r_{ij}, l_i ve l_j ölçüleri arasındaki korelasyon katsayısıdır. Eğer ölçüler arasında korelasyon mevcut değil ise korelasyon katsayısı da 0 olacağından K_{ll} köşegen bir matris haline gelir. Doğruluk ölçütü olan varyansların yanı sıra onların tersleriyle orantılı ağırlık olarak adlandırılan başka büyüklüklerde kullanılır. Varyansı σ_i^2 olan ölçünün ağırlığı tanıma uygun olarak

$$P_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} \tag{3.27}$$

şeklinde hesaplanır. σ_0^2 ve σ_i^2 kuramsal varyanslar olduğu için bunların yerine deneysel değerleri olan s_0^2 ve s_i^2 ağırlık buna bağlı olarak ölçünün ağırlığı

$$P_i = \frac{s_0^2}{s_i^2} \tag{3.28}$$

şeklinde hesaplanır [26]. Bu çalışma kapsamında tasarlanan yazılımda kullanılan ağırlıklar ise yatay ağlar için

Yatay doğrultular için ölçünün ağırlığının seçimi $P_{YDi} = \left(\frac{S_0}{S_{YD0}}\right)^2$ (3.29)

Yatay kenarlar için ölçünün ağırlığının seçimi $P_{YKi} = \left(\frac{S_0}{S_{G0} * 10}\right)^2$ (3.30)

Kullanılmıştır. Düşey ağlar (Nivelman) için ise [27]'de belirtilen

Geometrik Nivelman ölçüsü için ağırlığın seçimi $P_{Gi}=\frac{1}{S_i}\left(\frac{S_0}{S_{G0}}\right)^2$ (3.31)

Trigonometrik Nivelman ölçüsü için ağırlığın seçimi $P_{Ti}=\frac{1}{S_i^2}\left(\frac{S_0}{S_{T0}}\right)^2$ (3.32)

eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir. Bu eşitliklerde geçen

S_{YD0} : Yatay doğrultular için birim ağırlıklı ölçünün standart sapması

S_{G0} : Yatay kenara ait olan standart sapma

S_i : Nivelman yolunun uzunluğu

s_0 : Birim ağırlıklı ölçünün standart sapması

s_{G0} : Geometrik yükseklik farkları için birim ağırlıklı ölçünün standart sapması ve

s_{T0} : Trigonometrik yükseklik farkları için birim ağırlıklı ölçünün standart sapmasıdır.

3.4 Pseudo İnvers (Moore-Penrose)

Determinantı sıfır olan herhangi bir N normal denklemler matrisinin Cayley tersi (N^-) alınamaz. Bu tür matrislerin sade ve sadece

$NN^-N = N$ (3.33)

koşulunu sağlayan N^+ ile gösterilen tersi alınabilir. Fakat (3.33) eşitliğini sağlayan sonsuz sayıda tersi alınabilir. Burada tek anlamlılığı sağlamak amacıyla pseudo invers (sahte ters) kullanılır. Bu matrisin pseudo tersi için genel tanımlamalar N^+ bir matrisin pseudo inversi olmak üzere

$NN^+N=N$ (3.34)

$N^+NN^+= N^+$ (3.35)

$(NN^+)^T = NN^+$ (3.36)

$(N^+N)^T = N^+N$ (3.37)

gibidir [28], [22]. Bir matrisin pseudo inversi ise

$N^+=(N+S\,S^T)^- - S(S^TSS^TS)^- S^T$ (3.38)

bağıntısı ile ifade edilebilir. Buradaki S matrisi ise N matrisi için kurulan özvektörler matrisini temsil etmektedir. Dengeleme hesabı için kullanılan ve her türlü şartlarda

simetrik bir yapıya sahip olan $N=A^TPA$ normal denklemler matrisinin pseudo tersi için S matrisi yerine G matrisi kullanılarak bulunur. Genel bağıntı ise

$$N^+=(N+G\,G^T)^{-}-G(G^TGG^TG)^{-}G^T \quad (3.39)$$

eşitliğiyle sağlanır.

3.5 Serbest Ağ Dengelemesi

Bir kontrol ağında yapılan ölçüler ağın tanımı hakkında pek bir bilgi vermemektedir. Bir ağın dengelenmesinde yeni noktalar ve doğrulukları, dengeleme işleminde değişmediği varsayılan datum parametrelerinden etkilenmektedir.

Jeodezik ağın; dayalı olarak dengelenmesi halinde, ölçüler üzerinde zorlayıcı etkilere neden olmaktadır. Ölçü hataları, yalnızca bilinmeyen yeni noktalara dağılır. Sabit noktalardan uzaklaştıkça noktanın konum hataları büyür. Bu bakımdan noktanın konum doğruluğu datum seçimine bağlı olarak değişir. Deformasyonları araştırmak amacıyla oluşturulan jeodezik ağlarda nokta konumları ve doğrulukları belirleyici olan datum tanımı dengeleme sonuçlarına etkisi nedeniyle analiz ve yorum açısından önemli bir problemdir [23]. Çeşitli jeodezik ağlardaki Datum Parametrelerinin türleri ve bu türlerin sayısı Çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1 Ağ türlerine göre datum parametreleri ve sayıları [17]

Ağın Türü	**Datum Parametreleri**	**Datum Par. Sayısı**
Geometrik ya da Trigonometrik Yükseklik Ağları	Başlangıç Noktasının Yüksekliği	1
Yalnız Doğrultuların Gözlendiği Yatay Konum Ağları	Koordinat Eksenleri Yönünde 2 Öteleme(X_0,Y_0), 1 Dönme (A_0) ve 1 Ölçek Katsayısı (λ_0)	4
Doğrultu – Kenar Ağları	Koordinat Eksenleri Yönünde 2 Öteleme (X_0,Y_0), 1 Dönme (A_0)	3

Jeodezik ağın dayalı olarak dengelenmesi halinde ise ölçüler üzerinde zorlayıcı etkiler oluşur. Dengeleme sonrası bulunan ağırlık katsayıları matrisi ağın iç duyarlığı hakkında

gerçekçi bilgiler vermez. Bu nedenle deformasyonların araştırması amacı ile kurulan ağlarda, dış parametreleri bir takım varsayımlara dayanmayan ve ağın iç duyarlıklarını gerçekçi biçimde yansıtması nedeniyle serbest ağ dengelemesi yapılır [15].

3.6 Tüm İz Minimum Yöntemi

Serbest ağ dengelemesinde bütün noktaları bilinmeyen alındığı çözümde, konum belirsizliği, yöneltme ve ölçek sorunu oluşmaktadır. Bu durumda $N=A^TPA$ normal denklemler matrisi tekildir. Sonuç olarak $\det(N)=0$ olduğundan Cayley matris tersi alınamaz. Bunun yerine koordinat bilinmeyenlerinin karelerinin toplamı minimum koşulunu sağlayan ($x^Tx=min$) koşulunu sağlayan tek anlamlı çözüm normal denklem katsayılar matrisinin Pseudo (Moore-Penrose) tersi olur. Bu matrisin bulunabilmesi için ağdaki noktaların yaklaşık koordinatlarının ağırlık merkezinde indirgenmiş değerleri yardımıyla hesaplanan G matrisi ile hesaplanabilir [15], [29]. Pseudo tersi;

$$N^{+}=Q_{XX}=(N+GG^T)^{-} - G(G^TGG^TG)^{-}G^T \tag{3.40}$$

bağıntısıyla bulunur. (3.40) eşitliğindeki G matrisi ise sadece doğrultuların ölçüldüğü ağlarda

$$\mathbf{G_{(4,2p)}}=\begin{bmatrix} 1 & 0 & -y_1'' & x_1'' \\ 0 & 1 & x_1'' & y_1'' \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ 1 & 0 & -y_p'' & x_p'' \\ 0 & 1 & x_P'' & y_p'' \end{bmatrix} \tag{3.41}$$

şeklindedir [30]. Burada G matrisi (4,2p) boyutlu ağırlık matrisi, p ise ağdaki nokta sayısıdır.

Doğrultu ve Doğrultu-Kenar ağlarında x_P'' ve y_p'' değerleri koordinatların normlandırılmış halidir. Bu değerlerin bulunması ise ilk aşamada ağın ağırlık merkezinin değerinin bulunması ile başlar bu değer

$$x_g=\frac{[x_i]}{p} \quad , \quad y_g=\frac{[y_i]}{p} \tag{3.42}$$

formülleri ile bulunur. Bu noktaların koordinatlarının ağırlık merkezine ötelenmiş olan koordinatları ise

$$x_i' = x_i - x_g \quad , \quad y_i' = y_i - y_g \tag{3.43}$$

eşitliğindeki gibidir. Bu noktaların normlandırma elemanının bulunması ise

$$c = \frac{1}{\sqrt{[x_i'^2 + y_i'^2]}} \tag{3.44}$$

şeklinde oluşur Son aşamada ise normlandırılmış olan koordinatlar;

$$x_P'' = c.x_i' \quad , \quad y_P'' = c.y_i' \tag{3.45}$$

Bulunmuş olur. Doğrultu ve Doğrultu Kenar Ağlarında ise ölçek belli olduğundan G matrisindeki 4. sütun ortadan kalkar [23].

$$\mathbf{G_{(3,2p)}} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{p} & 0 & -y_1'' \\ 0 & 1/\sqrt{p} & x_1'' \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ 1 & 0 & -y_p'' \\ 0 & 1 & x_P'' \end{bmatrix} \tag{3.46}$$

şeklindedir.

Geometrik ve Trigonometrik nivelman ile gravite ağlarında G matrisi;

$$\mathbf{G_{(1,p)}} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{p} \\ . \\ . \\ . \\ 1/\sqrt{p} \end{bmatrix} \tag{3.47}$$

şeklindedir. G matrisinin boyutu ise (1,p) dir. GPS ağlarında ise bu matris

$$\mathbf{G_{(3,3p)}} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{p} & 0 & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{p} & 0 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{p} \\ . & . & . \\ . & . & . \\ . & . & . \\ 1/\sqrt{p} & 0 & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{p} & 0 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{p} \end{bmatrix} \tag{3.48}$$

şeklinde oluşur [30].

3.7 Kısmi İz Minimum Yöntemi

Kısmi iz minimum yöntemi ağın yalnıza bir bölümünün datum tanımına etki etmesini sağlar. Tüm iz minimum yönteminde ağda bulunan tüm noktalar datum tanımında hesaba katılmaktaydı doğal olarak da ağı en uygun biçimde konumlandırmaktaydı. Bu çözümde ise konumlandırma işlemi datum tanımına etki etmesi istenen noktalara göre yapılmaktadır. Tüm iz yöntemindeki G matrisi yerine bu çözümde G matrisinden elde edilmiş herhangi bir B matrisi kullanılır.

Burada herhangi bir i noktasının datum tanımına etki etmemesi istenildiği durumlarda G matrisinin ilgili satırları sıfır olarak alınır. Datum tanımına etki etmesi istenen noktalar için ise G matrisinin ilgili satırlarında herhangi bir değişme olmaz. N normal denklemler matrisinin tersi ise

$$N^{+}=Q_{XX}=(N+BB^{T})^{-} - G(G^{T}BB^{T}G)^{-}G^{T} \tag{3.49}$$

olarak bulunur.

3.8 S Dönüşümü

Zorlamasız dengeleme, tüm iz ve kısmi iz minimum dengeleme yöntemleri, ölçü düzeltmelerinin ve buna göre dengeli ölçülerin ya da ağ geometrisinin değişmediği (zorlamasız) çözümlerdir. Bu çözümlerin birbirlerine ilişkin sonuçları bir S (similarity) matrisi ile diğerine dönüştürülebilir. 1973 yılında Baarda tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Jeodezik ağlarda; deformasyon parametreleri, eğer 2 ölçüm epoku arasında ağın datumu değişmemişse kestirilebilir. Datumun değişmemesi için jeodezik ağlar dengelenmelidir. Deformasyon analizinde ise S dönüşümü genellikle ölçüm kampanyalarını aynı datuma getirmek için kullanılmaktadır [31]. Diğer bir deyişle tüm iz, kısmi iz minimum ve zorlamalı dengeleme hesapları arasında geçiş yapılmasına olanak sağlar. Söz konusu S matrisi (3.50) bağıntısına eşittir.

$$S=E-G(B^{T}G)^{-1}B^{T} \tag{3.50}$$

Herhangi bir k datumundaki fark vektörü ve ters ağırlık matrisi

$$x_g=Sx_k \tag{3.51}$$

$$Q_g=SQ_kS^{T} \tag{3.52}$$

dönüşüm eşitlikleriyle bulunur.

3.9 Dengeleme Modelinin Test Edilmesi

Dengeleme hesabında; tahmin edilmesi mümkün olmayan durumların, testinin yapılması doğal bir kaçınılmaz bir zorunluluktur. Başka bir deyişle, ölçülerin normal dağılımlı olması prensibine dayanan dengeleme modelinin test edilmesi gereklidir.

3.9.1 Matematiksel Model Testi

Dengeleme hesabının matematik modelinin; ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkilere uygun olup olmadığı, ölçülerin duyarlıklarını ve aralarındaki korelasyonları yeterince yansıtıp yansıtmadığı matematiksel model testi (Global test) yardımıyla belirlenir [24], [29]. Dengeleme hesabı öncesinde öngörülen karesel ortalama hata s_0^2 ,dengeleme hesabı sonucu bulunan soncul karesel ortalama hatası m_0^2 olmak üzere

$H_0 : E\{ m_0^2 \} = E\{ s_0^2 \}$ Sıfır Hipotezi (Null Hipotez) (3.53)

ve

$H_S : E\{ m_0^2 \} \neq E\{ s_0^2 \}$ Seçenek Hipotezi (3.54)

eşitliklerindeki hipotezler mevcuttur. Sıfır Hipotezindeki temel varsayım öncül karesel ortalama ve soncul karesel ortalama hata değerlerinin birbirine eşit olduğu, Seçenek Hipotezinde ise bu iki değerin birbirine eşit olmadığı düşünülür. Bu hipotezlerin geçerliliğini denetlemek için kullanılabilecek test değerinin büyüklüğü

$$T=\frac{m_0^2}{s_0^2} \tag{3.55}$$

olarak hesaplanabilir. Bu büyüklük seçilen bir α kadar yanılma olasılığı ve f kadar serbestlik derecesi ile F Dağılımı Tablosundan alınan sınır değer karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda test büyüklüğü sınır değerden büyükse dengeleme modeli geçersizdir. Bu modelin geçersiz olmasının temel nedenleri;

- Uyuşumsuz ölçüler
- Fonksiyonel modelin hatalı kurulması
- Stokastik modelin hatalı kurulması

şeklinde listelenebilir.

3.10 Jeodezik Ağların Duyarlık ve Güven Ölçütleri

Bir jeodezik ağda, ağın kalitesini belirleyen en önemli kıstas duyarlık ve güven ölçütleridir. Ağın niteliği, öngörülen isteklere ve amaca göre değişkenlik gösterir. Deformasyonların araştırılmasında konum ve doğrultuya bağlı duyarlık amaçlanır [15].

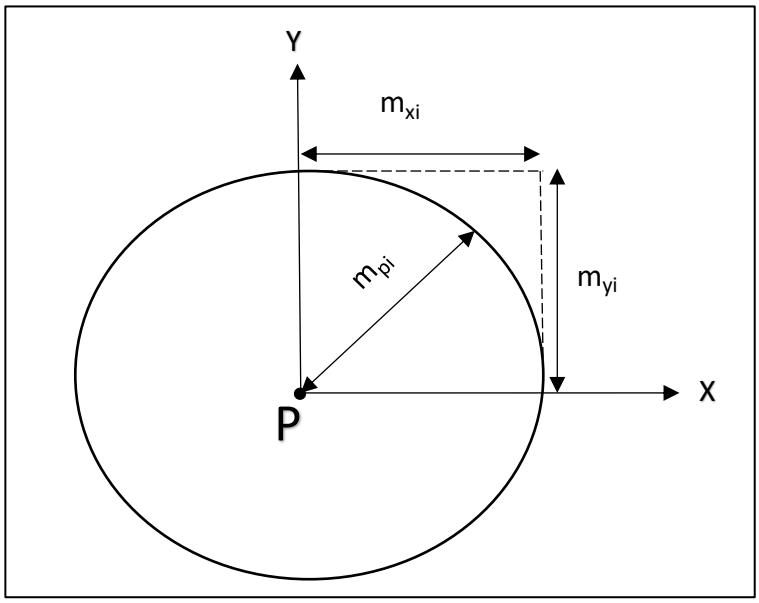
3.10.1 Duyarlık Ölçütleri

Jeodezik ağlar için tanımlanan duyarlık ölçütlerinin büyük bir kısmı, noktalara göre tanımlanan ölçütlerdir. Bunlar, ağ noktalarının koordinatlarının gerçek değerlerinin hangi sınırlar arasında kalacağının bulunması için kullanılırlar. Bir jeodezik ağın duyarlığına ilişkin bilgilerin tümü, koordinat bilinmeyenlerinin varyans-kovaryans matrislerinde depolanmıştır [32]. Bu nedenle, duyarlık ölçütlerinin hesaplanması için koordinat bilinmeyenlerinin varyans-kovaryans matrisinin tümünden ya da bir bölümünden yararlanılır.

Koordinat bilinmeyenlerinin ters ağırlık matrisi aşağıdaki gibi iki boyutlu ağlarda 2 x 2 boyutlu alt matrislere ayrılabilir.

$$\mathbf{Q_{xx}} = \begin{bmatrix} q_{x1x1} & q_{x1y1} & q_{x1x2} & q_{x1y2} & \cdots & q_{x1xp} & q_{x1yp} \\ q_{y1x1} & q_{x1x1} & q_{y1x2} & q_{y1y2} & \cdots & q_{y1xp} & q_{y1yp} \\ q_{x2x1} & q_{x2y1} & q_{x2x2} & q_{x2y2} & \cdots & q_{x2xp} & q_{x2yp} \\ q_{y2x1} & q_{y2y1} & q_{y2x2} & q_{y2y2} & \cdots & q_{y2xp} & q_{y2yp} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ q_{xpx1} & q_{xpy1} & q_{xpx2} & q_{xpy2} & \cdots & q_{xpxp} & q_{x1x1} \\ q_{ypx1} & q_{ypx1} & q_{ypy2} & q_{ypy2} & \cdots & q_{ypxp} & q_{ypyp} \end{bmatrix} \tag{3.56}$$

Bir ağın dengelenmesi sonucunda hesaplanan koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hatası (3.57) eşitlikleri ile gösterilebilir.



Şekil 3.3 Dengelenme hesabı sonucunda bulunan koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hatası

$m_{xi}=m_0\sqrt{q_{xixi}}$ Bir P Noktasının X koordinatının Konum Hatası

$m_{yi}=m_0\sqrt{q_{yiyi}}$ Bir P Noktasının Y koordinatının Konum Hatası (3.57)

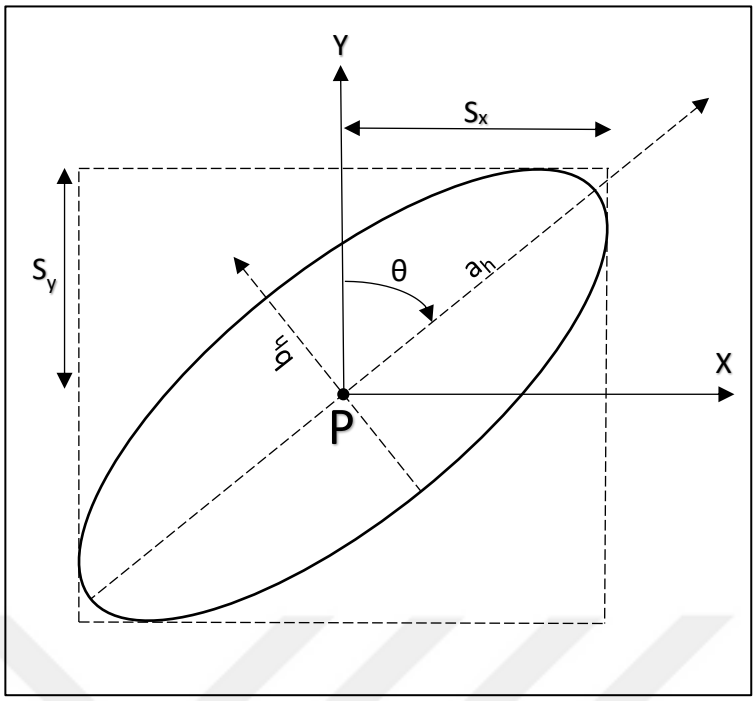
$m_{pi}=m_0\sqrt{m_{xi}^2+m_{yi}^2}$ Bir P Noktasının Koordinatının Konum Hatası

Bir jeodezik ağda Q_{xx} matrisinin değerinin mümkün olduğunca küçük olması arzu edilir. Bu isteğin ana sebebi noktanın konum hatasının sıfıra yakın olmasının istenilmesinden kaynaklanmaktadır.

Ağdaki herhangi bir P_i noktasına ait olan Q_{ii} alt vektörü

$$\mathbf{Q_{ii}}=\begin{bmatrix} q_{xixi} & q_{xiyi} \\ q_{yixi} & q_{xixi} \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} \\ q_{yx} & q_{xx} \end{bmatrix} \quad (3.58)$$

olacak şekilde gösterildiği takdirde P_i Noktasının Hata elipsinin elemanları



Şekil 3.4 Bir P noktasının hata elipsinin elemanları

$$\lambda_a=\frac{1}{2}\sqrt{(q_{xx}+q_{yy})+w} \tag{3.59}$$

$$\lambda_b=\frac{1}{2}\sqrt{(q_{xx}+q_{yy})-w} \tag{3.60}$$

$$w=\sqrt{(q_{xx}-q_{yy})^2+4q_{xy}^2} \tag{3.61}$$

$a_h=m_0^2\sqrt{\lambda_a}$ Hata Elipsinin Büyük Yarı Ekseni (3.62)

$b_h=m_0^2\sqrt{\lambda_b}$ Hata Elipsinin Küçük Yarı Eksen (3.63)

$\theta=\frac{1}{2}\arctan(\frac{2q_{xy}}{q_{xx}-q_{yy}})$ Hata Elipsinin Büyük Yarı Ekseninin Doğrultusu (3.64)

denklemleri ile hesaplanır. Şekil 3.4'deki

S_x : Bir P nokstasının X Koordinatındaki Standart Sapma

S_y : Bir P nokstasının Y Koordinatındaki Standart Sapmadır.

3.10.2 Güvenirlik Ölçütü

Jeodezik ağların kalitesini gösteren duyarlık ölçütleri, dengeleme modelinin geçerli olduğu durumlarda gerçeğe uygun olacak biçimde bilgi verirler. Başka bir deyişle; dengelemenin fonksiyonel modelinin, ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkilere uygun olduğu, stokastik modelin ölçülerin duyarlıklarını ve aralarındaki korelasyonları yeterince doğru yansıttığı durumlarda hesaplanan büyüklükler, gerçeğe yakın olurlar. Buna karşın ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri gösteren fonksiyonel modelin gerçeğe uygun olmaması ya da gözlemlerin birkaçında oluşan kaba hatalar veya ölçü ağırlıklarının hatalı seçilmesi gibi durumlarda model hataları oluşmaktadır. Bir ağ dengelemesi için oluşturulan matematik modelin gerçeğe uygun olup olmadığı güven ölçütleri ile denetlenir [29]. N sayıdaki ölçü için n adet güvenirlik ölçütü belirlenebilir [33], [34].

