

15433

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜLKE NİRENGİ AĞININ
BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA YAPIMINA
UYGUNLUĞU

Bayram TURGUT
DOKTORA TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ
ANABİLİM DALI
Konya, 1991

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜLKE NİRENGİ AĞININ
BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA YAPIMINA
UYGUNLUĞU


Bayram TURGUT


DOKTORA TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Bu tez 13.7.1992 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

İmza
Prof. Dr. Mehmet YERCI
(Danışman)


İmza
Prof. Dr. Ali TUĞLUOĞLU
Jüri


İmza
Doç. Dr. Ahmet YAŞAYAN
Jüri

ÖZET

Doktora Tezi

ÜLKE NİRENGİ AĞININ BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTA YAPIMINA UYGUNLUĞU

Bayram TURGUT

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Mehmet YERCI

1991 : 114 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Mehmet YERCI

Bu çalışmada Ülke Nirengi Ağının büyük ölçekli harita yapımına dayanak olup olamayacağı araştırılmıştır. 31 Ocak 1988 gün ve 19711 Sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" oluşturulan tüm nirengi ağlarının Ülke Nirengi Ağına bağlanması esasını getirmektedir. Ülke nirengi ağının hassasiyeti ise yapılan ölçü ve hesaplama biçimi nedeniyle yeterli düzeyde bilinmemektedir. Çalışmanın amacı bu konunun dokuzuncu poligon ve yüzey ağındaki durumunu incelemek ve olabilirliği bakımından öneriler getirmektir.

Ülke Nirengi Ağı askeri ve birçok teknik projeye altlık olacak 1:25000 ölçekli temel topoğrafik haritaların yapımı amacıyla tesis edilmiştir. İki boyutlu konum belirleme biçiminde yapılan çalışmalarda çekül sapmalarını hesaplayacak ölçüler yapılmadığından, hesap yüzeyi olan elipsoide indirgemeler de kullanılmamıştır. Harita üretimi ihtiyacı nedeniyle ağın bütünüünün hesaplanması yerine 1. derece zincirlerinin ayrı ayrı hesaplanması ve üretimde kullanılması biçiminde bir yol izlenmiştir. Ağın bir bütün olarak hesaplanması ise daha sonradan yapılmıştır. Elipsoid yüzeyine indirgemedi, hedef yüksekliğinden dolayı indirgeme ve Normal kesitin jeodezik eğriye indirgenmesi kullanılmıştır. Elipsoid yüzeyine indirgenen verilerin projeksiyon yüzeyine aktarılması sonucunda ağ hesaplanabilmiştir.

Çekül sapmalarının hesaplanabilme koşullarının ortaya çıkmasından sonra hesaplamaların gözden geçirilmesi ve adı geçen indirgemenin de yapılmasıyla hassasiyetin belirlenmesi amacına dönük bir çalışma olmuştur.

ANAHTAR KELİMELELER : Ülke Nirengi Ağları, Jeodezik Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine İndirgenmesi, Çekül Sapması, Jeodezik Ağlarda Duyarlık ve Güven Ölçütleri.



ABSTRACT

Doctora Thesis

**THE SUITABILITY OF NATIONAL
TRIANGULATION NET FOR LARGE SCALE
MAP PRODUCTION**

Bayram TURGUT

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geodesy and Photogrammetry

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet YERCI

1991, Page : 114

Jüri : Prof. Dr. Mehmet YERCI

In this study, it is investigated whether the national triangulation net can be used in large scale map production or not. "The regulations of large scale map production", published on the Official Newspaper of 19711 number on January 31st 1988, enforces that all the local nets created must be connected to the national triangulation net. However, the accuracy of the national triangulation net is not sufficiently known due to the observation and calculation methods used. The purpose of this study is to make recommendations by analysing 9th polygon and the state of the net.

The National triangulation net is established as a basis for 1:25000 scale basic topographic maps, which will be used in several military and technical projects. Because of the fact that the observations for calculations of plumb line deflection, used in two dimensional coordinate determinations, were not made, they are not used in reduction to ellipsoid. Instead of calculating the whole of net, 1st order triangulation chains are separately calculated and used in urgent map production. Later, the whole net is calculated. While reducing to the ellipsoid, the contributions of target elevation is considered and normal section is reduced to geodetic line. The net is calculated after reduction from ellipsoid to projection surface was made.

This study has showed that after the conditions for calculation of plumb line deflection is understood and the above mentioned reduction is made to increase the accuracy, the calculations can be renewed.

KEY WORDS : National Triangulation Nets, Reduction of Geodetical Observations to the Ellipsoid, Plumb Line Deflection, Confidence and Presicion Criterias of Geodetic Nets.



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sırasında değerli yardımlarını esirgemeyen, engin tecrübe ve deneyimleriyle bana her an yardımcı olan ve kıymetli mesailerini ayıran saygıdeğer hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet YERCI'ye her tür destek ve yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam ve bölüm başkanımız Sayın Prof. Abbas BARIŞKANER'e, bu çalışmada yardımlarını gördüğüm Sayın Dr. Zekai C. CAN'a, Karadeniz Teknik Üniversitesinde sayısal uygulamaların çözümünde bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ergun ÖZTÜRK ve Arş. Gör. Sebahattin BEKTAŞ'a, Test ağı kurma ve ölçme işlerinde yardımlarını gördüğüm Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Teksif Nirengi Ekiplerine, Ölçme işlerinde büyük yardımlarını gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Cevat İNAL'a, Arş. Gör. Tayfun ÇAY'a ve Arş. Gör. İ. Bülent GÜNDOĞDU'ya, ayrıca çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan tüm Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyeleri ve elemanlarına sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
1. GİRİŞ	1
1.1. Ülke Nirengi Ağlarının Tanım, Amaç ve Kapsamı	2
1.2. Jeodezi	4
1.3. Türk Harıtaçlığı ve Tarihsel Gelişimi	5
1.4. Türkiye Nirengi Ağının Kuruluş, Ölçü ve Değerlendirilmesi	8
2. YERYUVARI MODELİ OLARAK ALINAN YÜZEYLER VE JEODEZİK ÖLÇÜLERİN İNDİRGENMESİ	14
2.1. Yeryuvarı Modeli Olarak Alınan Yüzeyler	14
2.2. Jeodezik Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine İndirgenmesi	17
2.2.1. Yatay açıların elipsoid yüzeyine indirgenmesi	18
2.2.1.1. Yatay açıların çekül sapmasından dolayı elipsoid yüzeyine indirgenmesi	18
2.2.1.2. Yatay açıların hedef yüksekliğinden dolayı elipsoid yüzeyine indirgenmesi	20
2.2.1.3. Yatay açıların normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgenmesi	22
2.2.2. Düşey açıların elipsoid normaline indirgenmesi	24
2.2.3. Astronomik azimutların elipsoide indirgenmesi	25
2.2.4. Ölçülen uzunlukların elipsoid yüzeyine indirgenmesi	27
2.2.4.1. Baz ölçülerinin elipsoid yüzeyine indirgenmesi	27
2.2.4.2. Eğik uzunlukların (uzaysal uzunlukların) elipsoid yüzeyine indirgenmesi	29
2.3. Çekül Sapması	31
2.3.1. Topoğrafik - izostatik çekül sapması	32
2.3.2. Çekül sapması bileşenlerinin enterpolasyonu	38
2.3.3. Birinci derece bir noktada topoğrafik - izostatik çekül sapması hesabı ve çekül sapmasının enterpolasyonuna ait bir örnek	40
2.4. Elipsoid Yüzeyi Üzerindeki, Jeodezik Ölçülerin Gauss-Kruger Projeksiyon Düzlemine İndirgenmesi	46