3.10.2.1 İç Güvenirlik Ölçütü

Bir ağda oluşan model hatalarının gerçek değerleri bilinemez. Bu nedenle, yapılan ölçülerin birbirini karşılıklı olarak ne ölçüde kontrol edebildiklerinin bulunması iç güven ölçütü ile olur.

Bir dengeleme hesabını model hatalarından arındırmak için gerekli hipotezler

$H_0 : E\{\nabla\} = 0$ Sıfır Hipotezi (3.65)

ve

$H_S : E\{\nabla\} = a.c$ Seçenek Hipotezi (3.66)

biçiminde oluşturulur.

c: Ölçülerin Model Hatalarına Etkime Katsayıları

a: Bir ölçek Katsayısı

Ölçü hatalarının dış merkezlik parametresini veren w ilgili eşitlikte yerine konulursa

$w = \frac{\nabla_v P \nabla_v}{\sigma_0^2}$ Dış merkezlik parametresi (3.67)

$w_0 = f(\alpha_0, \beta_0, r, \infty)$ Sınır Değer (3.68)

$a^2 \frac{c^T P Q_{vv} P c}{\sigma_0^2} \geq w_0$ (3.69)

$$a^2 \geq \frac{w_0 \sigma_0^2}{c^T P Q_{vv} P c} \tag{3.70}$$

bağıntıları elde edilir. $a = \nabla_j$ ve $c = 1$ seçildiğinde korelasyonsuz gözlemlerin dengelendiği bir ağda

$$\nabla_j^2 \geq \frac{w_0 \sigma_0^2}{P_j r_j} \tag{3.71}$$

P_j : Gözleme ait olan ağırlık

r_j : Serbestlik ölçütü (redundanz payı)

(3.71) eşitliğinden bir ∇_j hatasının sınır değeri

$$\nabla_{0j} = m_j \sqrt{\frac{w_0}{r_j}} \tag{3.72}$$

olarak bulunur [29], [35], [36]. Bu değer [36] ve [29]'a göre

$$\nabla_{0j} < 8 m_j \quad \text{Sınır değer} \tag{3.73}$$

sınır değerini aşmamalıdır. İyi bir jeodezik ağda çok küçük kaba hataların ortaya çıkarılabilmesi ve sınır değerinin olabildiğince birbirine yakın büyüklükler olması arzulanır [37]. İç güven ölçütlerinin hesaplanması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanlar;

- Baarda (Data-Snooping)
- Pope
- t-testi

şeklindedir. Bu yöntemlere göre hesaplanan test büyüklükleri

Baarda yöntemi $T_{i,B} = \frac{|v_i|}{\sigma_0} \sqrt{Q_{v_i v_i}} \sim N(0,1)$ Normal dağılımlı (3.74)

Pope yöntemi $T_{i,P} = \frac{|v_i|}{s_0} \sqrt{Q_{v_i v_i}} \sim \tau_f$ tau dağılımlı (3.75)

t-testi yöntemi $T_{i,t} = \frac{|v_i|}{s_{0i}} \sqrt{Q_{v_i v_i}} \sim \tau_{f-1}$ t-dağılımlı (3.76)

σ_0 :Dengeleme hesabı öncesinde öngörülen varyans (a priori)

s_0 : Dengeleme Hesabı sonucunda bulunan varyans

s_{0i} : İlgili ölçünün dışında kalan ölçülerin dengelenmesi sonucunda bulunan varyans

s_{0i} değeri ise (3.77) eşitliğindeki gibi bulunur.

$$s_{0i} = (v^T P v - \frac{v_i^2}{Q_{v_i v_i}}) / (f-1) \quad (3.77)$$

Uyuşumsuz ölçünün belirlenmesi işleminde ilk aşamada global test yapılır. Bu test sonucunda sıfır hipotezi reddedilip modelde bir hata olduğuna karar verilirse ölçülerde bir yerde uyuşumsuz ölçünün var olduğu kanısına varılır. İkinci aşamada bu ölçüler tek boyutlu teste tabi tutulur. Bulunmuş olan test büyüklüklerinden herhangi biri seçilen yöntemdeki tablo değerini (sınır değer) aşıyorsa o ölçünün uyuşumsuz olduğu sonucuna varılır. Üçüncü aşamada ise kaba hatalı ölçü ya ölçülerden çıkartılır ya da ölçünün ağırlığı düşürülür ve dengeleme işlemi yeniden yapılır. Son aşamada ise bu işlemler baştan itibaren global test geçerli olana kadar tekrar yapılır.

Baarda Yöntemi

Bu yöntem temel olarak Global Test ve Data Snooping aşamalarından oluşmaktadır. Global testte önsel ve sonsal varyans değerlerin arasında bir karşılaştırma yapılarak model test edilmektedir [38]. Test edilen model belirlenen test parametresinden fazla ise birkaç neden üzerinde durulur [39]. Bunlardan genel olarak üçü üzerinde durulur. Bunlar;

- Fonksiyonel model yanlıştır
- Stokastik model yanlıştır
- Ölçülerde kaba hata yapılmıştır

şeklinde sıralanabilir.

Matematiksel modelde yapılan bir hata dengeleme hesabının şekil matrisini(katsayılar matrisini) ve küçültülmüş ölçülerde bir hataya sebep olacağından oluşan bu hata da tüm sistemi kaçınılmaz olarak olumsuz yönde etki edecektir.

Stokastik modelde yapılan hata başka bir deyişle ölçülerin ağırlığı belirlenirken yapılan herhangi bir hata EKKY tekniğiyle yapılan dengeleme hesabının soncul varyansını bu

tekniğin doğal yapısı nedeniyle etki etmektedir. Bu durum testin geçilememesine neden olabilir.

Ölçülerde yapılmış olan kaba hata ise sistemin soncul varyansına hataya bağlı olarak hataya sebep olmaktadır. Bu durum testin geçilememesine neden olabilir [40]. Baarda test istatistiği;

$$w_{i,B}=\frac{|v_i|}{\sigma_{vi}} \tag{3.78}$$

şeklinde hesaplanır. Ölçüye ait düzeltmenin standart sapması,

$$\sigma_{Vi}=\sqrt{r_i\sigma_{li}} \tag{3.79}$$

Şeklinde oluşur. Burada;

r_i : Ölçünün Kısmi redundanz payı

σ_{li}: Ölçünün standart sapması

Baarda test istatiği w değerinin normal dağılımda olduğunu göstermiştir [38]. Ölçüye ait sınır değer normal dağılım tablosundan

$$q=N_{1-a_0/2}=\sqrt{F_{1,\infty,1-a_0}} \tag{3.80}$$

şeklinde hesaplanır.

Pope Yöntemi

Data Snooping test yöntemi öncül varyansın bilinmesi esasına dayanır. Dengeleme öncesi varyansın tam olarak bilinememesi ya da güvenilir ve tecrübeye dayanan bir değer olarak verilememesi durumunda öncül varyans yerine dengeleme sonrası elde edilen ve uyuşumsuz ölçüleri de içeren ölçü kümesinin bir fonksiyonu olan soncul varyans kullanılabilir. Bu durumda test istatistiği için normal dağılımda değildir.

Data snooping testinde kullanılan test büyülüğü burada da geçerlidir [41].

Test büyüklüğü;

$$T_{i,p}=\frac{|v_i|}{\sigma_{vi}} \tag{3.81}$$

Şeklinde gerçekleşir. Bu büyüklük tau dağılımındadır. Dağılımın sınır değeri ise

$$c=\tau_{f,1-a_0/2} \quad (3.82)$$

şeklinde bulunur.

T-Testi Yöntemi

Herhangi bir l_i ölçüsü kaba hata içeriyorsa bu ölçü ile hesaplanan soncul varyans değeri de bu kaba hatayı içermektedir. Bu hatayı içeren ölçü dışında kalan ölçülerden hesaplanan soncul varyans değeri daha az etkilenmektedir [40]. Bu hataların giderilmesi için model hatalarından arındırılmış düzeltmeler (v) hesaplanmalıdır. Bu yöntemde test büyüklüğü;

f : serbestlik derecesi

v_i : düzeltme değeri

Q_{vivi} : düzeltmelerin ağırlık katsayıları matrisi olmak üzere

$$\sigma_{0i}^2=v^TPv-\frac{v_i^2}{(Q_{vivi})}/f-1 \quad (3.83)$$

$$T_i=\frac{|v_i|}{\sigma_{0i}\sqrt{(Q_{vv})_{ii}}} \quad (3.84)$$

şeklinde olur [23].

3.10.2.2 Dış Güvenirlik Ölçütü

Dış güven ölçütü dengeleme sonuçlarındaki (koordinatlar vb.) ortaya çıkarılmamış muhtemel kaba hatalı gözlemlerin (∇l_i) maksimum etkisiyle ilişkilidir. Bu etki $\nabla_o\hat{x}_i$;

$$x=(A^TPA)^+A^TPl \quad (3.85)$$

denklemi yardımıyla

$$\nabla x_i=(A^TPA)^+a_i{}^TP_i\nabla l_i \quad (3.86)$$

a_i : Katsayılar matrisinin i.satırı

P_i : ∇l_i ölçüsünün ağırlığı

ile hesaplanabilir [35]. (3.86) eşitliğinden anlaşılabileceği gibi ∇l_i kadar bir ölçü hatası ağdaki tüm koordinatlara etki etmektedir. Koordinat bilinmeyenleri vektörü x, ağın

datumuna bağlı olduğundan, koordinat hataları vektörü ∇x de ağın datumuna bağlıdır. Ağın dış güveni için datuma bağlı olmayan bir ölçüt elde edilmek istendiği takdirde

$$\overline{\delta}_{0i}^2=\nabla x^T K_{XX}^{+}\nabla x=\frac{1}{m_0^2}\nabla x^T Q_{XX}^{+}\nabla x=\frac{1}{m_0^2}\nabla x^T Q^{+}\nabla x \qquad (3.87)$$

biçiminde tanımlanabilir.[42] (3.87) eşitliğinde ∇x_i yerine konursa

$$\overline{\delta}_{0i}=\sqrt{\frac{1-r_i}{r_i}}\,\delta_0 \qquad (3.88)$$

değeri elde edilir. Bilinmeyenlerin herhangi bir fonksiyonu için ϕ=Ø(x) olmak üzere

$$\overline{\delta}_{0i}\geq\frac{\nabla l_\phi}{m_\phi} \qquad (3.89)$$

bağıntısı geçerli olur. Burada ∇l_ϕ hata değeri ∇l_i ve $\overline{\delta}_{0i}$ ile hesaplanabilir [43].

3.11 Doğrusal Hipotez Testleri

Bir jeodezik ağ dengelemesinde matematiksel model

E {Ï}= Ä ẍ Fonksiyonel Model (3.90)

K̈ll = σ0² Q̈ll Stokastik Model

şeklinde oluşturulur. Buradaki gözlemlerin normal dağılımda oldukları varsayımında yapılan dengeleme hesabı sonucunda bulunan bilinmeyenler vektörü $\underline{\ddot{x}}$ ve dengeli ölçüler vektörü $\underline{\ddot{I}}$=Ï+v̈ bulunurlar. Jeodezik ağ dengelemelerinde, hangi parametre bileşenlerinin bilinemeyenler içinde yer alması gerektiği çoğu durumda başlangıçta cevapsız olarak kalır [29]. İstatistiksel olarak bir doğrusal hipotez

$$H_0 : \ddot{B}\,\ddot{x} = \ddot{w} \qquad (3.91)$$

B̈ : Katsayılar matrisi

ẍ : Bilinmeyen parametreler

ẅ : Sağ taraf vektörü (Sabit)

biçiminde kurulur. Dengeleme sonuçlarının bu hipotezleri sağlayıp sağlamadıkları, hipotez testleri ile kontrol edilmektedir. Hipotez testinin yapılması için B̈ ẍ değerinin türetilebilir bir fonksiyon olması gerekmektedir. B̈ = D̈ Ä ise, ise başka bir deyişle B̈ 'nin Ä'dan doğrusal bir dönüşüm fonksiyonu aracılığıyla bulunabilmesi durumunda bir

doğrusal hipotez geçerli olur. Dengeleme işleminde birbirlerinden farklı olarak kestirilebilir fonksiyon sayısı Ä matrisinin rankı kadardır [44].

3.11.1 Test İstatistiği

Kurulan doğrusal hipotezler, ölçülerin dengelenmesi sırasında koşul denklemleri olarak ele alınır. Böyle bir durumda matematiksel model

$$E\{\ddot{l}\} = \ddot{A}\,\ddot{x} \qquad \text{Fonksiyonel Model}$$

$$\ddot{B}\,\ddot{x} = \ddot{w} \qquad \text{Doğrusal hipotez} \qquad (3.92)$$

$$\ddot{K}_{ll} = \sigma_0^2\,\ddot{Q}_{ll} \qquad \text{Stokastik Model}$$

şeklindedir.H_0 hipotezinin geçerli olduğu durumlarda koşul denklemlerinin dengeleme sonuçlarını etkilemeyeceği düşünülür [15]. Koşul denklemleri ile elde edilen bilinmeyenler $\ddot{x}_H$ ve düzeltmelerin karelerinin toplamı olan $\Omega_H = \ddot{v}_H^T\,\ddot{P}\,\ddot{v}_H$ değeri, dolaylı ölçüler dengelemesinden elde edilen $\underline{\ddot{x}}$ ve $\Omega = \ddot{v}^T\,\ddot{P}\,\ddot{v}$ değerlerinden farklıdır. Doğrusal hipotezleri de içeren (3.92) modeli için

$$\Omega_H = \ddot{v}_H^T\,\ddot{P}\,\ddot{v}_H + 2\,\ddot{k}^T(\ddot{B}\,\ddot{x}_H - \ddot{w}) = \min. \qquad \text{LAGRANGE Koşulu} \qquad (3.93)$$

geçerlidir.

$$-v_H = \ddot{l} - \ddot{A}\,\ddot{x}_H$$

$$\Omega_H = (\ddot{l}-\ddot{A}\,\ddot{x}_H)^T\,\ddot{P}\,(\ddot{l}-\ddot{A}\,\ddot{x}_H) + 2\,\ddot{k}^T(\ddot{B}\,\ddot{x}_H - \ddot{w}) \qquad (3.94)$$

şeklinde yazılarak bilinmeyenler $\ddot{x}_H$ ve $\ddot{k}$ lagrange çarpanına göre türevler alınırsa

$$\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A}\,\ddot{x}_H + \ddot{k}\,\ddot{B}^T - \ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{l} = 0$$

$$\ddot{B}\,\ddot{x}_H - \ddot{w} = 0 \qquad \text{Normal denklemler} \qquad (3.95)$$

elde edilir. Burada $\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A}$ matrisi tekil olduğundan normal denklemlerin ilk satırından yararlanarak bilinmeyenler

$$\ddot{x}_H = (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^+\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{l} - \ddot{B}^T\,\ddot{k}) \qquad (3.96)$$

$$\ddot{x}_H = (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^+(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{l}) - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^+(\ddot{B}^T\,\ddot{k}) \qquad (3.97)$$

$$\ddot{x}_H = \underline{\ddot{x}} - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^+\ddot{B}^T\,\ddot{k} \qquad (3.98)$$

bağıntısıyla bulunur. Normal denklemlerin ikinci satırında (3.95) uygun yerlere konursa

$$\ddot{B}\,\ddot{x}_H = \ddot{B}\,\underline{\ddot{x}} - \ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,\dot{k} = \dot{w}$$

$$\dot{k} = (\ddot{B} - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T)^{+}\,\ddot{B}\,\underline{\ddot{x}} - \dot{w} \qquad (3.99)$$

elde edilir. Doğrusal hipotezlerinde içinde olduğu matematiksel modelin kesin çözümü

$$\ddot{x}_H = \underline{\ddot{x}} - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,(\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T)^{+}\,(\ddot{B}\,\underline{\ddot{x}} - \dot{w}) \qquad (3.100)$$

eşitliğiyle bulunur. (3.100) eşitliğinden de görülebileceği gibi doğrusal bir hipotezin etkisinin hesaplanması için ağ dengelemesinin dışında yeni bir dengeleme işlemi yapmak zorunlu değildir. Burada bahsedilen etki ise (3.100) eşitliğinin sağ tarafı aracılığıyla hesaplanabilir.

Doğrusal hipotezlerinde dahil olduğu matematiksel modeldeki düzeltmelerin ağırlıklı karelerinin toplamı

$$\Omega_H = \dot{v}_H^T\,\ddot{P}\,\dot{v}_H = (\dot{l} - \ddot{A}\,\ddot{x}_H)^T\,\ddot{P}\,(\dot{l} - \ddot{A}\,\ddot{x}_H) \qquad (3.101)$$

şeklinde oluşur. Gerekli bağıntılar yerine konursa;

$$\Omega_H = \{\dot{l} - \ddot{A}(\underline{\ddot{x}} - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,\dot{k})\}^T\,\{\dot{l} - \ddot{A}(\underline{\ddot{x}} - (\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,\dot{k})\} \qquad (3.102)$$

$$\Omega_H = \{(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}})^T + \dot{k}^T\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{A}^T\}\,\ddot{P}\,\{(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}}) - \ddot{A}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,\dot{k})\} \qquad (3.103)$$

$$\Omega_H = \{(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}})^T\,\ddot{P} + \dot{k}^T\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{A}^T\,\ddot{P}\}\,\{(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}}) - \ddot{A}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\,\dot{k})\} \qquad (3.104)$$

$$\Omega_H = (\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}})^T\,\ddot{P}\,(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}}) + (\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}})^T\,\ddot{P}\ddot{A}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+} + \ddot{B}^T\,\dot{k}$$

$$+\dot{k}^T\,\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{A}^T\,\ddot{P}(\dot{l} - \ddot{A}\underline{\ddot{x}}) + \dot{k}^T\,\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{A}^T\,\ddot{P}\ddot{A})\ddot{B}^T\,\dot{k} \qquad (3.105)$$

eşitliği elde edilir. (3.105) eşitliğinin ilk terimi düzeltmelerin ağırlıklı toplamı Ω olduğu görülür ve buradan

$$\Omega_H = \Omega + R \qquad (3.106)$$

yazılabilir. (3.105) eşitliğindeki $\dot{k}$ yerine (3.99) eşitliği yerine konursa R artık (residual) değeri

$$R = (\ddot{B}\,\underline{\ddot{x}}\;\dot{w})^T\,\{\ddot{B}\,(\ddot{A}^T\,\ddot{P}\,\ddot{A})^{+}\,\ddot{B}^T\}^T\,(\ddot{B}\,\underline{\ddot{x}} - \dot{w}) \qquad (3.107)$$

şeklinde doğrusal hipotezleri içeren (3.92) matematiksel modeli oluşturulmadan doğrudan (3.90) modelinden bulunan $\underline{\ddot{x}}$ bilinmeyenler vektörü yardımı ile belirlenmiş olur.

Ω ve R değerleri stokastik olarak bağımsız büyüklüklerdir [45]. Bu değerler

$$\frac{\Omega}{\sigma_0^2} \sim X^2\{ f,\lambda \} \tag{3.108}$$

$$\frac{R}{\sigma_0^2} \sim X^2\{ f,\lambda_H \} \tag{3.109}$$

dağılımındadırlar. $\frac{\Omega}{\sigma_0^2}$ oranı f=n-u+d serbestlik dereceli X^2 dağılımına uyar. Matematiksel model geçerliyse merkez dışı parametre λ=0 'dır. Yine aynı şekilde $\frac{R}{\sigma_0^2}$ oranının serbestlik derecesi

$$h = \text{rank}\{ \ddot{B} (\ddot{A}^T \ddot{P} \ddot{A})^+ \ddot{B}^T \} \tag{3.110}$$

olan X^2 dağılımına uyar.H_0 geçerliyse merkez dışı parametre olan $\lambda_H = 0$ olur. Başlangıç hipotezinin geçerli olup olmadığını bulmak için gerekli olan test büyüklüğü

$$T= \frac{R/h}{\Omega/f} = R/m_0^2\, h \tag{3.111}$$

Bu test büyüklüğü F dağılımındadır. T değerinin olasılık değeri ise

$$P\{ T > F\{h,f,\alpha\} : H_0 \} = \alpha \tag{3.112}$$

şeklindedir. Bulunan T test değeri ve buna ait olan yanılma değerinden büyükse öngörülen α istatistiksel yanılma olasılığıyla hipotez reddedilir [15], [29], [44].

3.12 Ortalama Ayrılıklar Yöntemi İle Deformasyon Analizi

3.12.1 Eş Değerlik Testi

Farklı dönemlerde yapılan ölçülerle dengeleme işlemi sonrasında oluşan dengeli koordinatların aynı kaldığı düşünülür. Bunun gerçekleşip gerçeklemediğini kontrol etmek için eşdeğerlik testi (global uyuşum testi) yapılır. Karşılaştırması yapılacak olan herhangi iki döneme ait eşdeğerlik testini oluşturmak için fonksiyonel model ve stokastik model (3.90) 'a uygun olarak

$$\begin{bmatrix} \ddot{l}_1 \\ \ddot{l}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \ddot{v}_1 \\ \ddot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{A}_1 & 0 \\ 0 & \ddot{A}_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\ddot{x}}_1 \\ \underline{\ddot{x}}_2 \end{bmatrix} \tag{3.113}$$

$$\ddot{K}_{ll} = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \ddot{Q}_{ll1} & 0 \\ 0 & \ddot{Q}_{ll2} \end{bmatrix} \quad (3.114)$$

şeklinde olsun. Bağıntılardan anlaşılabileceği üzere bağıntılar iki ayrı dengeleme işlemini göstermektedir. Bu durumda düzeltmelerin karelerinin ağırlıklı toplamı Ω karşılaştırması yapılan ölçme dönemlerine ait olan karelerin ağırlıklı toplamına eşit olur.

$$\Omega = \Omega_1 + \Omega_2 = \ddot{v}_1^T \ddot{P}_1 \ddot{v}_1 + \ddot{v}_2^T \ddot{P}_2 \ddot{v}_2 \quad (3.115)$$

Serbestlik dereceleri ise

$$f = f_1 + f_2 = (n_1 - u + d) + (n_1 - u + d) \quad (3.116)$$

olur. H_0 hipotezi $\ddot{B}\,\ddot{x} = \ddot{w}$ gösterimine benzetilerek

$$H_0 : E\{\underline{\ddot{x}}_1\} = E\{\underline{\ddot{x}}_2\} \quad (3.117)$$

olarak yazılabilir. (3.113) ve (3.114) bağıntılarına Sıfır Hipotezi, koşul olarak eklenirse doğrusal hipotezin düzeltmelerin karelerinin ağırlıklı toplamına etkisi

$$R = \ddot{d}^T \left(\ddot{Q}_{xx1} + \ddot{Q}_{xx1} \right)^+ \ddot{d}$$

bağıntısı ile bulunur. Burada $\ddot{d} = \underline{\ddot{x}}_2 - \underline{\ddot{x}}_1$ değerine eşittir. $\left(\ddot{Q}_{xx1} + \ddot{Q}_{xx1} \right)$ Matrisinin rankı her iki ölçme döneminde eşit ise

$$h = u - d \quad (3.118)$$

dir. Test büyüklüğü ise

$$T = \frac{\ddot{d}^T (\ddot{Q}_{xx1} + \ddot{Q}_{xx1})^+ \ddot{d}}{m_0^2 h} \quad (3.119)$$

bağıntısındaki gibi olur. Bu test büyüklüğü F dağılımında olup (3.109) bağıntısındaki olasılık bağıntısı geçerlidir [46].