3. JEODEZİK AĞLARDA Dengeleme Modeli, Duyarlık Ölçütleri ve Uyuşumsuz Ölçüler Testi	48
3.1. Jeodezik Ağlarda Dengeleme Modeli	48
3.2. Jeodezik Ağlarda Duyarlık, Güvenilirlik Kavramları ve İstatistik Testler	55
3.2.1. Jeodezik ağlarda duyarlık	56
3.2.1.1. Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ortalama hatalar	57
3.2.1.2. Jeodezik ağlarda koordinat bilinmeyenlerine ilişkin konum hatası	57
3.2.1.3. Jeodezik ağlarda ortalama koordinat duyarlığı	58
3.2.1.4. Jeodezik ağlarda hata elipsi	58
3.2.1.5. Jeodezik ağlarda güven elipsi	59
3.2.2. Jeodezik ağlarda güvenilirlik	60
3.2.2.1. Jeodezik ağlarda model hipotez testi	61
3.2.2.2. Jeodezik ağlarda uyuşumsuz ölçüler testi	63
3.3. Jeodezik Ağlarda Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi	65
3.4. Sabit Alınan Noktalar Kümesinde Uyuşum Testi	67
4. SAYISAL UYGULAMA	70
4.1. Dokuzuncu Poligon	70
4.2. Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine, Oradan da Gauss-Krüger Projeksiyon Düzlemine İndirgenmesi	73
4.3. Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi	76
4.4. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağının Zorlamasız Dengelemesi	78
4.5. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağında Uyuşumsuz Ölçü Testi	78
4.6. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağında Birinci Derece Noktalar Kümesinde Uyuşum Testi	78
4.7. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağının Sonuç (Dayalı) Dengelenmesi	79
4.8. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağına İlişkin Duyarlık ve Güvenilirlik Ölçütleri	79
4.9. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağının Ağına Ait Alternatif Dengelemeler ve Sonuçların Karşılaştırılması	89
4.10. Hatunsaray Test Ağı	93

4.11. Hatunsaray Test Ağı Ölçülerinin Elipsoid Yüzeyine, Oradan da Gauss-Krüger Projeksiyon Düzlemine indirgenmesi	95
4.12. Hatunsaray Test Ağındaki Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi ...	97
4.13. Test Ağının Serbest Dengelenmesi	98
4.14. Hatunsaray Test Ağında Uyuşumsuz Ölçüler Testi	101
4.15. Hatunsaray Test Ağının Dayalı Dengelenmesi	101
4.16. Hatunsaray Test Ağına İlişkin Duyarlık ve Güvenilirlik Ölçütleri ...	101
4.17. Hatunsaray Test Ağının Alternatifli Dengelenmesi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması	105
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	108
6. KAYNAKLAR	112



SİMGELER

A_0	Başlangıç noktası jeodezik semti.
A_H	Hata elipsi büyük yarı eksen.
A_G	Güven elipsi büyük yarı eksen.
$A (nxu)$	Katsayılar matrisi.
a	Referans elipsoidinin büyük yarı eksen.
B_0	Başlangıç noktası jeodezik enlemi.
B_H	Hata elipsi küçük yarı eksen.
B_G	Güven elipsi küçük yarı eksen.
\bar{B}	Topoğrafik - izostatik çekül sapması hesaplanacak noktanın coğrafi enlemi.
$B.N.$	Bakılan nokta.
$C (nxn)$	Ölçülere ilişkin varyans - kovaryans matrisi.
D	Denge yüzeyi derinliği.
$D.N.$	Durulan nokta.
$D.D.$	Gauss - Kruger projeksiyon düzlemindeki doğrultu.
dl_1	Yatay doğrultuya çekül sapmasından dolayı getirilecek indirgeme.
dl_2	Yatay doğrultuya hedef noktası yüksekliğinden dolayı getirilecek indirgeme.
dl_3	Yatay doğrultuya, normal kesitten jeodezik eğriye geçerken getirilecek indirgeme.
$E (.)$	Beklenen değer.
$E.D.$	Elipsoid yüzeyindeki doğrultu.
f	Gravitasyon sabitesi.
f_i	Gözlenmiş frekans.
f'_i	Beklenen frekans.
g	Yer yuvarı ağırlık ivmesi.
H	Yükseklik.
H_m	Baz kenarının ortalama elipsoidal yüksekliği.
h	Elipsoidal yükseklik.
\bar{h}	Topoğrafik-İzostatik çekül sapması hesaplanacak noktanın yüksekliği.
K_{xx}	Bilinmeyenlere ilişkin deneysel varyans-kovaryans matrisi.
L_0	Başlangıç noktası jeodezik boylamı.
L	Topoğrafik-İzostatik çekül sapması hesaplanacak noktanın coğrafi boylamı.

l ($nx1$)	Küçültülmüş ölçüler vektörü.
\hat{l} ($nx1$)	Dengelenmiş ölçüler vektörü.
M	Meridyen yönündeki eğrilik yarıçapı.
m_o	Dengeleme sonucunda elde edilen deneysel varyans.
m_x, m_y	Nokta koordinat bilinmeyenleri ortalama hatası.
m_p	Nokta konum hatası.
m_s	Ölçülen uzunluğun ortalama hatası.
N_i	Jeoid ondülasyonu.
N	Meridyene dik doğrultudaki eğrilik yarıçapı.
N (uxu)	Bilinmeyenler katsayılar matrisi.
n	Ölçü sayısı.
Ö.D.	Fiziksel yeryüzünde ölçülen doğrultu.
P (nxn)	Ölçülere ilişkin ağırlık matrisi.
\bar{P}	Topografik-İzostatik çekül sapması hesaplanacak nokta.
Q (nxn)	Ölçülere ilişkin ağırlık katsayılar matrisi.
Q_{α} (uxu)	Bilinmeyenlere ilişkin ağırlık katsayılar matrisi.
R_{α}	α doğrultusundaki normal kesit eğrilik yarıçapı.
R_o	Yeryuvarı yarıçapı.
R	Gauss ortalama eğrilik yarıçapı.
r_g	Matris rangı.
S_{ik}	i ve k noktaları arasındaki elipsoidal uzaklık.
s	Ölçülen baz.
s_o	Birim ölçünün ortalama hatasının öncül değeri.
T	Deniz yüzeyi derinliği.
T_{ik}	Elipsoid üzerinde jeodezik eğrinin açıklık açısı.
t_{ik}	Projeksiyon düzleminde açıklık açısı.
U	Nivo sferoidi potansiyeli.
u	Bilinmiyen sayısı.
V ($nx1$)	Dengeleme ile elde edilen düzeltmeler vektörü.
W_i	i noktasından geçen nivo yüzeyi potansiyeli
W_o	Jeoid potansiyeli.
y	Projeksiyon koordinatı.
y^o	Bilinmiyen parametrenin yaklaşık değeri.
x	Projeksiyon koordinatı.
x^o	Bilinmiyen parametrenin yaklaşık değeri.

x (ux1)	Küçültülmüş bilinmeyenler vektörü.
\hat{x} (ux1)	Dengeleme ile bulunan bilinmeyenler vektörü.
α_0	Başlangıç noktası astronomik semti.
α_{ik}	i noktasından k noktasına azimut.
β'	Ölçülen düşey açı.
γ	Normal ağırlık ivmesi.
δ	Refraksiyon açısı.
δ_h	Topoğrafik kütle yoğunluğu.
δ_T	Denizsuyu yoğunluğu.
δ_1	D derinliğindeki kütle kolonu yoğunluğu.
δ_{rik}	Açıklık açısı redüksiyonu.
δ_{sik}	Uzunluk indirgemesi.
ϵ	ik doğrultusunda çekül sapması bileşeni.
ϵ (nx1)	Gerçek düzeltme vektörü.
$\hat{\sigma}^2$	Bilinmeyen varyans faktörü.
σ^2	Apriori varyansın tahmin değeri.
ϕ_0	Başlangıç noktası astronomik enlemi.
ϕ	Astronomik enlem.
λ_0	Başlangıç noktası astronomik boylamı.
λ	Astronomik boylam.
θ	Hata elipsi büyük yarı ekseninin x doğrultusu ile yaptığı açı.
θ_G	Güven elipsi büyük yarı ekseninin x doğrultusu ile yaptığı açı.
χ^2_H	Şikarenin hesaplanan değeri.
χ^2_T	Şikarenin tablo değeri.
ζ	Çekül sapması kuzey - güney bileşeni.
ζ^t	Topoğrafik çekül sapması kuzey - güney bileşeni.
ζ^i	İzostatik çekül sapması kuzey - güney bileşeni.
ζ^{ii}	Topoğrafik - izostatik çekül sapması kuzey - güney bileşeni.
$\delta\zeta$	İndirgenmiş çekül sapması kuzey - güney bileşeni.
η	Çekül sapması doğu - batı bileşeni.
η^t	Topoğrafik çekül sapması doğu - batı bileşeni.
η^i	İzostatik çekül sapması doğu - batı bileşeni.
η^{ii}	Topoğrafik - izostatik çekül sapması doğu - batı bileşeni.
$\delta\eta$	İndirgenmiş çekül sapması doğu - batı bileşeni.
Ω	Düzeltilmelerin kareleri toplamı.