3.12.2 Eşdeğer Olmayan Noktaların Belirlenmesi

Yapılan eşdeğerlik (Global Uyuşum) testi sonucunda bulunan test büyüklüğünün Fisher dağılımındaki ilgili değeri aşması durumunda 1-α kadar istatistiki güven ile ağdaki noktalardan en az birinde deformasyon olduğu kararı verilir. Ağda deformasyon olan noktaların belirlenebilmesi amacıyla $\ddot{d}$ fark vektörü

$$\ddot{d}=\begin{bmatrix}\ddot{d}_F\\ \ddot{d}_B\end{bmatrix} \tag{3.120}$$

şeklinde ve $\ddot{Q}_{dd}=(\ddot{Q}_{xx1}+\ddot{Q}_{xx1})$ ters ağırlık matrisi ise

$$\ddot{Q}_{dd}{}^{+}=\ddot{P}_{dd}\begin{bmatrix}\ddot{P}_{FF} & \ddot{P}_{FB}\\ \ddot{P}_{BF} & \ddot{P}_{BB}\end{bmatrix} \tag{3.121}$$

şeklinde alt matrislere ayrılır. Burada B alt indisleri deformasyon olduğu düşünülen noktaları F alt indisleri ise deformasyon olmadığı düşünülen noktaları temsil eder. Bu alt matrisler Gauss indirgeme yöntemiyle indirgenerek

$$\underline{\ddot{d}}_B=\ddot{d}_b-\ddot{P}_{BB}^{-1}\,\ddot{P}_{BF}\,\ddot{d}_F \tag{3.122}$$

$$\underline{\ddot{P}}_{FF}=\ddot{P}_{FF}-\ddot{P}_{BF}\,\ddot{P}_{BB}^{-1}\,\ddot{P}_{BF} \tag{3.123}$$

kısa gösterimleriyle, başlangıç hipotezinin (H_0) düzeltmelerin karelerinin ağırlıklı toplamına etkisi

$$\ddot{R}=\ddot{d}^{T}\,\ddot{P}_{dd}\,\ddot{d}=d_F^{T}\,\ddot{P}_{FF}\,\ddot{d}_F+\underline{\ddot{d}}_B^{T}\,\ddot{P}_{BB}\,\underline{\ddot{d}}_{BB} \tag{3.124}$$

bulunur. Deformasyon şüphesi olan her bir nokta için $\ddot{d}_B$ alt vektörü yazılır ver bu noktalar ait ayrıklık etkisi

$$R_i=(\underline{\ddot{d}}_B^{T}\,\ddot{P}_{BB}\,\underline{\ddot{d}}_{BB})_i \qquad i=1,2,3,...,n \tag{3.125}$$

(3.125) bağıntısından bulunan, noktalara ait olan R ayrıklık payı en büyük olan

$$R_{max}=\max(R_i) \tag{3.126}$$

noktada (1-α) istatistiki güven ile deformasyon var demektir.

Ağda deformasyon olan herhangi bir noktanın olup olmadığını bulmak için $\ddot{d}$ ve $\ddot{Q}_{dd}$ matrislerine S dönüşümü ile kalan (p-1) noktadan faydalanarak yeni bir datum verilir. Bu durumda $\ddot{G}$ matrisi geriye kalan noktalar arasından hesaplanır.

$$\ddot{S}_i=\ddot{I}-\ddot{G}(\ddot{G}\ddot{G})\ddot{G}^{T} \tag{3.127}$$

$$\ddot{d}_i=\ddot{S}_i\ddot{d} \tag{3.128}$$

$$\ddot{Q}_{ddi}=\ddot{S}_i\ddot{Q}_{dd}\ddot{S}_i^{T} \tag{3.129}$$

i. datum sönüşümü işleminden sonra oluşan fark vektörü

$$\ddot{d}=\begin{bmatrix}\ddot{d}_D\\ \ddot{d}_N\end{bmatrix}=\ddot{S}_i\begin{bmatrix}\ddot{d}_F\\ \ddot{d}_B\end{bmatrix}=\ddot{S}_i\ddot{d} \tag{3.130}$$

biçiminde alt matrislere ayrılır. Burada $\ddot{d}_D$ datum dönüşümüne katılan $\ddot{d}_N$ ise datum dönüşümüne katılmayan noktaları simgelemektedir. $\ddot{d}_i$ vektörünün $\ddot{d}_F$ ve $\ddot{d}_B$ alt vektörlerine ayırma işlemi, toplam ayrıklıktaki paylar en büyük olan noktaların tümü $\ddot{d}_B$ de kalacak şekilde gerçekleştirilirse i. adımdan sonra kalan ayrıklık ise

$$R_{kalan}=\ddot{d}_D^T\,\ddot{Q}_{DD}^T\,\ddot{d}_D \tag{3.131}$$

bağıntısından hesaplanır. Kalan ayrıklığın serbestlik derecesi ise

$$h_d=h-m \tag{3.132}$$

m: Deformasyon bulunan noktanın koordinat sayısı

olarak, olasılık bağıntısı ise

$$P\{\ T_D=\frac{R_{kalan}}{s^2h_D} > F_{h_D}(h_d,f,1-\alpha)\ :\ H_0\ \}\ =\ \alpha \tag{3.133}$$

Bulunan test değeri olasılık değerinden büyük ise ağda deformasyon olan başka noktalarda olduğu anlamına gelmektir. Böyle bir durumda, (i+1). belirleme adımına geçilir ve eşdeğer olmayan noktaların belirlenmesi işlemi tekrar yapılır [47], [48].

3.13 Bağıl Güven Elipsleri Yöntemi İle Deformasyon Analizi

Ana tasarımı 1975 yılında gerçekleştirilmiş bir deformasyon analizi tekniğidir. Bu yöntem 2 dönem ölçünün birlikte olarak dengelendiği geometrik olarak yer değiştirmelerin bulunabildiği grafiksel bir yorumlama yöntemdir [48].

3.13.1 Referans Noktalarının Belirlenmesi

İki farklı ölçü döneminin dengelemesinde aynı yaklaşık koordinatların kullanılması durumunda bile ağın datumu farklı olmaktadır. Bağıl Güven Elipsleri yöntemine göre gösterim yapılabilmesi için sabit referans noktalarının belirlenmesi gerekir. Jeodezik kontrol ağı ilk aşamada referans ve obje grupları olarak sınıflandırılır. Ayrılan bu bölümlerin uygunluğunun kontrol edilmesi için ölçüler tek bir parça olarak dengelenir. Sıfır ve seçenek hipotezleri kurulur. Dönemlerin birlikte değerlendirilmesi durumundaki fonksiyonel model

$$\begin{bmatrix} \ddot{l}_1 \\ \ddot{l}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \ddot{v}_1 \\ \ddot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{A}_{R1} & \ddot{A}_{O1} & 0 \\ \ddot{A}_{R2} & 0 & \ddot{A}_{O2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_R \\ \ddot{x}_{o1} \\ \ddot{x}_{o2} \end{bmatrix} \quad (3.134)$$

olarak gerçekleşir. Burada

$\ddot{x}_R$: referans noktaları koordinat bilinmeyenler matrisi

$\ddot{x}_{o1}$: ilk dönem ölçmelerindeki obje noktaları koordinat bilinmeyenleri matrisi

$\ddot{x}_{o1}$: ikinci dönem ölçmelerindeki obje noktaları koordinat bilinmeyenleri matrisi

dir. Bunun neticesinde Ω ve Ω_H formu oluşmuş olur. H koşullarının sayısı

h= m (Referans noktası sayısı) – d

şeklinde gerçekleşir. Burada m ağın boyutunu göstermektedir. Test büyüklüğü ise α istatistiki yanılma olasılığı için F { h,f,α } test değerinden büyük değilse ağın tüm referans noktalarının stabil olduğu sonucuna varılır. Tersi durumlarda ise (3.134) modelinde hareketli olan referans noktaları adım adım araştırılır. Yeni fonksiyonel model ise

$$\begin{bmatrix} \ddot{l}_1 \\ \ddot{l}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \ddot{v}_1 \\ \ddot{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ddot{A}_{R1} & \ddot{A}_{R1i} & 0 & \ddot{A}_{O1} & 0 \\ \ddot{A}_{R2} & 0 & \ddot{A}_{R2i} & 0 & \ddot{A}_{O2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_R \\ \ddot{x}_{R1i} \\ \ddot{x}_{R2i} \\ \ddot{x}_{o1} \\ \ddot{x}_{o2} \end{bmatrix} \quad (3.134)$$

şeklinde kurulur. Burada

$\ddot{x}_{R1i}$: R_i noktasının t_1 ölçme dönemindeki koordinat bilinmeyenleri

$\ddot{x}_{R2i}$: R_i noktasının t_2 ölçme dönemindeki koordinat bilinmeyenleri

ni göstermektedir. Her defasında düzeltmelerin karelerinin ağırlıklı toplamı bulunur ve en küçük değeri alan noktanın hareketli olduğu sonucuna varılır. Yeni durumdaki test büyüklüğü ise

$$T(i) = R(i)_{min} /(h-m)(f/\Omega) \quad (3.135)$$

dir. Burada m ağın boyutunu temsil etmektedir. Hareketli bulunan nokta bir sonraki aşamada obje noktası olarak değerlendirilir. Böylelikle ağdaki deformasyonların belirlenmesi için gerekli olan hareketsiz noktalar bulunana kadar işlemler devam ettirilir.

3.13.2 Deformasyonların Yerelleştirilmesi

Referans noktalarının yer değiştirip değiştirmediği tespit edildikten sonra hangi obje noktasının deforme olduğunun bulunması için deformasyonların yerelleştirilmesi gerekmektedir. Dengeleme işlemleri sonucunda oluşan her bir noktanın fark vektörü ve ters ağırlık matrisleri

$$\ddot{d} = \ddot{x}_2 - \ddot{x}_1 \tag{3.136}$$

$$\ddot{Q}_{dd} = \ddot{Q}xx_1 + \ddot{Q}xx_2 \tag{3.137}$$

şeklinde hesaplanır. Ağın iki boyutlu olduğu durumlara göre geçerli olan herhangi bir noktaya göre fark vektörü, sıfır hipotezi ve ters ağırlık matrisi

$$\ddot{d} = \begin{bmatrix} \ddot{x}_{2i} - \ddot{x}_{1i} \\ \ddot{y}_{2i} - \ddot{y}_{1i} \end{bmatrix} \tag{3.138}$$

$$H_0 : \{ E(\ddot{d}i) \} = 0 \tag{3.139}$$

$$T_i = \frac{d_i^T Q_{di}^+ d_i}{m s_0^2} \tag{3.140}$$

m: Ağın boyut parametresi

şeklinde gerçekleşir. Burada s_0^2 her iki ölçü döneminin ortak standart sapması olmak üzere test büyüklüğü sınır değerden büyükse deformasyon olmuş aksi durumda ise H_0 sıfır hipotezi geçerli demektir. Yukarıdaki bağıntılar kullanılarak bu yönteme göre deformasyonun grafiksel yorumunun yapılabilmesi için gerekli eşitlikler ise

$$w_i = \sqrt{\frac{1}{2}\left(q_{xxi} - q_{yyi}\right)^2 + 4\, q_{yxi}} \tag{3.141}$$

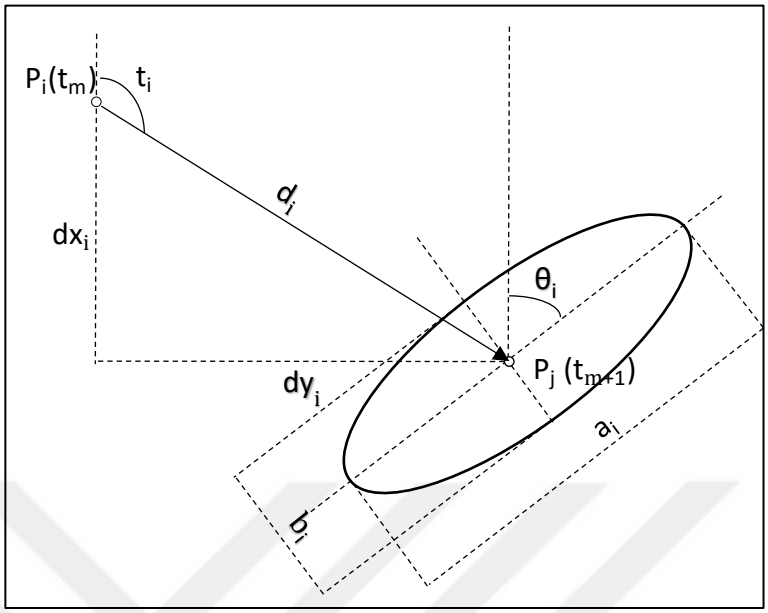
$$a_i = \sqrt{\frac{1}{2}\left(q_{xxi} + q_{yyi} + w_i\right)} \quad \text{i. Noktanın Büyük Yarı Ekseni} \tag{3.142}$$

$$b_i = \sqrt{\frac{1}{2}\left(q_{xxi} + q_{yyi} + w_i\right)} \quad \text{i. Noktanın Küçük Yarı Ekseni} \tag{3.143}$$

$$\theta_i = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left(\frac{q_{xyi}}{q_{xxi} - q_{yyi}}\right) \quad \text{i. Noktaya ait Elipsin Dönüklüğü} \tag{3.144}$$

yukarıdaki gibidir. Fark vektörleri ve yukarıdaki eşitliklere göre bulunan her bir noktanın elips parametreleri, ölçekli olarak çizilir. Fark vektörleri bu elipsin içerisinde kalıyorsa i.

nokta deformasyona uğramamış demektir, aksi durumda ise noktada deformasyon olmuştur [48], [49].



Şekil 3.5 Bir P_j noktasının bağıl güven elipsi

BÖLÜM 4

UZAY KONUM BELİRLEME TEKNİKLERİ

4.1 Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS)

İlk olarak 1973 yılında ABD Savunma bakanlığı tarafından NAVSTAR–GPS adıyla başlayan uydu bazlı konum ve zaman belirleme sistemleri; 24 saat boyunca her türlü hava durumu koşularında askeri konum belirleme amacıyla oluşturulmuştur. Yeryüzünden yaklaşık olarak 20200 km yükseklikte ve ekvator ile 55 derecelik açı yapan 6 ayrı yörünge düzlemine ve her yörüngede 4 uydu yerleştirilmiş 25 adet GPS uydusundan oluşmaktadır. Bu uydular 11 saat 15 dakikada tam bir devir yapmaktadır [50]. İlk başlangıç yıllarında askeri amaçlar için kullanılan bu sistem, gelişen teknoloji ve ihtiyaçlar doğrultusunda sivil kullanıma açılması kararlaştırmış ve bununla birlikte uydu bazlı konum belirleme sistemlerinin sivil amaçlı kullanımı artmıştır.

GNSS'in sivil amaçla kullanım nedenleri

- Kara, deniz ve hava araçlarının navigasyonu
- Jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmeler
- Kadastro ölçmeleri
- Araç takip sistemleri
- Depremlerin önceden tahmin edilmesi

şeklinde sıralanabilir [51].

Günümüzde çeşitli ülkeler tarafından geliştirilmekte ve kullanılmakta olan faklı sistemler bulunmaktadır. Bunlar Amerika Birleşik Devletleri tarafından GPS, Rusya Federasyonu

tarafından GLONASS, Avrupa Birliği tarafından Galileo, Çin Halk Cumhuriyeti tarafından Beidou, Hindistan tarafından IRNSS, ve Japonya tarafından ise QZSS sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerden GPS ve GLONASS dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.2 GNSS Konum Belirleme Teknikleri

GNSS de kullanılacak olan ölçme türü istenilen duyarlılığa ve amaca göre değişkenlik göstermektedir. Elde edilen konum bilgisi kullanılan alıcı tipine, markasına uydu sayısına, gözlem süresine ve uyduların konumuna göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Bir noktanın konumu doğrudan doğruya saptanabiliyorsa o yönteme mutlak konum belirleme (Point Positioning), eğer noktanın konumu çeşitli noktaların konumlarının birbirine göre bulunması ile gerçekleştirilmekte ise o yönteme bağıl konum belirleme (Relative Positioning) denmektedir.



Şekil 4.1 GNSS konum belirleme yöntemleri [52]

4.2.1 Mutlak Konum Belirleme

Bu yöntemde bir alıcı ile 4 veya daha fazla uydu görülmesi şartıyla kod gözlemleri yapılarak nokta koordinatları belirlenmektedir. GNSS alıcısının koordinatı kod bilgisine

(P kod ve C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenmektedir. Bu teknikte alıcının durağan bir şekilde gözlem yaparak koordinatlarının bulunması şeklinde olursa “Statik Yöntem” eğer alıcı hareket halinde iken koordinatları hesaplanıyorsa “Kinematik Yöntem” olarak adlandırılır [53]. Mutlak konum belirlemede kısa süreli veri toplayarak 5-10 m duyarlıkla konum belirlemek mümkündür [54].

4.2.2 Bağıl Konum Belirleme

Bu yöntem ile konum belirleme işlemi iki farklı uydu alıcısı ile aynı uydulara eş zamanlı olarak kod veya faz ölçümleri yapılmaktadır. Bağıl konum belirleme tekniği ile belirlenen konum doğruluğu mutlak konum belirleme tekniği ile belirlenmiş olan doğruluktan çok çok iyidir. Bu yöntemde elde edilen doğruluk ise 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir [55].

Bağıl Konum belirleme amacıyla tasarlanmış olan çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemler;

- Statik Ölçü Yöntemi
- Hızlı Statik Ölçü Yöntemi
- Tekrarı Ölçü Yöntemi
- Kinematik Yöntem

şeklinde sıralanabilir.

4.2.2.1 Statik GPS

Statik GPS yöntemi daha çok güvenilir ve yüksek duyarlık isteyen çalışmalar için kullanılmaktadır. Bu teknikte S/A etkisinin olmadığı çok kısa süreli gözlemlerde yaklaşık olarak 10 m civarında bir doğruluğa ulaşılabilmektedir. 20 km ve üstündeki bazların çözümünde kullanılmaktadır. Ölçümlerin süresi uzun (1 saat ve üzeri) ve bazın uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Kayıt aralığı ise 10 saniyedir [55]. Bu yöntemde bazlar 5 mm+ 1 ppm hassasiyetinde ölçülebilmektedir. Uzun baz uzunluklarının söz konusu olduğu durumlarda en ideal gözlem türüdür. Statik GPS yönteminde toplanmış olan verilerin işlenmesi büroda en uygun GPS değerlendirme yazılımları ile yapılır. Başlangıçtaki tam dalga sayısını bulmak için 0.5–2 saat arasında değişen bir gözlem süresi

gerekmektedir [56]. Bu süre istenilen doğruluk, görünen uyduların sayısı, uydu geometrisi (DOP) , kullanılan alıcının tek ya da çift frekanslı olması, alıcıların arasındaki mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Bu yöntemin kullanılma amacı ise;

- Ülke Nirengi Ağlarının güncelleştirilmesi
- Ulusal ve Kıtasal ağların ölçümü
- Tektonik hareketin izlenmesi
- Güçlü yer hareketlerinin (Deprem, fay hattı volkanizma, heyelan) izlenmesi
- Yüksek doğruluk gerektiren özel ölçmeler
- İyonosfer ve troposfer etkilerinin göz önüne alınması gerektiğinde

şeklinde sıralanabilir [57].

Hızlı Statik GPS

Bu yöntem çift frekanslı alıcılar için geliştirilmiştir. Genel olarak hassasiyeti düşük çalışmalar(Fotogrametrik haritacılıktaki yer kontrol noktaları vb.) için kullanılmaktadır. Hızlı statik yöntemin genel olarak statik yöntemde farkı baz uzunluğunun 20 km'nin altında olmasıdır. Bu teknik ile bazlar 5–10 mm + 1 ppm hassasiyetinde ölçülebilir [57]. Hızlı Statik GPS yöntemi; kolay, hızlı, etkili, ekonomik olması nedeniyle yönünden avantajlıdır fakat bu yöntem sadece kısa bazların ölçülmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde ölçüm süresi noktalar arasındaki baz uzunluğuna ve uyduların geometrisine bağlı olarak değişmektedir. Gezen alıcı koordinatı bilinmeyen nokta üzerinde 5 ila 15 dakika arasında bekletilerek ölçüm işlemi yapılır. Baz uzunluğunun 15-20 km arasında değiştiği durumlardaki uydu sayısı ve ölçüm süresi arasındaki ilişki [54]'den yararlanılarak oluşturulan Çizelge 3.2'de görülebilir.

Çizelge 4.1 Uydu sayısı ile gözlem süresi arasındaki ilişki [54]

Uydu Sayısı	Ölçüm Süresi
4	20 dakika üzeri
5	10–20 dakika
6+	5–10 dakika

Güvenilirliği arttırmak için 2 sabit alıcıdan iki vektör ile ya da 1 alıcıdan iki farklı zamanda 2 vektör ile noktaya ulaşılmalıdır [53]. Kayıt aralığı 5–10 saniyedir. Bu yöntem L_1 ve L_2 frekanslarındaki kod ve faz gözlemlerini kombinleyerek baz uzunluğunu hesaplar doğruluk ise cm dolayındadır. Bu yöntem;

- Kontrol ölçmeleri
- Ülke Nirengi Ağlarının Sıklaştırılmasında
- Hassas poligon ölçümü vb.

amaçları için kullanılmaktadır.

4.2.2.2 Tekrarlı Ölçü

Bu yöntem; statik ve kinematik ölçüm arasında bir teknik olarak nitelendirilmektedir. Bunun nedeni ise bir alıcı sabit olarak kurulu iken diğer alıcı veya alıcılarda statik ölçüdeki gibi 10 dakika civarında statik ölçüm yapılması ve daha sonra tekrar ölçüm yapılmasıdır. Gözlemlerde değişen uydu geometrisinden yararlanılır. Ölçümler en fazla 4 saat içerisinde tekrarlanmalıdır. Değerlendirme yapılırken her iki epoktaki ölçüler tek bir seferde yapılmış gibi düşünülür ve var olan bütün uydular kullanılır. Yöntemin doğruluğu ise 5-10 mm + 1 ppm şeklinde gerçekleşmektedir [55].