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun bugünkü teknolojik aşamayı gerçekleştirmesi ve yaşam seviyesini artırma çabaları, doğa koşullarını tanıma ve kendi yararına olabildiğince düzenleme istek ve heyecanı, belki de yaşama savaşının vazgeçilmez stratejilerinden biridir. İşte bu yaşam savaşı içerisinde doğa ve bilinmeyenlerini çözme çabalarının emek ve birikimleri bilim dallarının doğmasına neden olmuştur. Bilim dalları içerisinde kuşkusuz en eskilerinden biri olan jeodezi bilimi de insanoğlunun üzerinde yaşadığı yer yuvarını tanıma ve onun büyüklüğü, boyutları hakkında bilgi edinme ve bu bilgileri kendi yararına kullanma istek ve ihtiyacından doğmuştur.

Jeodezinin ana hedefi; jeodezik bulgu ve değerler yardımıyla yer yuvarının boyutları, süregelen ve değişen hareketleri, çekim alanı ve yer yuvarı kabuğundaki hareketleri incelemektir. Bu bilimsel araştırmaların ışığında, üzerinde yaşanan yer yuvarının tanınması ve bazı kabullerle tasvir edilebilmesi, ülkeler düzeyinde, askeri, ekonomik ve toplumsal faaliyetlerde kullanılmak üzere, kartografik ve kadastral amaçlarla büyük ve küçük ölçekli haritaların üretilebilmesi için ülke temel jeodezik ağları kurma zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Ülke temel jeodezik ağlarından, yukarıda belirtilen görev ve sorumluluklarını, günün şartlarına ve kullanım alanlarının ihtiyaçlarına cevap verebilecek düzeyde, yeterli hassasiyet ve güvenilirlikte olması beklenilir. Bu nedenle "ülke nirengi ağının büyük ölçekli harita yapımına uygunluğu" konusundaki bu çalışmada jeodezik ağlarda dengeleme modelinin kurulması, istatistik testler, duyarlılık ve güvenilirlik kavramları üzerinde durulup, ülke nirengi ağının büyük ölçekli harita yapımına uygunluğu incelenecektir.

1.1. Ülke Nirengi Ağlarının Tanım, Amaç ve Kapsamı

Ülke nirengi ağları jeodezik çalışma ve araştırmalarda amaç olmayıp birer araçlardır. Bu nedenle jeodezik ağların tanım, amaç, kapsam ve hizmet alanları çok iyi belirtilmelidir. Jeodezik ağların evrensel amaçları gözönüne alındığında, insanlar tarafından belirlenen yapay ülke sınırlarını aşacağından dolayı bu çalışmada tanım, amaç, kapsam ve hizmet alanları ülke düzeyinde ve bu sınırlar içerisinde verilmeye çalışılacaktır. Bu açıklamalar dahilinde ülke nirengi ağı tanımını şu şekilde verebiliriz :

"Ülke temel jeodezik ağları, ülke topraklarının bütününe kapsıyacak biçimde yeryüzüne belirli uygun aralıklarla işaretlenen ve birbirlerine göre konumları ve her birindeki gerçek gravite vektörünün bileşenleri, doğruluk dereceleriyle birlikte belirlenen noktaların oluşturdukları bir kümedir." (21)

Ülke nirengi ağlarının amaçları ise o ülkede yürütülecek askeri, ekonomik ve toplumsal faaliyetler başta olmak üzere, ülke kalkınmasında her tür plan ve projelere doğrudan veya dolaylı yoldan yardımcı ve altlık olmak diye tanımlanabilir. Ülkeden ülkeye farklılık gösteren ve belirli aşamalarında ülke nirengi ağına ihtiyaç duyulan bazı somut faaliyet örneklerini şu şekilde sıralayabiliriz :

"- Ülke temel haritalarının yapımı ve güncelleştirilmesi

- Ulusal savunma
- Her türlü kadastro
- İmar uygulamaları
- Belediye hizmetleri
- Arazi düzenlemesi
- Arazi kullanımının denetimi
- Arazi bilgi sistemi

- Kentsel ve kırsal alan planlamaları
- Doğal kaynakların envanteri
- Yeryuvarının geometrik biçimi ve büyüklüğünün belirlenmesi
- Yeryuvarının gravite alanının belirlenmesi
- Yapay yer uydu yörünge analizleri
- Petrol, maden ve cevher arama
- Yer dinamiği parametrelerinin belirlenmesi
- Depremlerin önceden kestirilmesi
- Sulama - Kurutma
- Enerji nakli
- Karayolu, demiryolu, vb. yol yapımı
- Su getirme - götürme
- Sanat yapılarının yapım ve denetimi
- Endüstri tesislerinin montajı ve denetimi
- Petrol, maden ve cevher çıkarma
- Çevre koruma ve düzenleme." (21)

Yukarıda sayılan somut faaliyetler kendi içlerinde farklı ağ yapılarına ihtiyaç göstermeleri yanında, ülke temel jeodezik ağlarda bugünkü uygulamalarda,

- Yatay kontrol (Nirengi) ağları,
- Düşey kontrol (Nivelman) ağları,
- Gravite ağları,

olmak üzere karşınıza çıkmaktadır. Ne var ki gelecekte bu üç tür ağın görevlerini ye-

rine getirecek tek bir ağıdan söz edilmektedir. Bu çalışmada sadece yatay kontrol ağı ele alınıp incelenecektir.

1.2. Jeodezi

Jeodezi yeryuvarının büyüklüğü, boyutları, çekim alanı ve hareketlerini kendisine inceleme ve araştırma alanı olarak seçen en eski bilim dallarından biridir. Jeodezi sözcüğü Yunanca kökenli olup dilimize Yunancadan girmiştir. Kelime anlamı olarak yeryuvarının tamamının veya belli bir parçasının ölçülerek ayrıntılarının belirlenmesi bilimi ve sanatı olarak tanımlanabilir.

Bu tanımlamalar bilim ve teknolojiadaki ilerlemelere paralel olarak tanım ve içeriğinde doğal olarak çeşitli değişim ve gelişmelere uğramıştır. Bu tanımlardan birkaçını sıralamaya çalışırsak :

Alman bilgini Helmert 1880 yılında jeodeziyi "Yeryüzeyinin ölçülmesi ve bir referans yüzeyine izdüşürülmesi bilimi" olarak tanımlamıştır.

Ne var ki çok karmaşık bir yüzey olan fiziksel yeryüzünde yapılan jeodezik ölçülerin değerlendirilebilmeleri için yeryuvarının şeklinin, boyutlarının ve modelinin belirlenmesi problemini de beraberinde getirmektedir. İleride sırasıyla açıklanacağı üzere jeodezik ölçülerin değerlendirilebilmeleri için tarafımızdan geometrik olarak tanımlanan ELİPSOİD ve fiziksel olarak tanımlanan ve ağırlık potansiyelinin nivo yüzeylerinden biri olan JEOD yardımcı yüzeylerinden yararlanarak jeodezik ölçülerin değerlendirilmesi problemini çözebiliyoruz. Bu açıklamalar doğrultusunda yeryuvarının ağırlık alanının belirlenmesi olayında jeodezi tanımında yerini almasıyla şu genel tanım ortaya çıkmaktadır.

Uluslararası jeodezi topluluğunun (IAG) 1975 Grenoble ve 1979 Canberra toplantılarında kabul edilen son tanım ise

"Jeodezi : Üç boyutlu ve zaman değişkenli uzayda, çekim alanında kapsamda olmak koşuluyla, yerin ve diğer gök cisimlerinin temsil edilmesi ve ölçülmesi ile ilgilenen bir bilimdir."

biçiminde yapılmıştır. (35)

Günümüzde artık jeodezi bilimi yeryuvarının şeklinin, boyutlarının ve çekim alanının belirlenmesi amacını gütmektedir.

1.3. Türk Haritacılığı ve Tarihsel Gelişimi

Diğer bilim ve sanat dallarında olduğu gibi haritacılık alanında da, Türk haritacılarının çalışma ve eserlerini görmekteyiz. Bu eserler halen günümüzde bizlerde hayranlık yaratmaktadır.

"1393 - 1449 yılları arasında yaşayan büyük Türk hükümdarı ve Astronomi bilgini ULUĞ BEY 1428'de Semerkant'ta bir gözlem evi kurarak, güneş ve gezegenlerin görünür hareketlerini inceleyerek gök cisimlerinin en duyarlı konum ve parlaklık ölçümlerini yapmıştır. 1018 yıldızın parlaklık ve konumlarını ihtiva eden büyük bir yıldız kataloğu yayınlamış olup çok değerli olan bu kataloğ 1498'de Farsça'ya çevrilmiş, 1665'de İngilizce basılmış, son olarak da 1917'de Washington'da Carnigie Enstitüsü tarafından basılmıştır.