4.2.2.3 Kinematik GPS

Bu yöntemde başlangıçtaki tamsayı belirsizliğini çözmek için 5 uydu gerekmektedir. Başlangıç tam sayı belirsizliği çözüldükten sonra en az 4 adet uydunun görülmesi zorunludur. Bu yöntemde ölçüm yapılabilmesi için çift frekanslı alıcıların kullanılması gerekmektedir.

Son yıllarda kullanımı artan bu yöntem gerçek zamanlı ölçülerde kullanmak amacıyla tasarlanmıştır. İki adet GNSS alıcısına ek olarak bu alıcılar arasındaki bağlantıyı sağlayacak radyo modem gerekmektedir. Bu yöntemde bir alıcı konumu bilinen bir yere tatbik edilirken bir diğer alıcı ise hareket halindedir.

Bu yöntemde konum belirleme bilinen bir noktanın konumu aracılığıyla bilinmeyen bir noktanın koordinatları bulunması ile olmaktadır. Diğer bir ifadeyle bağıl konum belirleme iki nokta arasındaki baz vektörünün belirlenmesi olarak da ifade edilebilir. Bu

noktalardan bir tanesi koordinatları bilinen (A) noktası, diğeri ise koordinatları bilinmeyen (B) noktası ve aradaki baz uzunluğu vektörü de r_{AB} olarak tanımlanmaktadır.

Konum vektörleri r_A ve r_B arasındaki ilişki

$$r_B=r_A+r_{AB} \tag{4.1}$$

formüle edilebilir ve baz vektörünün bileşenleri r_{AB}

$$r_{AB} = \begin{bmatrix} X_B-X_A \\ Y_B-Y_A \\ Z_B-Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \\ \Delta Z_{AB} \end{bmatrix} \tag{4.2}$$

elde edilir [58]. Bu yöntemde genel doğruluk 1-2 cm +1ppm olarak değişmektedir [54]. Bu yöntemin en önemli avantajı ise gözlem süresinin çok kısa olmasıdır. Bu değer 10–20 saniye arasında değişmektedir.

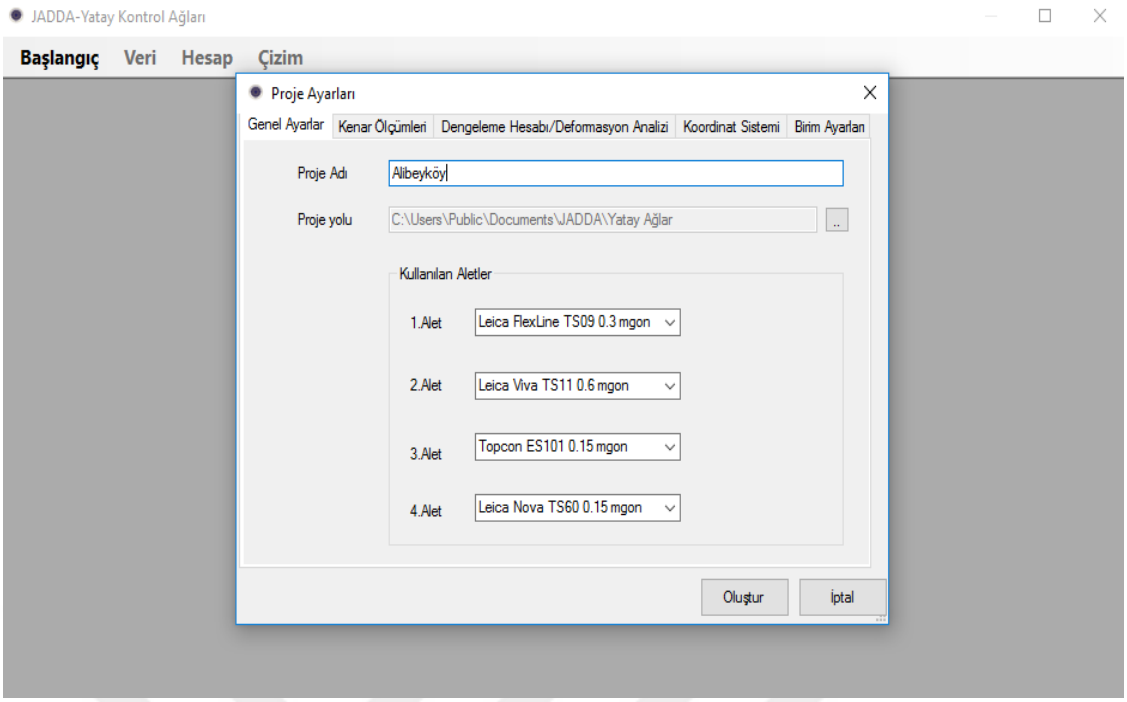
BÖLÜM 5

DENGELEME HESABI VE DEFORMASYON ANALİZİ YAZILIMI TASARIMI

Ulusal ölçekte dengeleme hesabı yapan ve deformasyonları analiz eden herhangi bir programın olmaması ve birden fazla döneme ait verinin olması nedeniyle bir programın tasarlanması kaçınılmaz olmuştur. Tasarlanan bu programa JADDA ismi verilmiştir. JADDA isimli programın ilk sürümü işlem kolaylığı nedeniyle Matlab yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Programın ilk sürümü ile ilgile detaylı bilgiye [59] aracılığıyla ulaşılabilir. Bu sürümün düşük kapasiteli bilgisayarları çok fazla zorladığı görüldüğü için programın 2. nesil sürümü Microsoft tarafından .Net teknolojisi için geliştirilmiş olan C# [60] programlama dili tercih edilmiştir. Bu tezde ise JADDA (Jeodezik Ağlarda Dengeleme ve Deformasyon Analizi) isimli yazılımın son sürümü anlatılacaktır.

5.1 Programda Kullanılan Dengeleme Hesabı İşleminin Akışı

Bilgisayar programcılığına yatkın olması nedeniyle tasarlanan JADDA isimli program en küçük kareler ilkesi ve dolaylı ölçüler dengelemesi kullanılarak yazılmıştır. Dengeleme hesabının işlem akışını açıklamak gerekirse; ilk olarak kullanıcı tarafından bir proje oluşturulur.



Şekil 5.1 JADDA programında kullanıcı tarafından proje oluşturuluması

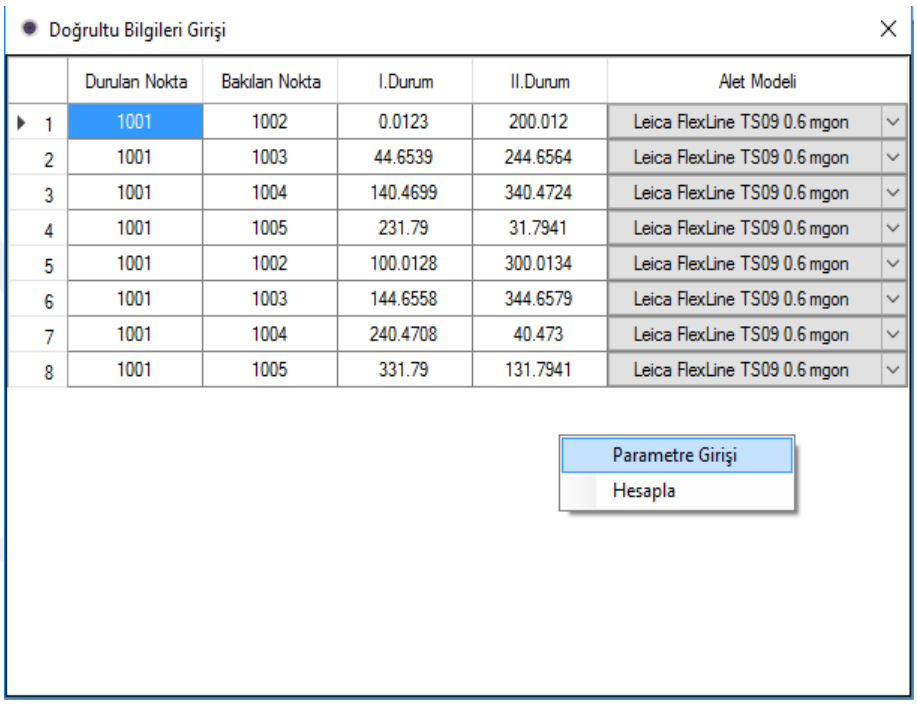
Proje oluşturulması kısmında kullanıcı, ölçü yapmış olduğu aletleri sisteme girer. Kullanıcı eğik ya da yatay kenar olmak üzere ölçmüş olduğu kenar türünü girer. Kullanıcı kenar ölçümleri sekmesinden isteğe bağlı olarak atmosferik düzeltme, yükseklik indirgemesi ve projeksiyon düzeltmesi seçeneklerini de seçilebilir.

Yazılımın yatay konum ağları için üretilen sürümünde kullanıcı, Dengeleme Hesabı/Deformasyon analizi sekmesinde isterse dayalı dengeleme, kısmi iz ve serbest ağ dengelemesi yöntemlerini seçebilir. Kullanıcı serbest ağ dengelemesini seçecek olursa; sistem tarafından deformasyonların analizlerinin yapabilmesi için ayrıca bir sekme oluşturulur. Kullanıcı deformasyon analizi yapmak için bu sekmeye tıklayabilir.

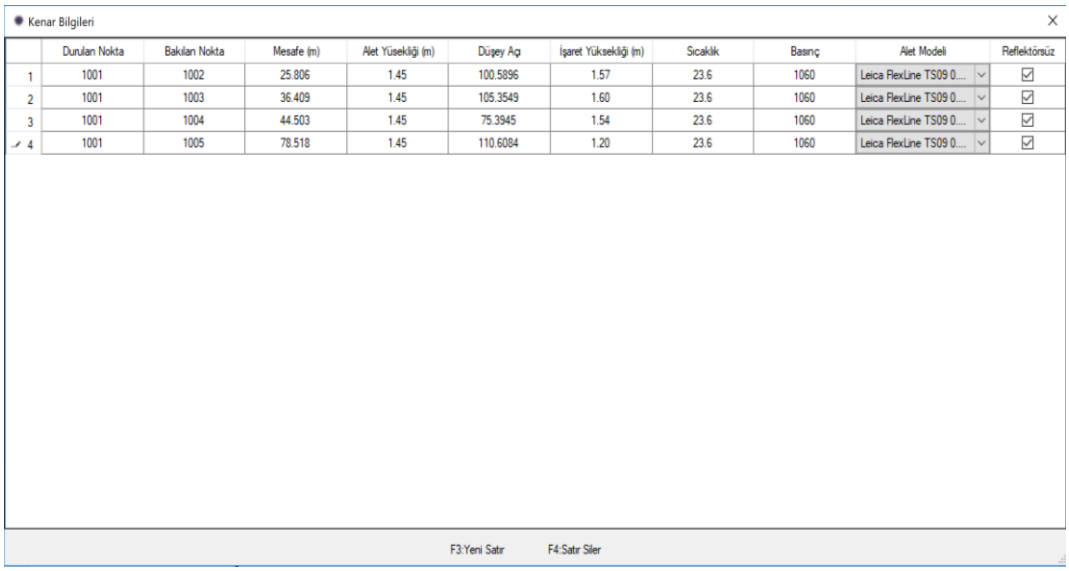
Nivelman ölçümleri için üretilen sürümde ise; nivelmanın doğası gereği kısmi iz minimum çözümü olmayacağı için ya dayalı dengeleme ya da serbest ağ dengelemesi seçilir. Serbest ağ dengelemesi seçilirse yatay konum ağındaki gibi deformasyon analizi seçilebilir.

Koordinat Sistemi sekmesinde çalışılmak istenen koordinat sistemi seçilir. Son olarak ise birim ayarları sekmesinden sıcaklık birimi olarak Celcius (C°), Kelvin (K°) ve Fahrenheit (F°); açı birimi olarak ^{cc} (saniye) ve mgon uzunluk birimi olarak metre ve feet basınç birimi olarak hpa, mm-Hg seçilebilir.

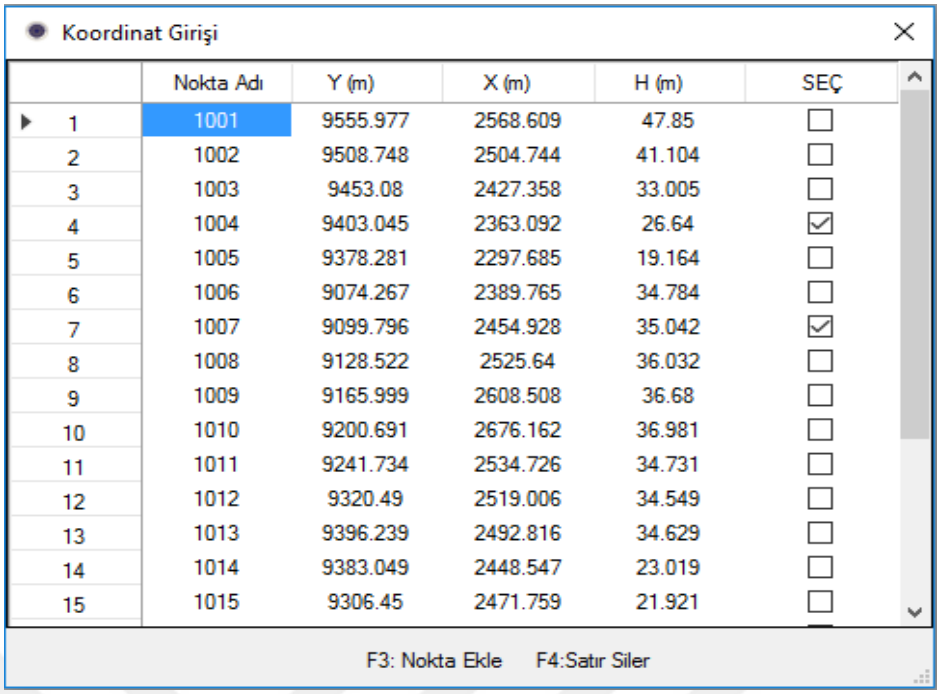
Proje oluşturulduktan sonra ise sisteme kullanıcı tarafından dengeleme hesabı yapabilmek için gerekli bilgiler girilir. Bu bilgiler yaklaşık koordinat bilgileri, trigonometrik ve geometrik nivelman için yükseklik farkları bilgisi, eğik/yatay kenar ve doğrultulardır. Kullanıcı, dayalı dengeleme yapmak istediğinde ise koordinat bilgileri sekmesinden açılan Koordinat girişi formundan sabit alınacak olan noktaları seçer. Burada önemli bir diğer nokta ise yatay ağlarda en az 2 noktanın, düşey ağlarda ise en az 1 noktanın seçili olması durumudur. Veri giriş panellerine ait arayüzler aşağıdaki şekildeki gibidir.



Şekil 5.2 Yatay doğrultu bilgileri girişi



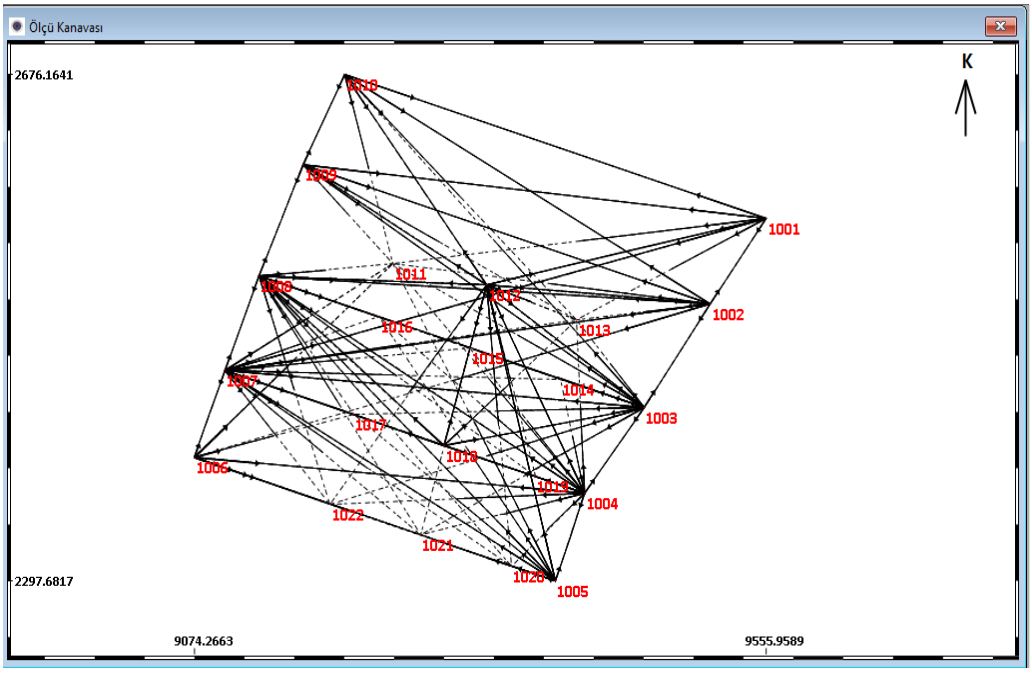
Şekil 5.3 Kenar bilgilerinin girişi



	Nokta Adı	Y (m)	X (m)	H (m)	SEÇ
1	1001	9555.977	2568.609	47.85	☐
2	1002	9508.748	2504.744	41.104	☐
3	1003	9453.08	2427.358	33.005	☐
4	1004	9403.045	2363.092	26.64	☑
5	1005	9378.281	2297.685	19.164	☐
6	1006	9074.267	2389.765	34.784	☐
7	1007	9099.796	2454.928	35.042	☑
8	1008	9128.522	2525.64	36.032	☐
9	1009	9165.999	2608.508	36.68	☐
10	1010	9200.691	2676.162	36.981	☐
11	1011	9241.734	2534.726	34.731	☐
12	1012	9320.49	2519.006	34.549	☐
13	1013	9396.239	2492.816	34.629	☐
14	1014	9383.049	2448.547	23.019	☐
15	1015	9306.45	2471.759	21.921	☐

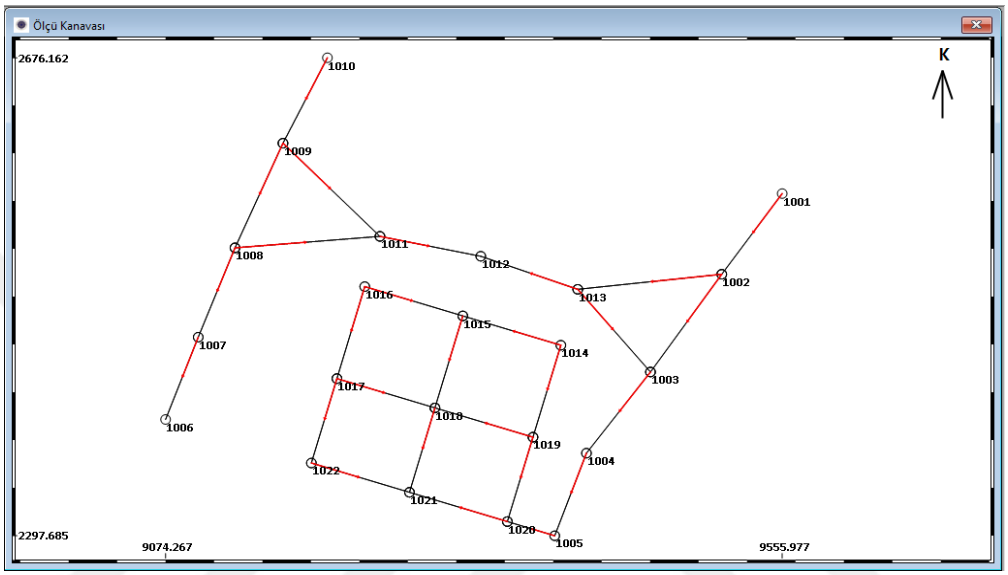
Şekil 5.4 Yaklaşık koordinatların girişi

Gerekli bilgiler girildikten sonra son aşamada girilen verilerin dengelenmesi işlemine geçilir. Dengeleme hesabında ise proje ayarlarında belirtilen çözüm türüne göre (Dayalı, kısmi iz, tüm iz Dengeleme) yapılır. Kullanıcı isterse yapmış olduğu gözlemleri ölçüm kanavasında, isterse noktaların konum hata elipslerini görebilir ve hatta yazıcıdan çıktı da alabilir. Program arayüz görüntülerine örnek olarak Şekil 5.5, 5.6, 5.7'ye bakılabilir.



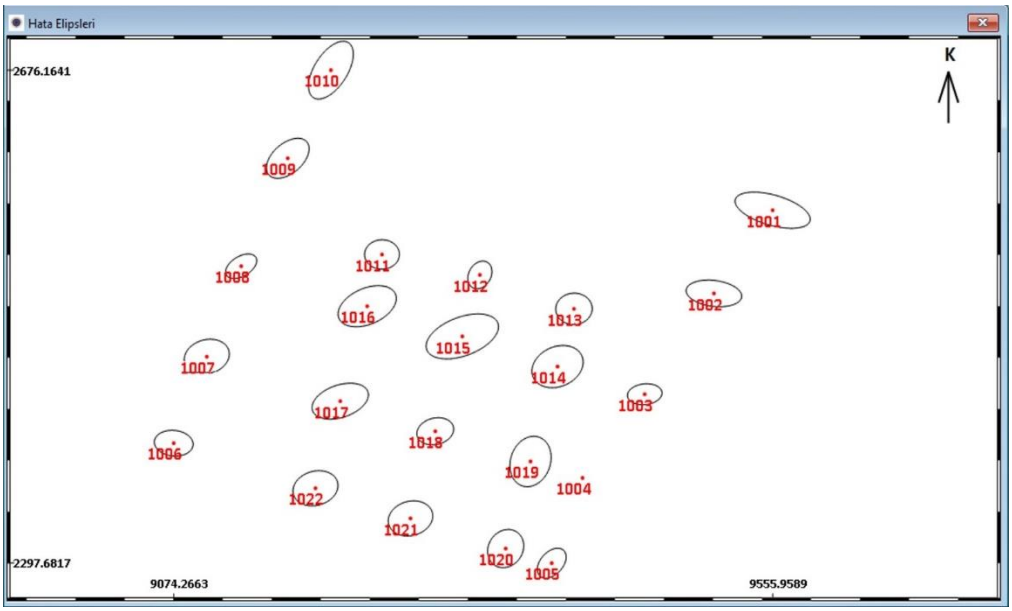
Şekil 5.5 Yatay ağlar için ölçüm kanavası

Şekil 5.5'teki okların başladığı yer, aletin kurulduğu noktayı işaret etmekte olup bitiş yönünün geçtiği uzantı ise gözlem sırasında bakılan noktayı göstermektedir. İki nokta arasında tek parça olarak düz çizgi bulunuyor ise noktalardan birbirlerine gözlemin yapıldığı anlamına gelmektedir. İki nokta arasında buluna kesik çizgiler ise, kesik çizginin başladığı taraftaki kısımda o noktadan çizginin diğer ucunu işaret etiği noktaya gözlemin mevcut olmadığı anlamına gelmektedir.