Tüm dünyada bilim literatürlerinde adından söz edilen ULUĞ BEY'in ismi, ay üzerinde bir kratere de verilmiştir.

Bu günkü bilgilerimize göre, en eski Türk haritası, Büyük Türk Bilgini Kaşgarlı Mahmud'un DİVANÜ-LÜGAT-İT-TÜRK adlı eserindeki dünya haritasıdır.

Osmanlı İmparatorluğu'nun Genişleme Devrinde, Türk Denizcileri tarafından yapılmış haritalar mevcuttur. 1461 yılında, Türk Donanmasından İbrahim MÜRSEL

tarafından meydana getirilen AKDENİZ haritaları ile 1513 yılında, Amiral Piri REİS'in AMERİKA, AFRİKA ve ATLAS OKYANUSU'nu kapsayan renkli haritası, deniz kılavuzları ve planları ve SEYİD ALİ REİS'in birçok renkli haritaları içine alan BAS-RA Körfezi ve HİND Denizine ait MİRATÜL KAINAT adlı kitabı önemli eserlerdendir.

Yurdumuzda ilk atlas, 1803 yılında, DARÜT-TABAATİL-AMİRE adını taşıyan matbaanın müdürü Müderris Abdurrahman Efendi tarafından basılmıştır. Atlasın başında, Astronomi ve Coğrafya bilgilerini içeren bir bölüm bulunmaktadır, bunu renkli haritalar takip etmektedir.

Anadolu kıyılarının ilk bilimsel kıyı haritaları 19. yy ilk yarısında İngiliz ve Fransız deniz subayları tarafından alınmaya başlanmıştır. Aynı yüzyılda Anadolu'yu dolaşan gezginlerin getirdikleri bilgilerle ilk olarak Alman Coğrafya ve haritacısı Heinrich Kieperit tarafından, 1845'de 1:1.000.000 ölçekli bir Anadolu haritası, 1:250.000 ölçekli Batı Anadolu haritası gibi eserler ortaya konmuştur." (25)

"1818 yılında İstanbul'da haritacı personeli yetiştirmek üzere bir okul açılmış, daha sonraları Harp okulunun kurmay subay sınıflarına jeodezi dersleri konmuştur. Bu gelişmeler sonucu, 1895 yılında Paris'te jeodezi tahsili yapmış başta Türk Modern Haritacılığının kurucusu ve ilk Harita Genel Müdürü Korgeneral Mehmet Şevki ÖLÇENER olmak üzere Türk Subayları ile Fransa'dan getirilen uzmanlardan müteşekkil; Genel Kurmay Başkanlığına bağlı bir harita Komisyonu kurulmuş ve memleket haritalarının yapımına başlanmıştır.

Ayrıca Eskişehir ile civarının 1:10.000 ölçekli detaylı bir paftasının tersim ve basımında yapılmıştır. Bu harita Türkiye'de resmi bir askeri bilim topluluğu tarafından yapılan ve basılan ilk harita olup, bu nedenle 1895 yılı Türk Modern haritacılığının kuruluş yılı olarak kabul edilmektedir." (39)

Türkiye'de haritacılık alanında Türk Fransız ortak çalışmaları yapılmıştır.

Fransızların ülkelerine dönmelerinden sonra harita işleri aksamış ve sonunda 1909 yılında Harita Komisyonu bağımsız duruma getirilmiştir. Harita Komisyonu elipsoid olarak CLARKE elipsoidini ve projeksiyon olarak ta BONNE Projeksiyonunu benimsemiştir. Bu komisyonun 1909 yılında yapımına başladığı 1:200.000 ölçekli haritalar 1928 yılında bitirilmiştir.