Şekil 5.6 Nivelman ağları için ölçüm kanavası

Şekil 5.6'daki kırmızı renkli oklar başlangıç kısmından başlamak üzere okun uç kısmının bittiği noktaya doğru yüksekliklerde artışın olduğunu göstermektedir.

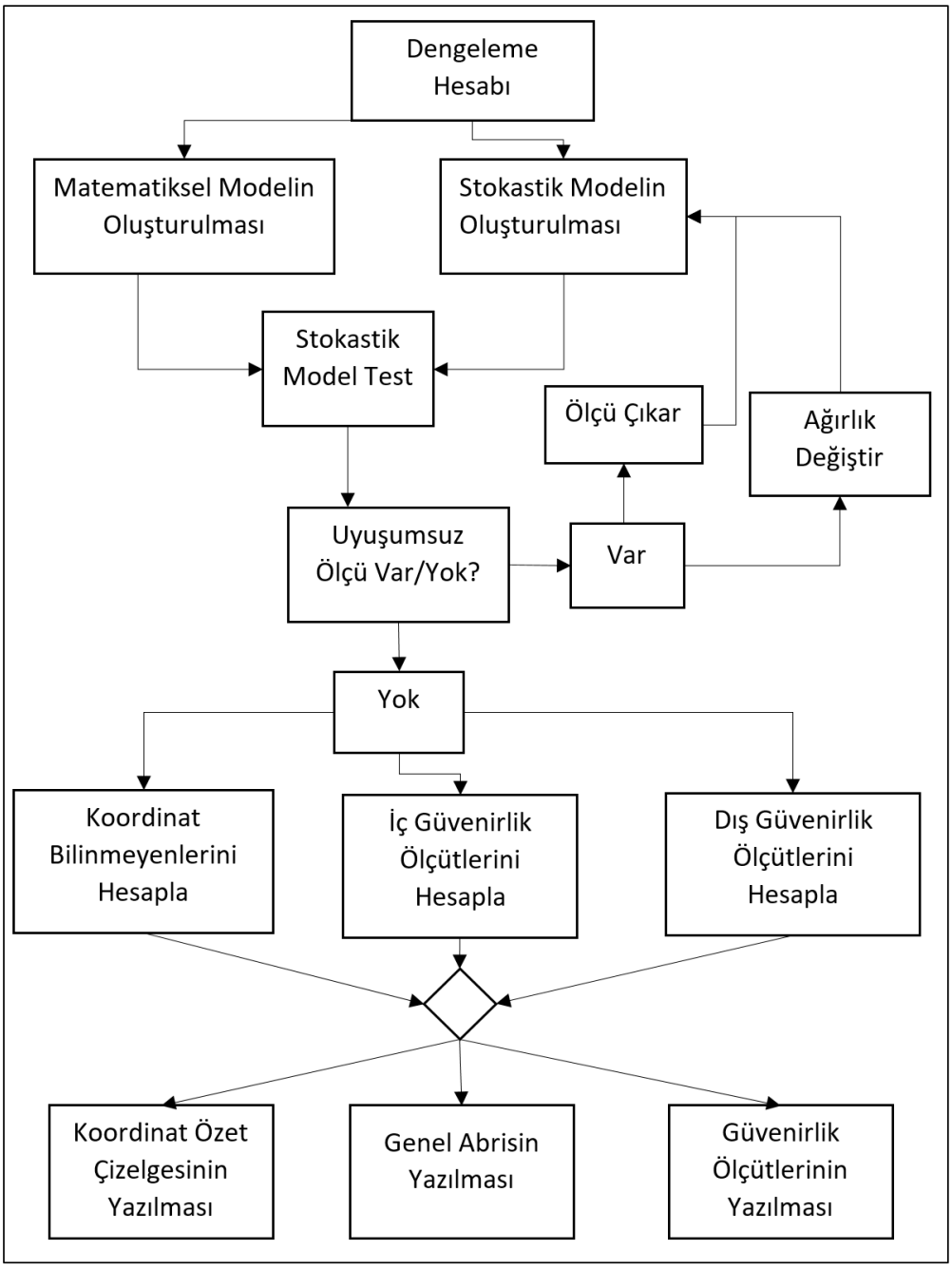


Şekil 5.7 Yatay ağlar için hata elipsleri

Şekil 5.7'deki grafik gösterimden noktaların yatay konum olarak konum hatalarının elipsleri görülmektedir.

Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7'deki bütün grafik gösterimlerde gösterilen koordinatlarda kuzey-güney yönündeki kısım en büyük ve en küçük X koordinatını, doğu-batı yönündeki koordinat bilgileri ise en büyük ve en küçük Y koordinatını göstermektedir.

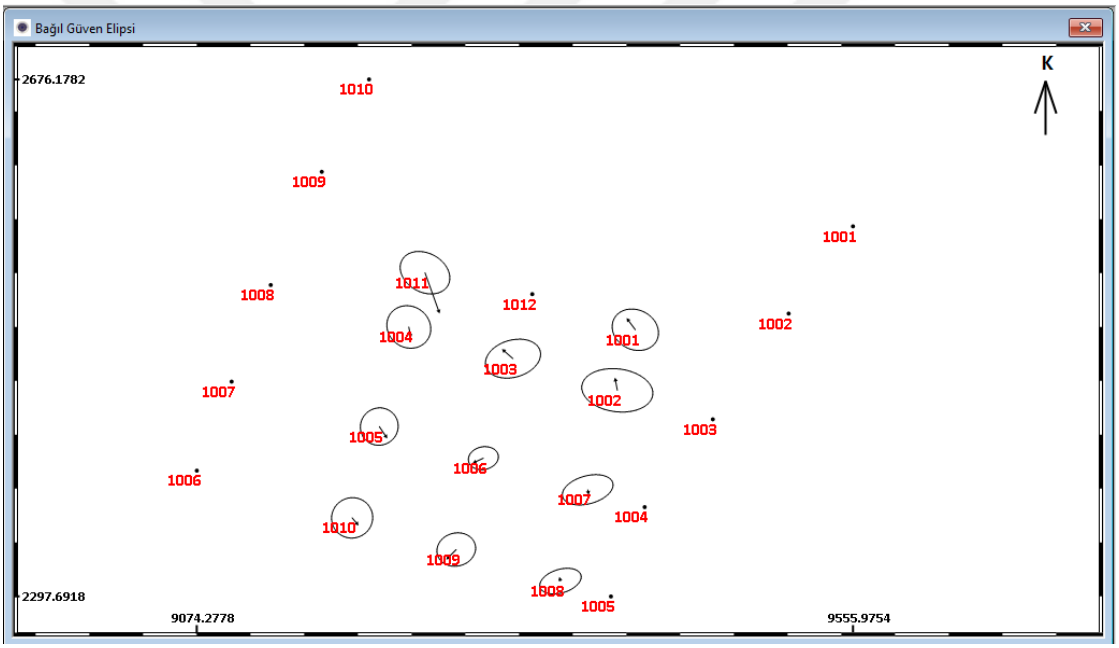
Tasarlanan programda kullanılan dengeleme hesabı işlem adımlarının akış şeması Şekil 5.8'de görülebilir.



Şekil 5.8 JADDA programında kullanılan dengeleme hesabı işleminin akış şeması

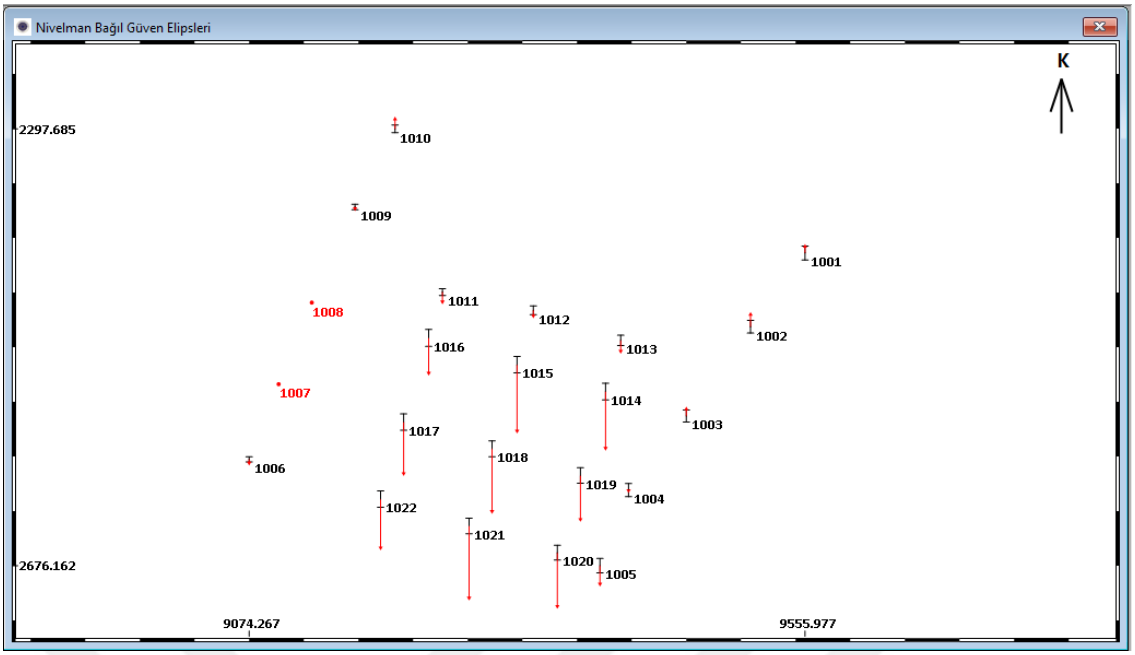
5.2 Programda Kullanılan Deformasyon Analizi İşlemin Akışı

Tanıtımı yapılan JADDA programında deformasyonların analizi için 2 farklı teknik kullanılmıştır. Bu yöntemlerden ilki Ortalama Ayrıklıklar Yöntemi ve Bağıl Güven Elipsleri yöntemidir. Deformasyon analizinin yapılabilmesi için ilk aşamada verilerin dengelenmesi gerekmektedir. Dengeleme işleminde uyuşumsuz ölçü çıkmazsa deformasyon analizi işlemine geçilir uyuşumsuz ölçü olması durumunda kullanıcı ya uyuşumsuz ölçüyü çıkarır ya da o ölçünün ağırlığını değiştirir. JADDA isimli programda deformasyon analizi yöntemlerinden Ortalama Ayrıklıklar yöntemi, deformasyon oluşan noktaların istatistiksel olarak bulunabilmesi için, Bağıl Güven Elipsleri Yöntemi ise deformasyonların grafiksel gösterimi için kullanılmıştır. Bu grafik gösterime ait örnek arayüz çıktıları ise Şekil 5.9 ve 5.10'da görülebilir.



Şekil 5.9 Yatay ağlar için bağıl güven elipsleri

Şekil 5.9'daki elipsler deformasyonların belirlenmesi sırasındaki sınır değerleri göstermektedir. Elipsin merkezinden geçen vektörler ise deformasyonların analizleri sırasında datumdan bağımsız olarak bulunan hareket vektörlerini tasvir eder. Elips içinde kalan vektörlerde hareketin anlamlı olmadığı, dışında kalan vektörlerde ise hareketin anlamlı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

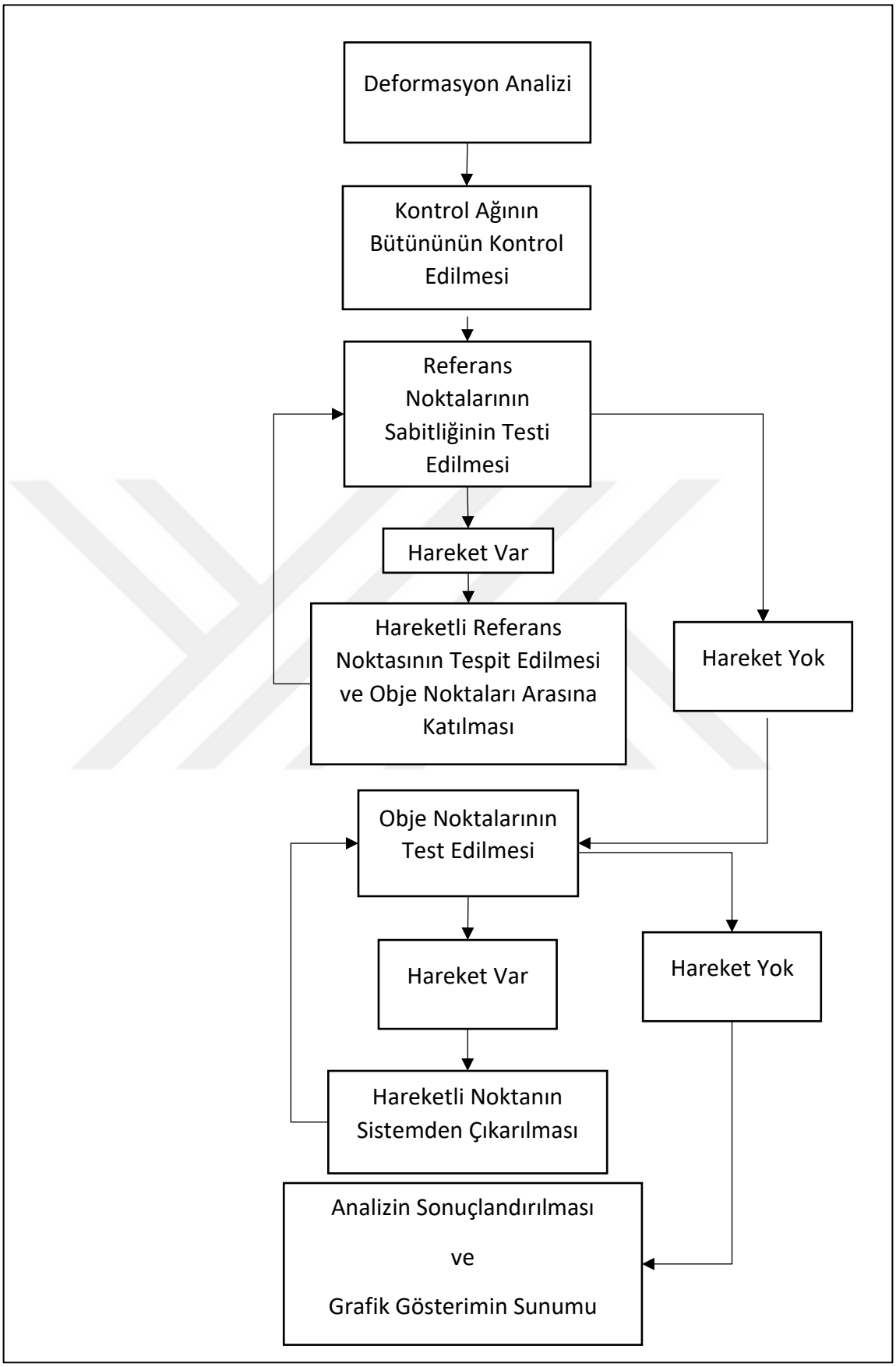


Şekil 5.10 Nivelman için bağıl güven elipsleri

Şekil 5.10'daki vektörler düşey yöndeki hareketin yönünü göstermektedir. Kuzey yönündeki ok ucu yükseklik artışının olduğu, güney yönündeki ok ucu ise yükseklikliklerde oturmaların olduğu anlamına gelmektedir.

Şekil 5.9 ve 5.10'daki grafik gösterimlerde nokta halinde tasvir edilen noktalar ise deformasyon analizleri sonucunda hareketin bulunmadığı referans noktalarını göstermektedir.

Programda kullanılan deformasyon analizi yönteminin akış şeması Şekil 4.11'de görülebilir.



Şekil 5.11 JADDA programında kullanılan deformasyon analizinin akış şeması

BÖLÜM 6

TARİHİ DAVUTPAŞA KIŞLASINDAKİ YAPISAL HAREKETLERİN İNCELENMESİ

6.1 Davutpaşa Kışlasının Tarihçesi

Tarihi Davutpaşa Kışlasının tarihinin uzun yıllara dayandığı düşünülmektedir. Bu geçmişin Roma imparatorluğuna kadar uzandığı düşünülmektedir. Ne yazık ki Roma imparatorluğu dönemine ait pek bir bilgi bulunmamaktadır. Kışlaya ilişkin ilk bilgiler ise; Fatih Sultan Mehmet'in, İstanbul'u fethi sırasında askerlerin konaklamasına burada izin verildiği ve sultanın otağının burada kurulması şeklinde olduğudur. Bu kışla Osmanlı Ordusu için çok önemli bir yere sahipti öyle ki Osmanlı ordusu Avrupa Seferlerine çıkış yapacağı zaman orduyu bu kışladan çıkarır ve ordunun seferden dönüş sonrası son noktası ise yine bu kışlaydı. Sultan II. Mahmut tarafından yeniçeri ordusunun kaldırılmasıyla Asakir-i Mansure-i Muhammediye adlı orduya kışla olarak tahsis edilmiştir. Mimarı kesin olarak bilinmese de ünlü Osmanlı mimarı Krikor Balyan olduğu düşünülmektedir. Yine inşaatının kesin tarihi bilinmese de yapının başlangıç ve bitiş tarihi 1826–1832 tarihleri arasında olduğu düşünülmektedir. Bina çeşitli yıllarda bazı sebeplerden dolayı zarar görmüştür.1844 yılında çıkan fırtınada çatısı yıkılmıştır. Balkan savaşları sırasında balkanlardan gelen göçmenler bu kışlaya yerleştirilmiştir. 20. Yüzyıla gelindiğinde ise kışla harap olmaya yüz tutmuştur. Cumhuriyet döneminde ise tekrardan onarılarak 1999 yılına kadar kışla olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise kışla Yıldız Teknik Üniversitesi kullanımına tahsis edilmiştir [61].



Şekil 6.1 Tarihi Davutpaşa Kışlası

6.2 Jeodezik Kontrol Ağının Tanıtılması

Tarihi Davutpaşa Kışlası'ndaki yapısal hareketlerin izlenmesi amacıyla kışlanın A Bloğu ve çevresine yatay konum ağ hesaplaması için Referans noktaları için 14 adet nokta zemine çivi şeklinde, 2 adet nokta (Şekil 5.2'de 5003 ve 5004 numaralı noktalar) ise pilye şeklinde tesis edilmiştir.Obje noktaları olarak ise kağıt reflektör şeklinde bina yüzeyine tesis edilmiştir.

Nivelman ölçümleri için 15 adet referans noktası olmak üzere 14'ü yatay konum ağı ile ortak olacak şekilde tesis edilmiş toplam 54 adet obje noktası bulunmaktadır.Yatay konum belirleme işlemleri için ise 15 adet referans noktası 54 adet obje noktası bulunmaktadır. Bu kontrol ağının genel yapısı Şekil 5.2'de görülebilir.



Şekil 6.2 Jeodezik kontrol ağındaki referans noktaları

6.3 Jeodezik Kontrol Ağındaki Ölçmeler

Davutpaşa kışlasındaki kontrol ölçmeleri ilk olarak 2011 yılı bahar döneminde yapılmaya başlanmış ve bu ağdaki jeodezik ölçmeler 2017 bahar dönemine kadar her yıl en az 1 dönem olacak şekilde devam etmiştir. Bu dönemlerdeki ölçümlerde yatay ve düşey yöndeki hareketlerin belirlenebilmesi için Leica TCRA 1201 model reflektörsüz okuma da yapabilen robotik total station kullanılmıştır. Bu total station'ın açı okuma doğruluğu 3^{cc}, mesafe okumaları ise reflektörlü ölçüm yapıldığında 2 + 2 ppm reflektörsüz okuma yapıldığında ise 5 + 5 ppm'dir. Robotik total station; jeodezik kontrol ağında referans noktalarına kurularak referans ve obje noktalarına yatay konum ölçmeleri için gözlemler yapılmıştır. Gözlemler 4 tam silsile olarak yatay doğrultu, düşey doğrultu ve eğik kenar şeklinde yapılmıştır.



Şekil 6.3 Total Station ile yapılan yatay konum ağı ölçmeleri

GNSS ölçümlerinde ise Topcon Hiper Plus model GPS+GLONASS alıcıları kullanılmıştır. Bu aletler ile yapılan gözlemler ise statik ölçüm prensibine göre her bir noktada en az 2 saat olacak şekilde yapılmıştır.

Düşey hareketlerin hassas olarak incelenmesi için ise geometrik nivelman yapılmıştır. Bu ölçüm işlemleri ise Leica DNA 03 model elektronik nivo ve Leica GPCL2 invar mira kullanılmıştır. Bu nivonun doğruluğu standart miralı ölçümlerde 1 mm, invar miranın kullanıldığı durumlarda ise 0.3 mm'dir. Geometrik nivelman gözlemleri gidiş dönüş olmak üzere 3 lup şeklinde yapılmıştır.

6.4 Jeodezik Kontrol Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Her bir dönemde yatay ve düşey ölçülere ait veriler gözlem verileri hakkında ön bilgilerin edinilebilmesi için dengelenmiştir. Kaba hata olduğu belirlenen ölçüler ise sistemden çıkartılmıştır. Bu dengelemeler sonucunda stokastik modeller her bir ölçü dönemi için test edilmiş ve stokastik modelin geçerli olmadığı dönemlerde Pope ve Baarda tarafından önerilen uyuşumsuz ölçüler testi yapılmış bu testler neticesinde uyuşumsuz olduğu tespit edilen ölçüler, ölçü sistematiği içerisindeki ağırlıkları ölçü uyuşumlu olana kadar tekrar tekrar değiştirilmiştir. Bu dengeleme hesabı işlemlerinde stokastik modelin oluşturulması için öncül varyans yatay ağ dengelemesinde 3^{cc} düşey ağ dengelemesinde ise 0.3 mm alınmıştır. Bu öncül varyanslar kullanılan aletlerin üreticileri tarafından

belirlenmiş olan doğrultu ve yükseklik okumalarının doğruluklarına ilişkin bilgilerden elde edilmiştir. Her bir ölçünün ağırlığının belirlenmesi için kullanılan standart sapma değerleri ise yatay konum ağılarında;

referans noktaları için yapılan mesafe ölçüleri için

ms_{Ri} =6 +6 S_{Ri} .ppm

obje noktaları için yapılan mesafe ölçüleri için

ms_{Oi} =15 +15 S_{oi} .ppm

[62]'de bir yatay doğrultunun standart sapması yaklaşık olarak 12 $^{cc'}$ ye kadar alınabileceği vurgulandığından yatay doğrultu ölçülerinin standart sapması

m_{ti} = 9^{cc}

hassas geometrik nivelman ölçülerinin standart sapması

m_{Gi} = 0.3 mm

trigonometrik nivelman ölçüleri için standart sapmalar ise ΔH yükseklik farkları robotik total station aracılığıyla yapılan düşey açı ve eğik mesafelerden türetildiği için

m_{Ti} = 15 mm

olarak alınmıştır. Ön dengeleme işlemleri bitirildikten sonra bu hesaplardan bulunan dengeli koordinatların ortalaması alınmış ve bu değerler sisteme yaklaşık koordinat olarak tanıtılarak tekrar dengelenmiştir.

GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi ise Leica Geo Office 5.0 isimli programında yapılmıştır. Bu programda GPS ve GLONASS uyduları birlikte kullanılarak ve uydu yükseklik açısı 10 ^{o} olacak şekilde, bazlar çözülmüştür. Baz çözümlemesi işlemleri için ise IGS istasyonlarından ISTA, TUSAGA Aktif istasyonlarından ISTN, Yıldız teknik Üniversitesi'nin işlettiği YLDZ noktası, İSKİ istasyonlarından KCEK, PALA ve PASA noktalarının 30 saniyelik verileri kullanılmıştır. Uyduların hassas efemeris parametreleri International GNSS Service (IGS)' den temin edilmiştir. Çözümleme sonucunda bulunan jeodezik koordinatlar, 3 derecelik transversal merkator projeksiyonuna 30 derece enleminde indirgenmiştir.

Nivelman ve Yatay ağ dengelemesi işlemlerinden elde edilen sonuçlara ait özet bilgiler ise Çizelge 6.1 ve 6.2'de görülebilir.

Çizelge 6.1 Yatay konum ağı dengelemesine ilişkin bilgiler

Ölçme Dönemleri	2011	2012	2014	2015	2016
Referans Noktası Sayısı	15	15	15	15	15
Obje Noktası Sayısı	41	41	41	41	41
Doğrultu Sayısı	89	101	91	68	89
Kenar Sayısı	87	101	94	74	95
Toplam Ölçü Sayısı	175	202	185	142	184
Bilinmeyen Sayısı	112	112	112	112	112
Serbestlik Derecesi	67	93	76	33	75
Öncül Varyans ± S_0	3^{cc}	3^{cc}	3^{cc}	3^{cc}	3^{cc}
Soncul Varyans ± M_0	3.38^{cc}	3.15^{cc}	3.35^{c}	2.79^{cc}	3.31^{cc}
Model Hipotezi Test D.	1.2719	1.1016	1.2504	1.1558	1.2169
Bulunan Test Değeri	1.3394	1.2699	1.3152	1.7833	1.3152
Ort. Konum Hataları	1.2 cm	0.9 cm	1.1 cm	1.2 cm	1.2 cm

Çizelge 6.2 Düşey konum ağı dengelemesine ilişkin bilgiler

Ölçme Dönemleri	2011	2012	2014	2015	2016
Ref. Noktası Sayısı	14	14	14	14	14
Ob. Noktası Sayısı	41	41	41	41	41
Geo. Yük. Farkı Sayısı	36	38	36	101	48
Trigo.Yük. Farkı Sayısı	86	50	77	64	79
Toplam Ölçü Sayısı	122	88	113	165	127
Bilinmeyen Sayısı	55	55	55	55	55
Serbestlik Derecesi	68	34	59	111	73
Öncül Varyans ± S_0	0.30mm	0.30mm	0.30mm	0.30mm	0.30mm
Soncul Varyans ± M_0	0.34mm	0.29mm	0.34mm	0.30mm	0.34mm
Model Hip. Test D.	1.2763	1.1054	1.3062	1.0248	1.2860
Bulunan Test Değeri	1.2977	1.4292	1.3207	1.1570	1.2868
Ort. Konum Hataları	1.62 mm	1.58 mm	1.44mm	1.23mm	3.50mm

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Yersel Ölçümlerin Sonuçları

Tarihi Davutpaşa kışlasındaki 2017 yılındaki yersel ölçümler tamamlanmadığı için 2011-2016 yılları arasındaki ölçümler incelenmiştir.

Yatay konum ağında total station kurulan noktalarda(referans noktaları) nokta konum hatalarının 2 nokta hariç 5 mm civarında olduğu görülmüş kâğıt reflektör şeklinde tesis edilen duvardaki obje noktalarının konum doğruluğu ise 10 mm ye kadar ulaştığı görülmüştür.

Referans noktalarının yüksekliklerinin belirlenmesi için yapılan hassas geometrik nivelman ve duvarda bulunan obje noktalarının yüksekliğinin belirlemek için yapılan hassas trigonometrik nivelman çalışmaları neticesinde referans noktalarının 0.7 mm obje noktalarının ise 2.5 mm civarında bir yüksekliklerde konum hatası bulunmuştur.

Kâğıt reflektör şeklindeki obje noktalarının okunan mesafe, yatay doğrultu ve düşey açıların elde edilmesi sırasında eğer bakılan nokta obje noktalarına dik bir şekilde bakış yapılmışsa sonuçların iyi olduğu gözlemler eğik bakış şeklinde oluştuğunda ise mesafelerin anormal şekilde değiştiği bulunmuştur.

Yatay konum ve düşey konum belirleme çalışmaları sonucunda dengeleme işlemleri yapıldıktan sonra dengelenmiş koordinatlar karşılaştırmaya tabi tutulmuş bu karşılaştırmalar neticesinde anlamlı farklar bulunmuştur. Bunun nedeni sökülen ve kaybolan noktalar yeniden tesis edilirken eski yerine tatbik edilememesinden kaynaklanmaktadır. Nokta değişimlerinin temel nedeni, yol asfaltlama ve kaldırım

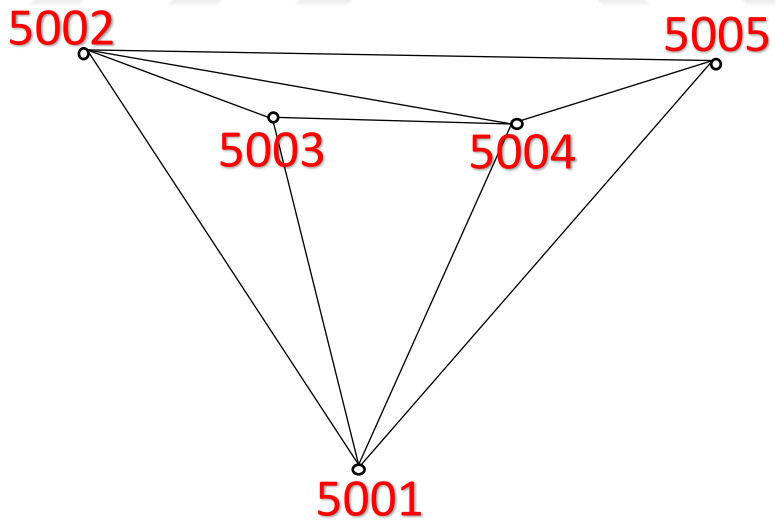
çalışmaları, kışlanın aktif olarak kullanılması sebebiyle öğrencilerin alt kısımdaki noktaları sökmesi nedeniyle değiştiği sonucuna varılmıştır.

Deformasyonların analizi için uygun olduğu görülen 2012-2016 sürecinde yapının A blok kısmının kışla avlusu yönünde 6-7 mm boyutlarında yer değiştirdiği aynı süreçte düşey yönde ise 1 cm civarında oturma olduğu gözlemlenmiştir.

Tarihi Davutpaşa kışlasının hareketlerinin izlenmesi sürecindeki karşılaşılan bütün olumsuzluklara karşın modern ölçme donanımlarından yararlanılarak ve verilerin değerlendirilmesinde geliştirilmiş yazılımlar aracılığıyla otomasyon sistemi oluşturularak tarihi eserlerdeki yapısal deformasyonların mm ler mertebesinde bir doğrulukla belirlenmesinin mümkün olacağı kanaatine varılmıştır.

7.2 GNSS Sonuçları

Tarihi Davutpaşa kışlasında yapılan GNSS ölçümleri sonucu dengelenen Rinex formatındaki veriler sonucunda 5 nokta arasındaki bazlar bulunmuş olup 2011 ve 2017 yılları arasındaki değişimler incelenmiştir. Bulunan bazların hangileri olduğu şekil 6.1'de görülebilir.



Şekil 7.1 GNSS çalışmaları sonucunda bulunan bazlar

5003-5004 bazının 6 yıllık süreçte 3 milimetrelik bir fark bulunmuş 5002-5005,5004-5005 ve 5001-5005 bazlarında ise cm civarında bir baz değişimi bulunmuştur. Bunun temel nedeni ise yola asfaltlama çalışmaları nedeniyle 5005 numaralı noktanın yerinin değişmesidir. Bu bazlar göz ardı edildiği takdirde diğer bazlarda yaklaşık olarak 3 cm lik

bir farkın olduğu görülmüştür. Bu netice bize ağda deplasmanın olduğu sonucunu göstermektedir.

Çizelge 7.1 GNSS çalışmaları sonucunda bulunan bazlar ve bunların farkları

Nokta No	2011 yılı bazı (m)	2017 yılı bazı (m)	Baz Farkı(mm)
5001-5002	183.2459	183.2759	-30.0058
5001-5003	156.7689	156.8067	-37.8205
5001-5004	154.4364	154.4622	-25.7910
5001-5005	157.9316	157.5818	349.7106
5003-5004	19.9263	19.9238	2.4339
5004-5005	45.4910	45.4601	30.9121
5002-5003	36.4054	36.4188	-13.4048
5002-5005	98.3804	98.4262	-45.7795

GNSS çalışmaları sonucunda rinex formatındaki verileri çözüp dengeleyebilecek ve sonrasında deformasyon analizi yapabilecek bir programın yazılması ve JADDA isimli programa entegre edilerek online olarak kullanıcılara sunulması yerlilik açısından uygun görülmüştür.

Kaynaklar

[1] Algül, E., (1983). "Gökçekaya Barajında Deformasyon Araştırması", DSİ Teknik Bülteni, 21-41.

[2] Doğanalp, S., Turgut, B. ve İnal, C., (2006). "Yükseklik Ağlarında Θ2 Ölçütü ve Kalman Filtreleme Yöntemi ile Deformasyon Analizi", Selçuk-Teknik Dergisi, 5.

[3] Bayrak, T., (2006). "Yamula Barajında Deformasyon Analizi", Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1: 1-12.

[4] Kalkan, Y., (2009). "Atatürk Barajında Deformasyon İzleme Çalışmaları ve Düşey Deformasyon", 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı ,Ankara.

[5] Erkaya H., Hoşbaş, R.G., Gülal V.E., Ersoy, N., Doğan, U., Pırtı, A., Soycan, M., Öcalan, T., Aykut N.O., Akpınar, B. ve Poyraz, F., (2009). "Beton Kemer Barajlarda Deformasyonların Modern Ölçme Teknikleri ile Belirlenmesi", 12. Türkiye Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.

[6] Hoşbaş, R.G., Erkaya, H., Ersoy, N. ve Gülal, V.E., (2007). "Alibey Barajında Düşey Değişimlerin Jeodezik Yöntemlerle İzlenmesi", 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Konya.

[7] Taşçı, L., (2010). "Aliyman Yöntemiyle Baraj Kreti Üzerindeki Obje Noktalarının Yatay Konum Değişimlerinin İzlenmesi", Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22 (1): 123-134.

[8] Pytharouli, S.I. ve Stiros, S.C., (2005). "Ladon Dam (Greece) Deformation and Reservoir Level Fluctuations: Evidence for a Causative Relationship from the Spectral Analysis of a Geodetic Monitoring Record", Engineering Structures, 27: 361-370.

[9] Hudnut, K.W. ve Behr, J.A, (1998). "Continuous GPS Monitoring of Structural Deformation at Pacoima Dam, California", Seismological Research Letters, 69: 299-308.

[10] Gökalp, E. ve Taşçı, L., (2009). "Deformation Monitoring by GPS at Embankment Dams and Deformation Analysis", Survey Review, 41: 86-102.

[11] Beshr, A.A. , (2015). "Structural Deformation Monitoring and Analysis of Highway Bridge Using Accurate Geodetic Techniques", Engineering, 7: 488-498.

[12] Yiğit, C.Ö., İnal C., Li, X., Ge, L., Rizos, C., Yetkin, M., Arslan, M.H. ve Doğanalp, S., (2009). "Rixos Hotel Binasının Rüzgar Yükü Karşısındaki Tepkisinin GPS ve Yüksek Prezisyonlu Eğim Sensörü Verileri ile Analizi ve Sensörlerin Karşılaştırılması", 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Trabzon.

[13] Atasoy, V., (1984). "Jeodezik Deformasyon Ölçülerinin İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü,Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

[14] Uzuner, B.A., (1985). "Yapılarda Oturma ve Önemi"., Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi III. Mühendislik Haftası, s: 4-26.

[15] Hoşbaş, R.G., (1992). "Baraj Deformasyonlarının Belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi ve Bir Öneri", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[16] Uzel, T., (1991). Barajların Güvenliği, Yıldız Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

[17] Algül, E., (1983). "Barajlarda Jeodezik Deformasyon Ölçmeleri ve Analizi", Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[18] Atasoy, V. ve Öztürk E., (1984). "Jeodezik Deformasyon Ölçülerinin İrdelenmesi ve Sonuçların Yorumu", Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 27-40.

[19] Şişman, Y. ve Bektaş, S., (2010). "The Comparison of L1 and L2 Norm Minimization Methods", International Journal of the Physical Sciences, 5: 1721-1727.

[20] Bektaş, S., (2005). Endirekt ve Koşullu Ölçülerle Dengeleme Hesabı, 19 Mayıs Üniversitesi Yayınları, Samsun.

[21] Erdoğan, B., (2011). "Deformasyon Analizi Güvenilirliğinin Farklı Yöntemler İçin Araştırılması", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

[22] Koch, K.R., (1999). Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models, Berlin.

[23] Demirel, H., (2009). Dengeleme Hesabı, Yıldız Teknik Üniversitesi Basım-Yayın Merkezi, İstanbul.

[24] Bayrak, T., (2011). "Dengeleme Hesabı II-Ders Notları", Basılmamış Ders Notları. Gümüşhane.

[25] Öztürk, E. ve Şerbetçi, M., (1989). Dengeleme Hesabı Cilt II, KTÜ Yayınları, Trabzon.

[26] Hoşbaş, R.G., Erkaya, H. ve Gülal, E., (2003). "Baraj Deformasyonlarının Üç Boyutlu Geometrik Modelle İrdelenmesi", 3. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.

[27] Hoşbaş R.G., Pırtı A., Ersoy N., Öcalan T., (2014). "Alibey Barajında Düşey Değişimlerin Hassas Geometrik Nivelman Yöntemiyle İzlenmesi (2007 – 2014 Yılları Arası)", 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Çorum.

[28] Britz, T., Olesky, D.D. ve Driessche, P.V.D., (2004). "The Moore–Penrose Inverse of Matrices with an Acyclic Bipartite Graph", Linear Algebra and Its Applications, 390: 47-60.

[29] Öztürk, E. ve Şerbetçi M., (1992). Dengeleme Hesabı Cilt III , Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.

[30] Koch, K.R., (1987), Parameterschatzung und Hypothesentests in Linearen Modellen", Dümmlers Verlag, Bonn.

[31] Even-Tzur, G., (2012). Extended S-Transformation as a Tool for Deformation Analysis", Survey Review, 44: 315-318.

[32] Yalçınkaya M., Teke, K. ve Bayrak, T., (2003). "Jeodezik GPS Ağlarında Duyarlık ve Güven Analizi", 1. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.

[33] Baumann, E., (1988). "Vermessungskunde-Einfache Lagemessung und Nivellement", Dümmlers Verlag, Bonn.

[34] Demirel, H., (1987). "Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçlarının Test Edilmesi", Harita Dergisi, 98: 1-18.

[35] Kavouras, M., (1982). "On the Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Networks", Canada: Department of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick.

[36] Konak, H., (1994). "Yüzey Ağlarının Optimizasyonu", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

[37] İnal, C. ve Baybura, T., (1995). "Jeodezik Ağlarda Kalite Kontrolü", Selçuk Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 10: 21-28, Konya.

[38] Kuang, S., (1996). "Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications", Ann Arbor Pres, INC Chelsea Michigan.

[39] Uotila, A.U., (1976). "Statistical Tests as Guidelines in Analysis of Adjustment of Control Nets", Federation Internationale des Geometres, 14th Congress., Washington D. C.

[40] İnal, C. ve Yetkin, M., (2006). "Robust Yöntemlerle Uyuşumsuz Ölçülerin Belirlenmesi", Selçuk Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi, 21.

[41] Uzun, Y., (2003). "Üç Boyutlu Astrojeodezik Dik Koordinat Sistemlerinde Dönüşüm Modelleri ve Uyuşumsuz Ölçü Gruplarının Belirlenmesi Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.

[42] Niemeier, W., (1985). "Deformationsanalyse", Geodatische Netze in Landes-und Ingenieurvermessung II, 559-623, Stutgart.

[43] Baarda, W., (1977). "Measures for the Accuracy of Geodetic Networks", Sopron.

[44] Öztürk, E., (1991). "Doğrusal Hipotez Testleri", Harita Dergisi: 21.

[45] Koch, K.R., (1976). "Hypothesenprüfungen für multivariate Ausgleichungen". Inst., Univ

[46] Pelzer, H., (1971). "Deformastionsmessungen, Zur Analyse Geodetischer", München.

[47] Mierlo, J.V., (1978). "A Testing Procedure for Analysing Geodetic Deformation Measurements", Bonn, Germany.

[48] Yalçınkaya, M. ve Tanır E., (2001). "Cholesky Çarpanlarına Ayırma ve Bağıl Güven Elipsi Yöntemleriyle Yatay Hareketlerin Belirlenmesi", Harita Dergisi.

[49] Ayan, T., (1983). "Bağıl Güven Elipsleri ile Deformasyon Analizi", Harita Dergisi, Sayı 91.

[50] Şanlıoğlu, İ., (2004). "Global Konum Belirleme Sistemi(GPS) Yazılımlarının Veri İşleme Modüllerinin Uluslararası GPS Servisi (IGS) Ürünleri Kullanarak Test Edilmesi", Konya.

[51] "Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi", https://tr.wikipedia.org/wiki/Küresel_uydu_seyrüsefer_sistemi., 2 Mart 2017.

[52] Kahveci, M. ve Yıldız, F., (2009). GPS/GNSS Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, Nobel Yayınları, İstanbul

[53] Akpınar, B., (2014). "Ölçme Bilgisi 2 Ders Notları". Basılmamış Ders Notu.

[54] Kahveci, M. ve Yıldız, F., GPS/GNSS Konum Belirleme Sistemleri, (2009). Nobel Yayınları, İstanbul.

[55] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger. H., ve Collins, J., (2001). Global Positioning System : Teory And Practice, Springer-Verlag Wien.

[56] Uluışık, P., Erkaya, H., Hoşbaş, R.G., Soycan, M., Akpınar, B., Aykut, N.O. ve Poyraz, F., (2005). " Yüksek Binaların Hareketinin GPS ile İzlenmesi", İstanbul.

[57] Ceylan, A. ve Şanlıoğlu, İ., (2016). "GNSSte Ölçü teknikleri Ders Notu", Basılmamış Ders Notu.

[58] Pırtı, A., (2005). "Yol Aplikasyonunda RTK GPS Tekniğinin Kullanılması ve Doğruluk Yönünden İncelenmesi", Doktora Tezi, Fen Bilimleri Ensitüsü, İstanbul.

[59] Hoşbaş, R.G. ve Bozdağ, Y., (2016). "Jeodezik Ağlarda Dengeleme Hesabı ve Deformasyon Analizi İçin Yazılım Tasarımı" 8. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.

[60] Schildt, H., (2002). C#: The Complete Reference, Osborne/McGraw-Hill.

[61] "Esenler Tarihi", http://www.esenler.bel.tr/tr/icerik/107/1694/esenler-tarihi.aspx., 2 Mart 2017

[62] Hoşbaş, R.G., (2012). "Deformasyon Ölçmeleri Ders Notu", Basılmamış Ders Notu.

EK A

2011 Dönemi Yatay Konum Ağları Dengelemesi Sonuçları

AĞDAKİ TOPLAM ÖLÇÜ SAYISI	176
AĞDA ÖLÇÜLEN DOĞRULTU SAYISI	89
AĞDA ÖLÇÜLEN KENAR SAYISI	87
AĞDAKİ NOKTA SAYISI	56
AĞDA HATASIZ ALINAN NOKTA SAYISI	0
AĞDA ALET KURULAN NOKTA SAYISI	55
AĞDAKİ BİLİNMEYEN SAYISI	112

PVV	606.71 cc^2
M_0	3.383387.cc

NOKTA NO.	**DX**	**X=X0+DX**	**K.O.H. Mx**	**DY**	**Y=Y0+DY**	**K.O.H. My**	**H.N.H. Mp**	**HATA ELİPSİ**		
								Açıklık	**a**	**b**
	cm	**m**	**cm**	**cm**	**m**	**cm**	**cm**	**g**	**cm**	**cm**
1101	-2.14	4289.26859	0.50	1.08	6816.78081	0.56	0.75	56.2408	0.66	0.36
1102	-3.00	4267.19001	0.44	-1.20	6800.42804	0.53	0.69	66.4909	0.57	0.38
1103	-2.64	4237.05363	0.32	-3.50	6771.01496	0.60	0.68	113.7897	0.61	0.30
1111	-0.85	4311.99148	1.11	2.94	6824.34939	0.63	1.28	14.4199	1.13	0.60
3001	-0.27	4261.17728	0.27	0.74	6757.15738	0.41	0.49	110.1159	0.41	0.26
3002	-0.23	4277.43774	0.33	-0.63	6771.18366	0.36	0.49	106.8488	0.36	0.33
3003	1.10	4295.24097	0.38	1.33	6784.92326	0.43	0.57	71.8405	0.44	0.36
3004	1.03	4317.37029	0.41	-0.27	6784.87727	0.30	0.51	199.7962	0.41	0.30
3005	2.97	4338.73966	0.36	-1.16	6762.69841	0.35	0.51	190.0706	0.36	0.35
3006	4.29	4344.33293	0.38	-2.60	6756.16401	0.36	0.52	6.1647	0.38	0.36
5001	2.67	4209.1667	1.77	7.84	6900.79843	5.26	5.55	119.0151	5.50	0.74
5002	1.20	4272.08204	0.37	-5.67	6728.65333	0.38	0.53	147.3843	0.45	0.27
5003	1.22	4284.10215	0.29	-2.91	6763.0409	0.37	0.47	107.4339	0.37	0.29
5004	2.52	4299.61517	0.34	-0.57	6775.5643	0.40	0.52	64.7364	0.43	0.30
5005	-0.54	4334.36456	0.81	1.02	6804.99018	1.08	1.34	86.4265	1.09	0.79
1001	-0.51	4259.07587	0.70	0.73	6752.02827	1.59	1.74	75.8728	1.71	0.32
1002	0.92	4259.04424	0.71	1.90	6752.04996	1.58	1.74	75.3552	1.71	0.32
1003	-0.35	4261.19145	0.27	0.68	6753.77775	1.70	1.72	100.1241	1.70	0.27
1005	-0.32	4263.31478	1.32	0.57	6755.49074	1.08	1.71	156.9104	1.68	0.33

1006	-0.31	4263.34793	1.35	0.62	6755.55423	1.05	1.71	158.5816	1.68	0.34
1007	-0.11	4265.46695	1.68	0.56	6757.24559	0.40	1.73	1.4637	1.68	0.40
1008	-0.57	4265.45031	1.68	0.51	6757.26006	0.40	1.73	1.698	1.68	0.40
1009	-0.41	4269.74493	1.57	0.31	6760.7291	0.76	1.74	25.8331	1.70	0.38
1010	0.63	4269.71226	1.57	0.84	6760.72941	0.76	1.74	25.9176	1.70	0.38
1011	0.07	4274.00873	0.81	0.04	6764.22036	1.54	1.74	71.1372	1.71	0.33
1012	-0.13	4274.03167	0.80	0.05	6764.23848	1.55	1.74	71.2551	1.71	0.33
1013	-0.16	4278.27243	0.50	-0.13	6767.67774	1.66	1.73	114.7145	1.70	0.32
1014	-0.16	4278.29336	0.51	-0.05	6767.70451	1.66	1.73	115.18	1.70	0.32
1015	-0.28	4284.67319	1.66	-0.12	6772.86876	0.52	1.74	14.4802	1.70	0.36
1016	0.26	4284.61559	1.66	-0.21	6772.85595	0.52	1.74	14.5039	1.70	0.36
1017	1.69	4291.06892	0.95	1.37	6778.09473	1.49	1.76	65.2463	1.73	0.34
1018	1.74	4291.05537	0.95	1.59	6778.10793	1.49	1.76	65.1091	1.73	0.34
1019	1.41	4297.48109	1.41	1.01	6783.33509	1.05	1.76	160.4822	1.70	0.44
1020	3.73	4297.48633	1.41	2.74	6783.36837	1.05	1.76	160.546	1.70	0.44
1021	1.25	4303.84751	1.59	1.03	6788.54328	0.78	1.78	25.9368	1.73	0.42
1022	1.37	4303.83873	1.59	0.77	6788.56274	0.79	1.78	26.1011	1.73	0.42
1023	2.85	4336.61346	0.36	-1.86	6760.04338	0.34	0.50	194.8521	0.36	0.34
1025	3.21	4338.36208	0.36	-2.43	6757.96367	0.34	0.50	10.4503	0.36	0.34
1027	3.52	4340.0372	0.36	-2.73	6755.88765	0.35	0.50	19.0735	0.36	0.35
1030	3.95	4341.77951	0.37	-3.21	6753.78792	0.36	0.52	23.197	0.37	0.36
1034	-2.44	4255.74562	1.72	-2.91	6769.56392	0.52	1.79	193.8471	1.72	0.50
1038	-2.95	4265.94352	1.69	-2.17	6777.88427	0.61	1.80	14.6469	1.74	0.48
1039	-2.00	4271.16997	0.52	-1.40	6782.10603	0.41	0.66	175.7572	0.54	0.38
1040	-2.06	4271.18044	0.52	-1.12	6782.12285	0.41	0.66	175.8228	0.54	0.38
1042	-2.37	4276.29927	1.02	-0.74	6786.25758	1.51	1.82	135.071	1.74	0.54
1043	-2.35	4281.51152	1.46	-0.42	6790.46982	1.09	1.82	161.2419	1.73	0.56
1044	-2.50	4281.53701	1.46	-0.30	6790.48404	1.09	1.82	161.3432	1.73	0.56
1045	-1.20	4286.69299	0.49	-0.63	6794.66366	0.54	0.73	70.8749	0.55	0.48
1046	-1.33	4286.69167	0.49	-0.44	6794.65365	0.54	0.73	70.9324	0.55	0.48
1048	-1.01	4291.93088	0.55	-0.27	6798.92027	0.51	0.75	38.1439	0.57	0.48
1049	-1.49	4297.04308	0.97	1.39	6803.0959	1.57	1.84	129.9726	1.73	0.63
1050	-1.62	4297.02081	0.96	1.40	6803.08299	1.57	1.84	129.8653	1.73	0.63
1051	-1.65	4301.80148	1.40	1.61	6806.96307	1.18	1.83	157.5618	1.71	0.67
1052	-1.74	4301.7836	1.40	1.56	6806.93659	1.18	1.83	157.4214	1.71	0.67
1053	-1.90	4306.54297	1.65	1.78	6810.77778	0.79	1.83	181.3159	1.71	0.65
1054	-1.99	4306.53009	1.65	1.66	6810.79656	0.79	1.83	181.3731	1.71	0.65

2016 Dönemi Yatay Konum Ağları Dengelemesi Sonuçları

AĞDAKİ TOPLAM ÖLÇÜ SAYISI	184
AĞDA ÖLÇÜLEN DOĞRULTU SAYISI	89
AĞDA ÖLÇÜLEN KENAR SAYISI	95
AĞDAKİ NOKTA SAYISI	56
AĞDA HATASIZ ALINAN NOKTA SAYISI	0
AĞDA ALET KURULAN NOKTA SAYISI	14
AĞDAKİ BİLİNMEYEN SAYISI	112

PVV	668.0797 $.cc^2$
M_0	3.309400.cc

NOKTA NO	**DX**	**X=X0+DX**	**K.O.H. Mx**	**DY**	**Y=Y0+DY**	**K.O.H. My**	**H.N.H. Mp**	**HATA ELİPSİ**		
								Açıklık	**a**	**b**
	cm	**m**	**cm**	**cm**	**m**	**cm**	**cm**	**g**	**cm**	**cm**
1101	-1.94	4289.27063	0.41	0.58	6816.77584	0.44	0.60	55.6343	0.52	0.31
1102	-0.69	4267.21314	0.36	-0.23	6800.43768	0.39	0.53	63.1227	0.42	0.33
1103	-3.25	4237.04750	0.30	-2.59	6771.02415	0.46	0.55	112.6727	0.47	0.29
1111	2.38	4312.02380	0.90	3.11	6824.35105	0.58	1.07	32.0695	1.00	0.36
3001	0.85	4261.18848	0.24	0.89	6757.15886	0.32	0.40	93.0761	0.33	0.24
3002	0.91	4277.44905	0.27	-0.36	6771.18642	0.32	0.42	70.3446	0.33	0.26
3003	0.49	4295.23487	0.33	-0.38	6784.90615	0.35	0.48	55.8852	0.37	0.30
3004	0.31	4317.36313	0.41	-0.09	6784.87910	0.31	0.51	30.0817	0.43	0.27
3005	-0.62	4338.70375	0.45	-0.67	6762.70330	0.37	0.59	178.6537	0.46	0.36
3006	-0.33	4344.28673	0.44	-1.38	6756.17624	0.28	0.52	1.6924	0.44	0.28
5001	0.33	4209.14330	0.60	0.24	6900.72235	0.87	1.06	92.3653	0.88	0.59
5002	-0.37	4272.06628	0.27	-0.86	6728.70143	0.32	0.42	124.5508	0.33	0.26
5003	0.74	4284.09736	0.25	-1.03	6763.05974	0.31	0.40	77.7888	0.32	0.24
5004	0.45	4299.59451	0.30	-0.53	6775.56473	0.32	0.44	54.3478	0.36	0.25
5005	2.01	4334.39014	0.73	1.82	6804.99819	0.70	1.02	48.4024	0.96	0.34
1001	0.51	4259.08606	0.51	0.67	6752.02773	1.11	1.22	75.5279	1.20	0.26
1002	0.75	4259.04253	0.51	0.93	6752.04031	1.11	1.22	75.0177	1.20	0.26
1003	0.80	4261.20304	0.24	0.57	6753.77670	1.19	1.21	99.5476	1.19	0.24
1005	0.70	4263.32497	1.29	0.83	6755.49330	1.03	1.65	157.4917	1.63	0.30
1006	0.53	263.35634	1.32	0.64	6755.55443	1.00	1.65	159.1827	1.63	0.30
1007	0.76	4265.47555	1.64	0.80	6757.24802	0.32	1.67	1.9291	1.64	0.32
1008	0.42	4265.46025	1.64	0.65	6757.26149	0.32	1.67	2.1597	1.64	0.32
1009	0.98	4269.75883	1.53	0.76	6760.73363	0.71	1.68	25.8432	1.66	0.29
1010	1.34	4269.71940	1.53	1.10	6760.73202	0.71	1.68	25.9259	1.66	0.29
1011	0.94	4274.01744	0.77	0.20	6764.22196	1.50	1.69	70.8718	1.67	0.25
1012	0.73	4274.04034	0.77	0.06	6764.23856	1.50	1.69	70.9883	1.67	0.25
1013	0.80	4278.28197	0.46	0.10	6767.67999	1.62	1.68	114.2638	1.66	0.28
1014	0.96	4278.30461	0.47	0.21	6767.70706	1.61	1.68	114.7317	1.66	0.28
1015	0.79	4284.68387	1.62	-0.05	6772.86946	0.48	1.69	14.941	1.66	0.30
1016	1.32	4284.62616	1.62	-0.09	6772.85714	0.49	1.69	14.9644	1.66	0.30

1017	0.88	4291.06081	0.91	0.16	6778.08257	1.44	1.70	64.919	1.68	0.28
1018	0.80	4291.04598	0.91	-0.03	6778.09167	1.44	1.70	64.7812	1.68	0.28
1019	0.61	4297.47313	1.37	-0.79	6783.31706	1.00	1.70	160.8432	1.65	0.37
1020	0.62	4297.45523	1.37	-0.77	6783.33331	1.00	1.70	160.9068	1.65	0.37
1021	0.60	4303.84100	1.55	-1.07	6788.52232	0.73	1.71	25.7492	1.68	0.33
1022	0.89	4303.83393	1.55	-1.33	6788.54169	0.73	1.71	25.912	1.68	0.33
1023	-0.26	4336.58236	0.49	-1.10	6760.05103	0.31	0.57	190.6806	0.49	0.30
1025	-0.44	4338.32559	0.45	-1.18	6757.97621	0.28	0.53	1.0278	0.45	0.28
1027	-0.55	4339.99646	0.43	-1.35	6755.90153	0.28	0.51	7.1796	0.43	0.28
1030	-0.27	4341.73726	0.42	-1.90	6753.80102	0.31	0.52	7.2951	0.42	0.31
1034	-0.08	4255.76923	0.73	-0.41	6769.58894	1.61	1.76	76.5443	1.71	0.41
1038	-0.31	4265.96993	0.41	0.20	6777.90795	1.70	1.75	95.8191	1.70	0.40
1039	-0.65	4271.18348	0.53	0.41	6782.12412	1.66	1.74	112.9959	1.69	0.41
1040	-0.61	4271.19488	0.53	0.28	6782.13683	1.66	1.74	113.0428	1.69	0.41
1042	-0.57	4276.31725	0.97	0.10	6786.26603	1.44	1.74	135.9789	1.69	0.43
1043	-0.89	4281.52608	1.41	0.43	6790.47833	1.02	1.74	161.4083	1.69	0.43
1044	-0.67	4281.55530	1.41	0.18	6790.48884	1.02	1.74	161.5059	1.69	0.43
1045	-1.43	4286.69065	0.42	0.43	6794.67432	0.42	0.59	40.6051	0.43	0.42
1046	-1.39	4286.69111	0.42	0.69	6794.66494	0.42	0.59	40.6368	0.43	0.42
1048	-1.23	4291.92873	0.50	-0.01	6798.92293	1.69	1.77	107.1353	1.70	0.46
1049	-1.45	4297.04348	0.71	0.26	6803.08460	1.11	1.32	129.5146	1.21	0.52
1050	-1.58	4297.02120	0.71	0.26	6803.07158	1.11	1.32	129.4046	1.21	0.52
1051	-1.25	4301.80546	1.00	0.16	6806.94861	0.85	1.31	157.9656	1.19	0.54
1052	-1.49	4301.78607	1.00	0.20	6806.92304	0.85	1.31	157.8206	1.19	0.54
1053	-1.33	4306.54868	1.16	0.21	6810.76211	0.59	1.31	182.4098	1.20	0.52
1054	-1.53	4306.53466	1.16	0.04	6810.78040	0.59	1.31	182.4676	1.20	0.52

2011 Dönemi Hassas Nivelman Dengelemesi Sonuçları

GEOMETRİK YÜKSEKLİK FARKI SAYISI	36
GEOMETRİK YÜKSEKLİK FARKI SAYISI	86
AĞDAKİ NOKTA SAYISI	55
AĞDA HATASIZ ALINAN NOKTA SAYISI	0
AĞDAKİ BİLİNMEYEN SAYISI	55

PVV	7.8109 mm^2
M_0	0.3389 mm

KOORDİNAT ÖZET ÇİZELGESİ

NOKTA NO.	YAKLAŞIK YÜKSEKLİK H0 (m)	DH (m)	KESİN YÜKSEKLİK H=HO+DH (m)	K.O.H. M_h (mm)
RS-7	79.160	-0.013392	79.146608	0.57
1101	78.020	-0.002310	78.017690	0.58
1102	77.785	-0.000457	77.784543	0.54
1103	77.519	0.166831	77.685831	0.53
3001	78.116	-0.006372	78.109628	0.53
3002	78.055	-0.003346	78.051654	0.47
3003	78.014	-0.004754	78.009246	0.47
3004	78.241	-0.008931	78.232069	0.57
3005	78.242	-0.011299	78.230701	0.56
3006	78.266	-0.009337	78.256663	0.49
5001	74.920	-0.008000	74.912000	0.74
5002	78.708	-0.004074	78.703926	0.64
5003	79.965	-0.002214	79.962786	0.62
5004	79.912	0.005117	79.917117	0.62
1001	81.076	-0.005442	81.070558	1.06
1002	79.005	-0.006262	78.998738	1.06
1003	81.040	-0.006312	81.033688	0.77
1005	81.023	-0.005622	81.017378	0.70
1006	78.949	-0.005982	78.943018	0.70
1007	81.012	-0.005563	81.006437	0.85
1008	78.915	0.002977	78.917977	0.85
1009	81.037	-0.007148	81.029852	1.30
1010	78.905	0.002197	78.907197	1.30
1011	81.078	-0.000237	81.077763	1.19
1012	78.927	-0.006622	78.920378	1.19
1013	81.024	-0.000336	81.023664	0.76
1014	78.925	0.000244	78.925244	0.76
1015	80.985	-0.000272	80.984728	1.21
1016	78.879	0.000504	78.879504	1.21
1017	80.991	-0.000837	80.990163	1.27
1018	78.895	-0.001415	78.893585	1.27

1019	81.013	-0.000044	81.012956	1.03
1020	78.917	-0.000374	78.916626	1.02
1021	81.082	0.000216	81.082216	3.14
1022	78.983	0.000226	78.983226	3.14
1023	80.928	-0.003731	80.924269	0.74
1025	80.927	-0.004865	80.922135	0.78
1027	80.932	-0.003672	80.928328	0.75
1030	79.291	-0.003192	79.287808	0.72
1034	79.443	-0.003416	79.439584	2.66
1038	79.395	-0.005029	79.389971	3.04
1039	83.590	-0.003648	83.586352	2.84
1040	79.394	-0.004693	79.389307	2.84
1042	79.400	0.004322	79.404322	2.53
1043	83.590	0.000383	83.590383	2.95
1044	79.470	0.001163	79.471163	2.95
1045	83.660	-0.000323	83.659677	2.52
1046	79.390	0.002535	79.392535	2.52
1048	79.430	-0.005647	79.424353	2.46
1049	83.710	-0.00482	83.70518	2.68
1050	79.460	0.000733	79.460733	2.36
1051	83.710	-0.00571	83.70429	2.71
1052	79.480	-0.005628	79.474372	2.46
1053	83.740	-0.00559	83.73441	3.10
1054	79.480	-0.00053	79.47947	3.09

2016 Dönemi Hassas Nivelman Dengelemesi Sonuçları

GEOMETRİK YÜKSEKLİK FARKI SAYISI	48
GEOMETRİK YÜKSEKLİK FARKI SAYISI	79
AĞDAKİ NOKTA SAYISI	55
AĞDA HATASIZ ALINAN NOKTA SAYISI	0
AĞDAKİ BİLİNMEYEN SAYISI	55

PVV	8.4488 mm^2
M_0	0.3402 mm

KOORDİNAT ÖZET ÇİZELGESİ

NOKTA NO.	YAKLAŞIK YÜKSEKLİK H0 (m)	DH (m)	KESİN YÜKSEKLİK H=HO+DH (m)	K.O.H. M_h (mm)
RS-7	79.160	-0.022601	79.137399	0.86
1101	78.020	-0.008370	78.011630	0.64
1102	77.785	-0.008116	77.776884	0.63
1103	77.519	0.155484	77.674484	0.55
3001	78.116	-0.001201	78.114799	0.46
3002	78.055	-0.001382	78.053618	0.46
3003	78.014	-0.003727	78.010273	0.53
3004	78.241	-0.002662	78.238338	0.57
3005	78.242	-0.001173	78.240827	0.63
3006	78.266	-0.000920	78.265080	0.66
5001	74.920	0.004406	74.924406	0.68
5002	78.708	0.016118	78.724118	3.19
5003	79.965	0.010267	79.975267	2.73
5004	79.912	0.013285	79.925285	0.74
1001	81.076	-0.003715	81.072285	1.03
1002	79.005	-0.018719	78.986281	1.03
1003	81.040	-0.005227	81.034773	4.00
1005	81.023	-0.006030	81.016970	3.56
1006	78.949	-0.031882	78.917118	0.64
1007	81.012	-0.008694	81.003306	3.09
1008	78.915	-0.012736	78.902264	0.85
1009	81.037	-0.005253	81.031747	2.21
1010	78.905	-0.001431	78.903569	2.22
1011	81.078	0.002035	81.080035	1.37
1012	78.927	-0.002266	78.924734	1.37
1013	81.024	0.002275	81.026275	0.76
1014	78.925	0.017303	78.942303	0.75
1015	80.985	0.003862	80.988862	1.32
1016	78.879	0.013426	78.892426	1.31
1017	80.991	0.001958	80.992958	2.59
1018	78.895	-0.000729	78.894271	2.59

1019	81.013	-0.001635	81.011365	3.94
1020	78.917	-0.033339	78.883661	3.94
1021	81.082	0.002156	81.084156	1.65
1022	78.983	-0.000709	78.982291	1.65
1023	80.928	0.002079	80.930079	1.54
1025	80.927	0.002009	80.929009	1.22
1027	80.932	0.003925	80.935925	0.97
1030	79.291	0.006854	79.297854	0.87
1034	79.443	-0.003402	79.439598	5.53
1038	79.395	-0.004666	79.390334	3.82
1039	83.590	-0.007972	83.582028	2.89
1040	79.394	-0.006847	79.387153	3.19
1042	79.400	-0.000444	79.399556	2.88
1043	83.590	-0.004840	83.585160	2.98
1044	79.470	-0.003723	79.466277	2.98
1045	83.660	-0.004350	83.655650	2.58
1046	79.390	-0.001222	79.388778	2.58
1048	79.430	-0.008557	79.421443	2.51
1049	83.710	-0.007555	83.702445	2.70
1050	79.460	-0.001376	79.458624	2.70
1051	83.710	-0.005690	83.704310	2.73
1052	79.480	-0.005479	79.474521	2.73
1053	83.740	-0.006464	83.733536	3.12
1054	79.480	-0.002333	79.477667	3.12

EK B

Yatay Konum Ağları İçin Deformasyon Analizi (İstatistiksel Analiz)

Referans Noktaları için İstatistiksel Analiz

N.N	R	TETA	R(kalan)	T	F	KARAR
1103	12409.77231	78.7711	13337.17664	59.42573	1.58331	REF. NOK. HAREKETLİ
5001	5250.35489	51.23649	8086.82174	39.16523	1.60516	REF. NOK. HAREKETLİ
5003	3473.96516	41.67712	4612.85659	24.46816	1.63031	REF. NOK. HAREKETLİ
5004	994.10102	22.29463	3618.75556	21.21565	1.65966	REF. NOK. HAREKETLİ
1102	769.39858	19.61375	2849.35698	18.67018	1.69444	REF. NOK. HAREKETLİ
3004	415.18416	14.40806	2434.17282	18.07635	1.73647	REF. NOK. HAREKETLİ
5005	348.7807	13.20569	2085.39213	17.86879	1.78855	REF. NOK. HAREKETLİ
3003	346.95079	13.17101	1738.44134	17.60427	1.8552	REF. NOK. HAREKETLİ
5002	393.86317	14.03323	1344.57817	16.64157	1.94435	REF. NOK. HAREKETLİ
3006	535.32674	16.36042	809.25142	12.87763	2.07152	REF. NOK. HAREKETLİ
3005	756.55605	19.44937	52.69537	1.17396	2.27236	REF. NOK. HAREKETSİZ

Obje Noktaları için İstatistiksel Analiz

N.N	R	TETA	R(kalan)	T	F	KARAR
1020	2034878.778	1008.68201	135998.3517	141.57955	1.34347	HAREKET VAR
1002	36483.48469	135.06199	99514.86283	105.57214	1.34529	HAREKET VAR
1006	24002.17728	109.54948	75512.67887	81.6645	1.34717	HAREKET VAR
1030	18056.57544	95.01730	57456.10738	63.36734	1.34912	HAREKET VAR
1023	15632.08571	88.40839	41824.02523	47.05885	1.35113	HAREKET VAR
1103	11092.38217	74.47275	30731.64282	35.29106	1.35321	HAREKET VAR
5001	6358.31464	56.38402	24373.32832	28.57866	1.35537	HAREKET VAR
1102	3992.67148	44.68037	20380.65689	24.41102	1.35761	HAREKET VAR
5003	3114.75533	39.46362	17265.90181	21.13482	1.35994	HAREKET VAR
1013	2137.78549	32.69393	15128.1173	18.93414	1.36235	HAREKET VAR
3003	1707.26590	29.21700	13420.85112	17.18349	1.36486	HAREKET VAR
1054	1292.03248	25.41685	12128.81854	15.89462	1.36747	HAREKET VAR
1053	1055.80158	22.97609	11073.01686	14.86067	1.37019	HAREKET VAR
1010	835.42650	20.43803	10237.59028	14.07873	1.37302	HAREKET VAR
1025	710.19964	18.84409	9527.39052	13.43376	1.37598	HAREKET VAR

1007	668.05471	18.27642	8859.33582	12.81625	1.37907	HAREKET VAR
1009	570.10175	16.88345	8289.23411	12.31130	1.38229	HAREKET VAR
1014	564.64379	16.80244	7724.59046	11.78700	1.38567	HAREKET VAR
1052	525.32756	16.20691	7199.26288	11.29485	1.38921	HAREKET VAR
1051	633.97740	17.80418	6565.28545	10.59876	1.39292	HAREKET VAR
1042	416.97158	14.43904	6148.31386	10.22191	1.39681	HAREKET VAR
5004	320.16646	12.65240	5828.14736	9.987750	1.40091	HAREKET VAR
3004	379.21386	13.76978	5448.93351	9.634330	1.40523	HAREKET VAR
1017	373.60456	13.66756	5075.32894	9.26798	1.40979	HAREKET VAR
5005	318.72809	12.62395	4756.60085	8.98039	1.41461	HAREKET VAR
1018	340.52389	13.04845	4416.07696	8.63003	1.4197	HAREKET VAR
5002	378.03601	13.74838	4038.04097	8.17822	1.42511	HAREKET VAR
1045	240.32888	10.96195	3797.71209	7.98173	1.43086	HAREKET VAR
1003	212.82737	10.3157	3584.8847	7.82989	1.43698	HAREKET VAR
1005	222.43903	10.54607	3362.44565	7.64381	1.44352	HAREKET VAR
1050	186.03863	9.64465	3176.40702	7.52816	1.45052	HAREKET VAR
1049	361.42429	13.44292	2814.98272	6.96809	1.45803	HAREKET VAR
1027	152.18436	8.72308	2662.79837	6.89796	1.46612	HAREKET VAR
3006	483.08889	15.5417	2179.70948	5.92196	1.47485	HAREKET VAR
3005	699.39279	18.70017	1480.31669	4.22806	1.48432	HAREKET VAR
1019	193.78046	9.84328	1286.53622	3.87321	1.49463	HAREKET VAR
1046	110.58405	7.43586	1175.95217	3.74259	1.50589	HAREKET VAR
1048	114.01494	7.55033	1061.93723	3.58456	1.51827	HAREKET VAR
1022	105.38030	7.25880	956.55694	3.43716	1.53194	HAREKET VAR
1021	391.28640	13.98725	565.27054	2.17125	1.54713	HAREKET VAR
1015	95.65734	6.91583	469.61319	1.93744	1.56413	HAREKET VAR
1011	108.91847	7.37965	360.69473	1.60713	1.58331	HAREKET VAR
1016	46.52602	4.82317	314.16871	1.52155	1.60516	HAREKET YOK

Düşey Konum Ağları İçin Deformasyon Analizi (İstatistiksel Analiz)

Referans Noktaları için Analiz

N.N	R	TETA	R(kalan)	T	F	KARAR
5004	86.17923	9.28328	119.31468	98.2599	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
1103	48.49958	6.96416	70.8151	63.62047	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
3003	11.0959	3.33105	59.71919	59.01707	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
3001	16.76273	4.09423	42.95647	47.16825	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
5003	11.24715	3.35368	31.70931	39.17063	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
1101	4.88879	2.21106	26.82052	37.86456	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
1102	5.42799	2.32981	21.39253	35.23503	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
3002	9.07621	3.01267	12.31632	24.34303	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
RS-7	9.28582	3.04726	3.0305	7.48718	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
5002	1.78306	1.33531	1.24744	4.10926	1.23073	REF. NOK. HAREKETLİ
3005	1.05886	1.02901	0.18858	0.93183	1.23073	REF. NOK. HAREKETSİZ

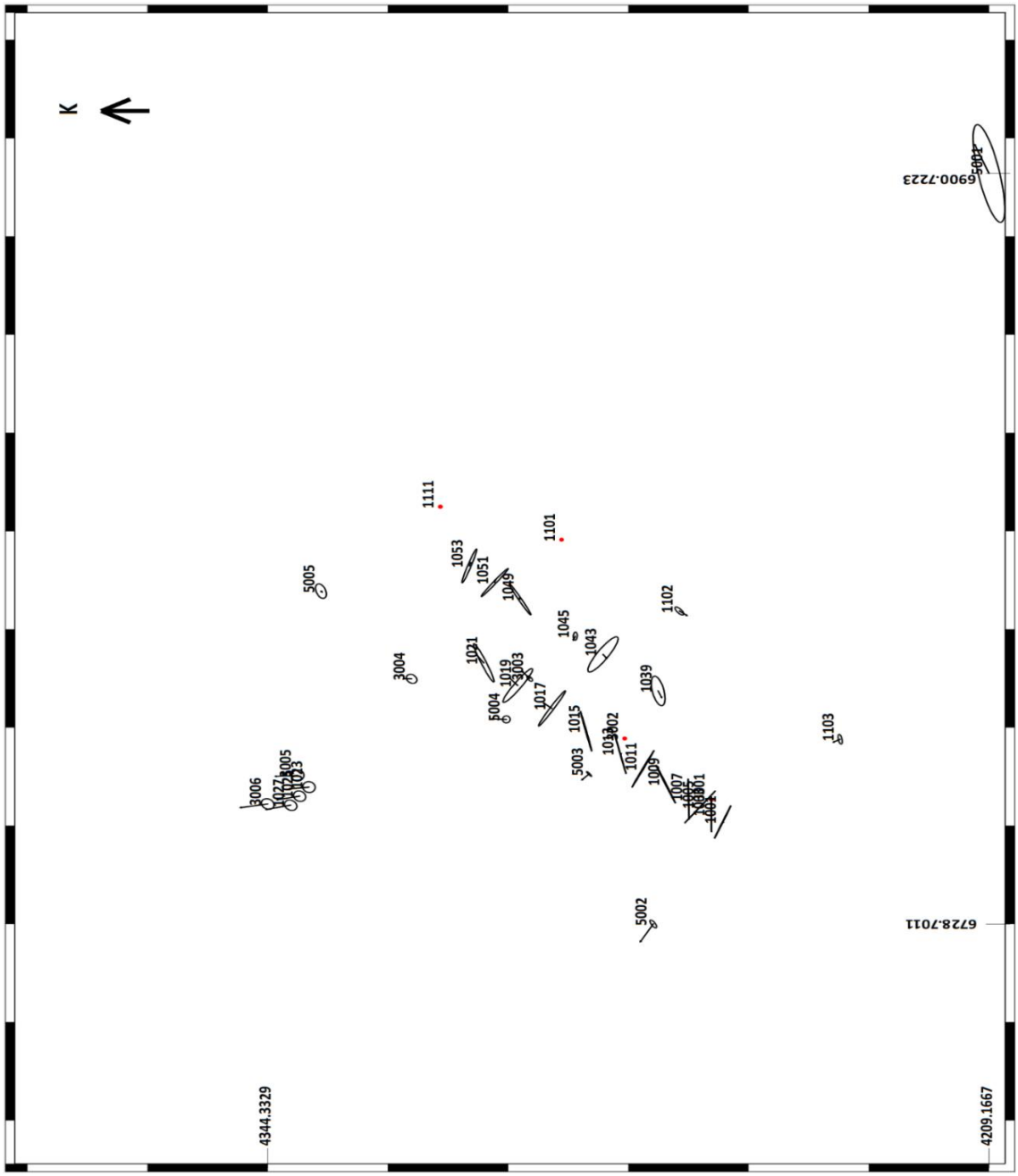
Obje Noktaları için Analiz

N.N	R	TETA	R(kalan)	T	F	KARAR
1006	265.52029	16.29479	330.90564	61.70097	1.43182	HAREKET VAR
5004	85.93584	9.27016	244.96981	46.55571	1.4345	HAREKET VAR
3001	83.03055	9.11211	161.93926	31.37948	1.43796	HAREKET VAR
1014	35.48809	5.95719	126.45117	24.99289	1.44082	HAREKET VAR
1101	25.63341	5.06294	100.81776	20.33315	1.44452	HAREKET VAR
3003	14.45198	3.80158	86.36578	17.78133	1.44758	HAREKET VAR
5003	11.79422	3.43427	74.57156	15.67975	1.45154	HAREKET VAR
1008	9.92577	3.15052	64.6458	13.88821	1.45482	HAREKET VAR
1103	12.79822	3.57746	51.84758	11.38622	1.45908	HAREKET VAR
1020	8.51924	2.91877	43.32834	9.73157	1.46261	HAREKET VAR
1002	5.72794	2.39331	37.6004	8.64147	1.46719	HAREKET VAR
1102	6.30134	2.51025	31.29906	7.36454	1.47101	HAREKET VAR
3002	7.04000	2.6533	24.25906	5.84728	1.47596	HAREKET VAR
7000	5.89658	2.42829	18.36249	4.53665	1.48009	HAREKET VAR
1016	2.49809	1.58054	15.86439	4.01997	1.48547	HAREKET VAR
5002	2.12567	1.45797	13.73872	3.57295	1.48996	HAREKET VAR
3005	2.17770	1.4757	11.56102	3.08786	1.49582	HAREKET VAR
1013	0.88504	0.94077	10.67598	2.93068	1.50072	HAREKET VAR
1010	0.85528	0.92481	9.8207	2.77293	1.50714	HAREKET VAR
1022	0.52200	0.7225	9.2987	2.70276	1.51251	HAREKET VAR
1030	0.50544	0.71094	8.79327	2.63330	1.51957	HAREKET VAR
1007	0.38890	0.62362	8.40437	2.59549	1.52550	HAREKET VAR
1019	0.37251	0.61034	8.03186	2.56046	1.53331	HAREKET VAR

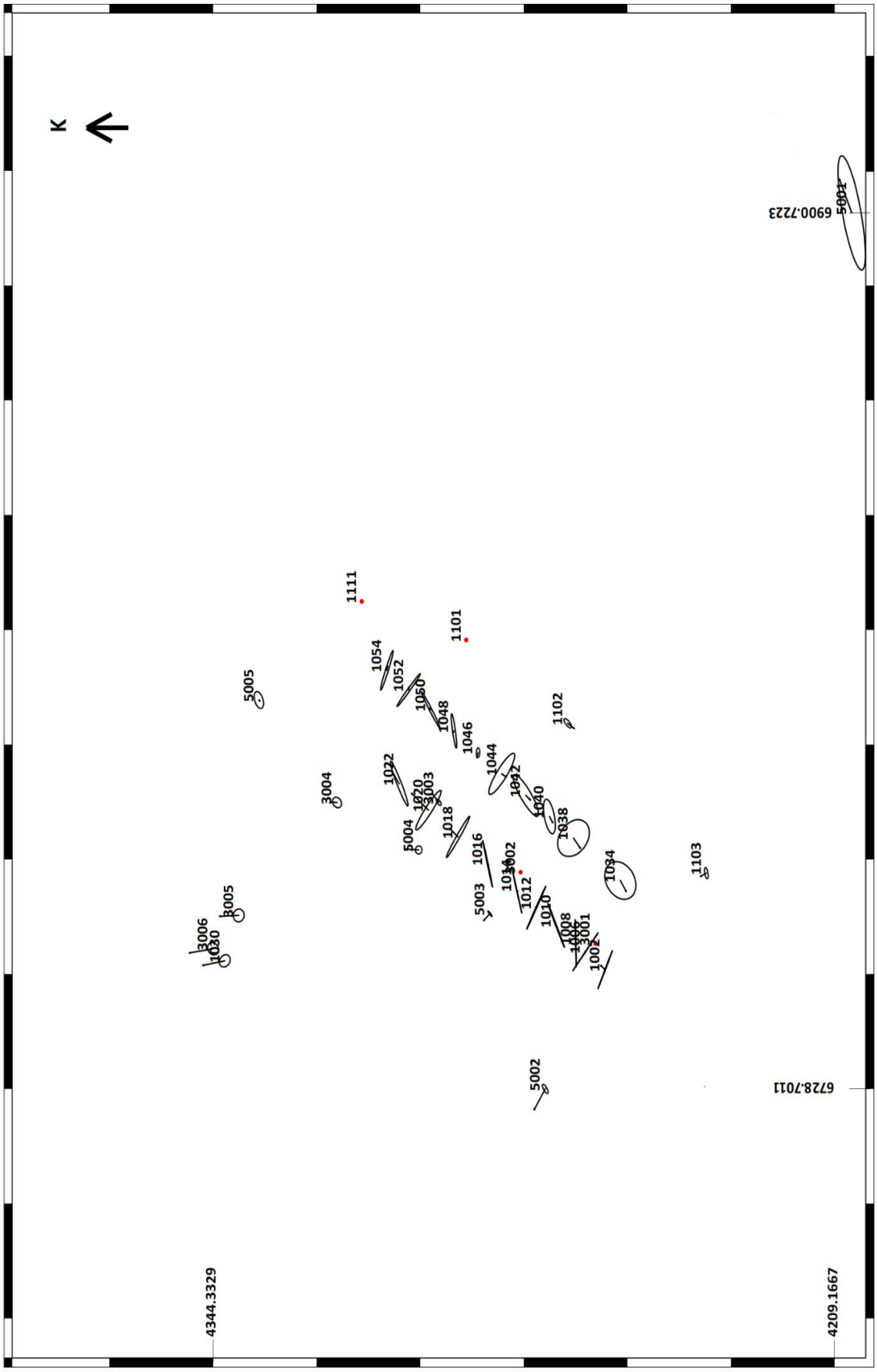
1018	0.38018	0.61659	7.65168	2.52057	1.53990	HAREKET VAR
1011	0.35123	0.59265	7.30044	2.4878	1.54859	HAREKET VAR
1023	0.26767	0.51737	7.03277	2.48217	1.55594	HAREKET VAR
1045	0.26411	0.51391	6.76867	2.47744	1.56569	HAREKET VAR
1042	0.28262	0.53162	6.48605	2.46530	1.57398	HAREKET VAR
1046	0.28033	0.52946	6.20572	2.45310	1.58500	HAREKET VAR
1043	0.29079	0.53925	5.91493	2.43558	1.59441	HAREKET VAR
1044	0.28785	0.53651	5.62709	2.41780	1.60701	HAREKET VAR
1048	0.309	0.55588	5.31809	2.38889	1.61781	HAREKET VAR
1039	0.33074	0.57510	4.98734	2.34700	1.63236	HAREKET VAR
1049	0.33666	0.58023	4.65068	2.29800	1.64493	HAREKET VAR
1001	0.34209	0.58488	4.30859	2.24102	1.66196	HAREKET VAR
1050	0.33462	0.57846	3.97398	2.18181	1.67680	HAREKET VAR
1015	0.2747	0.52412	3.69928	2.15046	1.69708	HAREKET VAR
1021	0.28046	0.52958	3.41882	2.11164	1.71492	HAREKET VAR
1017	0.25933	0.50924	3.15949	2.08156	1.73958	HAREKET VAR
1009	0.26842	0.51809	2.89107	2.04077	1.76153	HAREKET VAR
1005	0.29583	0.54390	2.59524	1.97287	1.79232	HAREKET VAR
1040	0.29485	0.54300	2.30039	1.89445	1.82016	HAREKET VAR
1012	0.31691	0.56295	1.98348	1.78196	1.85995	HAREKET YOK

EK C

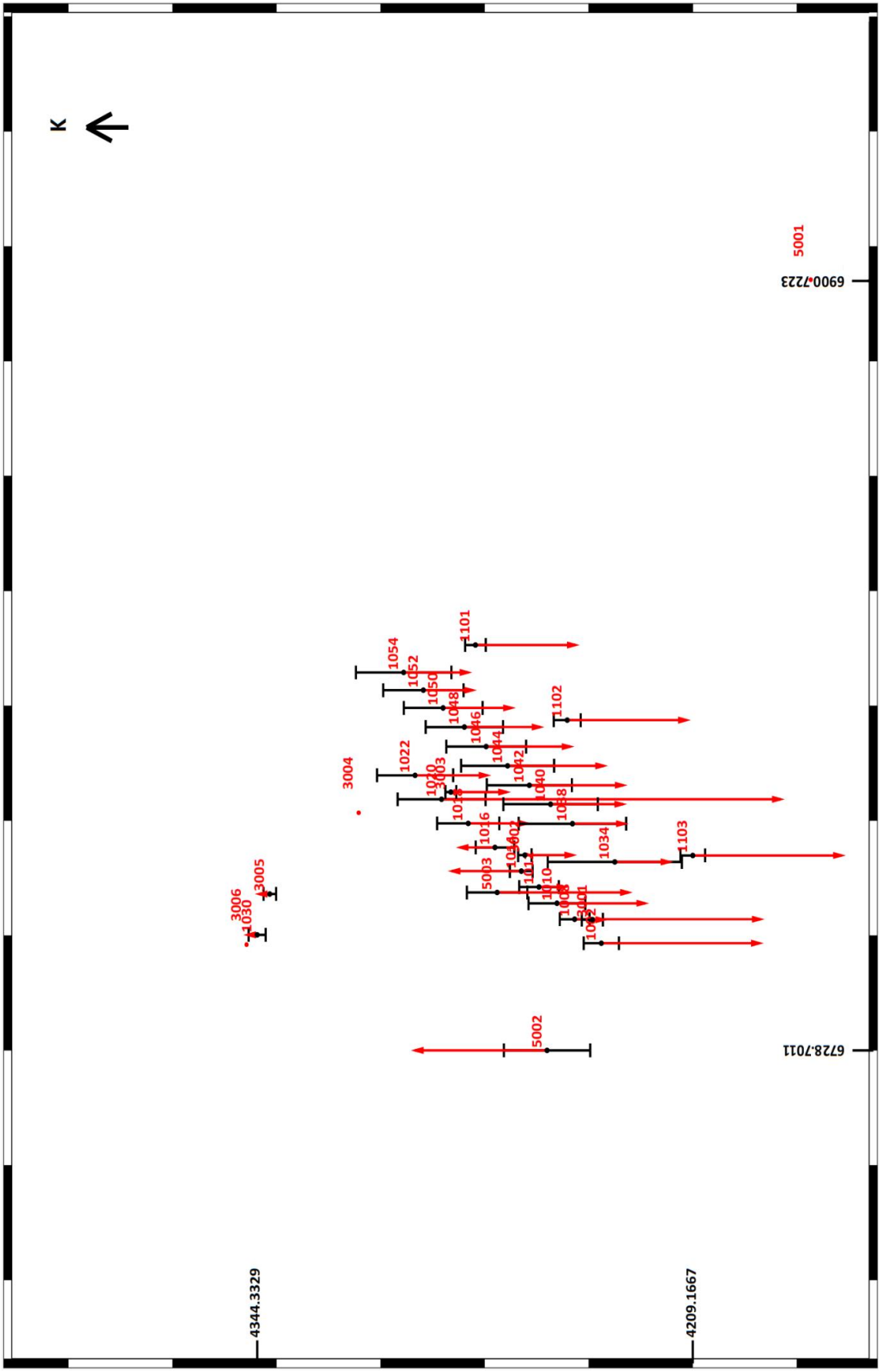
Yatay Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Tek Noktalar)



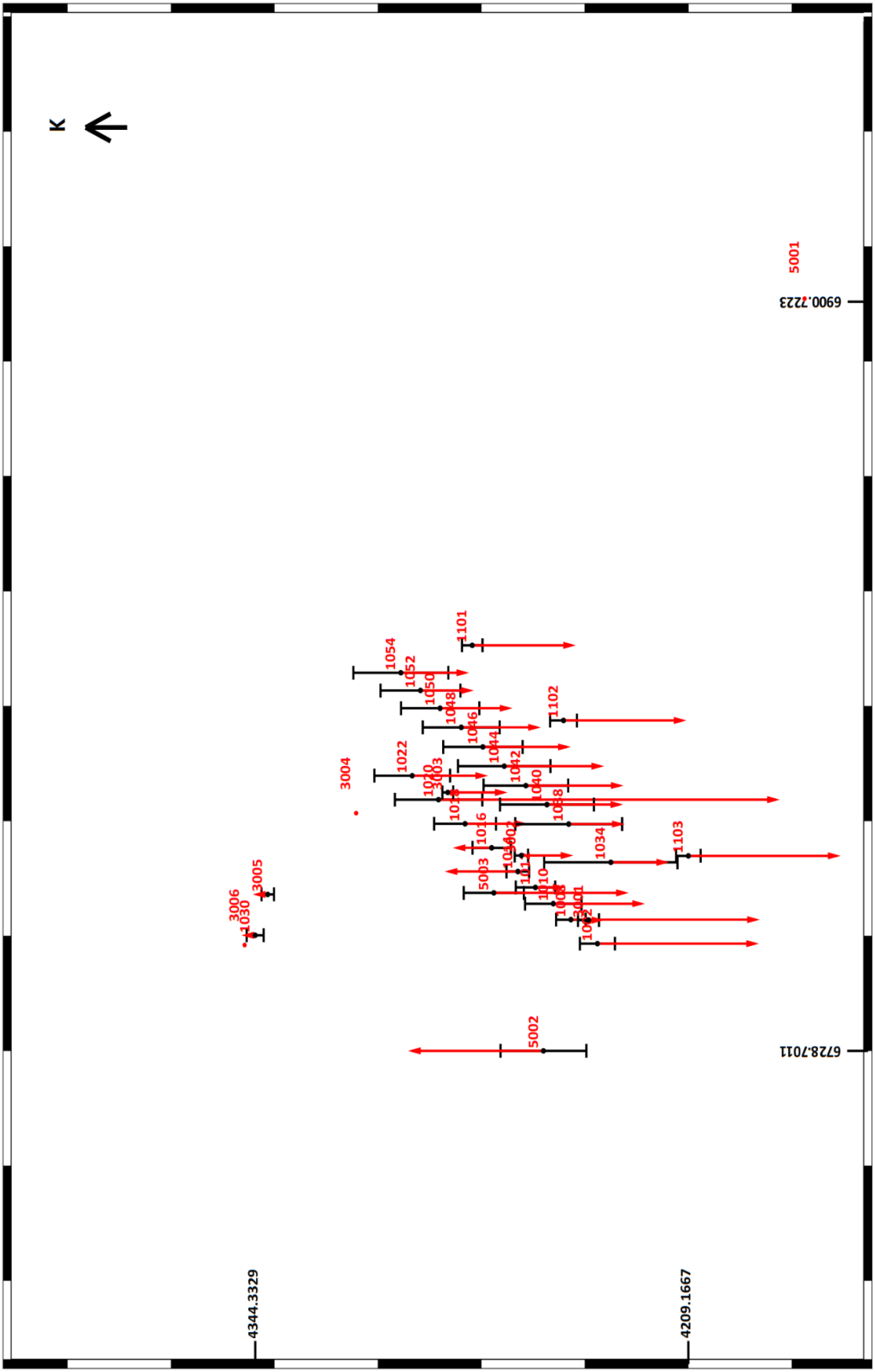
Yatay Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Çift Noktalar)



Düşey Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Tek Noktalar)



Düşey Konum Ağları Bağıl Güven Elipsleri Grafik Gösterim (Çift Noktalar)



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yunus BOZDAĞ

Doğum Tarihi ve Yeri : 03.05.1991, Bakırköy

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ynsbzdg@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2017
Lisans	Harita Mühendisliği	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Küçükçekmece Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-	Karayolları Genel Müdürlüğü	Harita Mühendisi
2016-2017	Yıldız Teknik Üniversitesi	Proje Asistanı

YAYINLARI

Bildiri

1. Bozdağ, Y., Akpınar, B., Aykut, N.O., Gürkan, K., Dindar, A.A. ve Gülal, E., (2016). "Yapı Sağlığının İzlenmesinde Kullanılan OEM GNSS Kartının Arazi Testleri", 8. Mühendislik ölçmeleri Sempozyumu, 19-21 Ekim 2016, İstanbul.

2. Hoşbaş, R.G. ve Bozdağ, Y., (2016). "Jeodezik Ağlarda Dengeleme Hesabı ve Deformasyon Analizi İçin Yazılım Tasarımı" 8. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 19-21 Ekim 2016, İstanbul.