"Cumhuriyet'ten sonra, ülke savunması ve kalkınmasındaki büyük önemi nedeniyle, haritacılık hizmetleri yeniden teşkilatlandırılmış ve 2 Mayıs 1925 tarihinde 657 sayılı "Harita Genel Müdürlüğü Kanunu" çıkarılarak bugünkü Harita Genel Komutanlığı kurulmuştur." (39)

"Ülkemizde, ilk haritacılık faaliyetlerinde, askeri amaçlar önde tutulmuştur. Ancak, taşınmaz malların teknik ve hukuksal yönünün tesbitini amaçlayan kadastro, harita ve harita bilgilerinin üretimi ilk olarak 1912 yılında bir kanun ile Konya İlinin Çumra ilçesinde başlamış, ancak 1. Dünya Savaşı nedeniyle çalışmalara ara verilmiştir. 1925 yılında ise Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde Kadastro Dairesi kurulmuştur. 1934 yılında 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanununun çıkarılması ile Kadastro haritalarının üretiminde yeni bir süreç başlatılmıştır.

Harita Genel Komutanlığı tarafından 1925 yılında yapımına başlanan 1:25.000 ölçekli ülke savunmasında kullanılan küçük ölçekli haritalar 5547 adet pafta olarak tüm Türkiye için bitirilmiştir. Bu haritaların yapımına, basit plançete ölçme yöntemiyle başlanmış, başta Avrupa olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde görülen fotogrametri-deki gelişmelere paralel olarak 1929 yılında yersel fotogrametri, 1937'de de hava fotogrametrisi uygulanmasına başlanmıştır.

Günümüzde ülke kalkınması ve mühendislik hizmetlerinin tasarımı ve projelendirilmesinde temel olarak kullanılan 1:5.000 ölçekli topografik haritaların fotogrametrik yöntemle üretimine, Harita Genel Komutanlığınca 1945 yılında, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce 1955 yılında başlanmıştır. Halen adı geçen bu iki kuru-

luşça 1:5.000 ölçekli topoğrafik haritaların fotogrametrik yöntemle üretimine devam edilmektedir.

2.1.1925 tarih 657 sayılı Harita Genel Müdürlüğü Kanununun bazı maddelerini değiştiren 9.1.1961 tarih ve 203 sayılı Kanun ile Harita Genel Komutanlığı ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü dışındaki diğer tüm kurumların üreteceği haritaların ancak yersel ölçme yöntemiyle ve yalnızca 1:2000 ve daha büyük ölçekte (1:1000, 1:500 gibi) olacağı belirtilmiştir. Gerçek anlamda büyük ölçekli topoğrafik harita yapımına 1959 yılında başlanmıştır." (25)

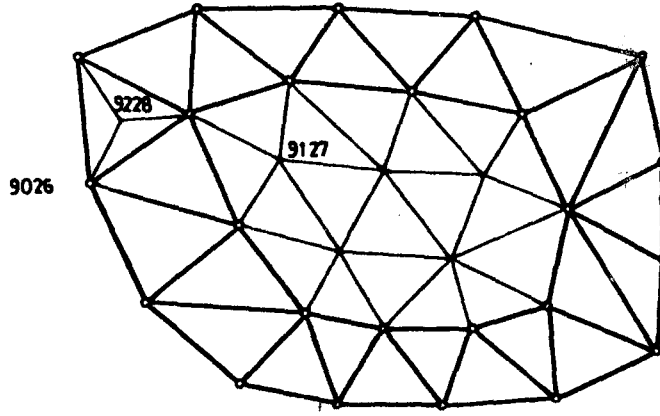
Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından genelde 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:2500, 1:5000 ölçeklerinde, Orman Genel Müdürlüğü tarafından 1:5000, 1:10000 ölçekli haritalar yapılmaktadır. Bunun gibi birçok kuruluş tarafından büyük ölçekli haritalar yapılmaktadır. 31 Ocak 1988 yılında çıkarılan "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" yürürlüğe girdikten sonra bu büyük ölçekli haritalar ülke nirengi ağına bağlanmaya başlanmıştır.

1.4. Türkiye Nirengi Ağının Kuruluş, Ölçü ve Değerlendirilmesi

Türkiye Nirengi ağı hakkında bilgi vermeden önce ağı oluşturan noktaları şu şekilde sınıflandırabiliriz :

- a- I. Derece, siyah noktalar,
- b- II. Derece 1. kademe, kırmızı noktalar,
- c- II. Derece 2. kademe, yeşil noktalar,

olmak üzere (Şekil 1.1) numaralamada örneğin,



Şekil 1.1

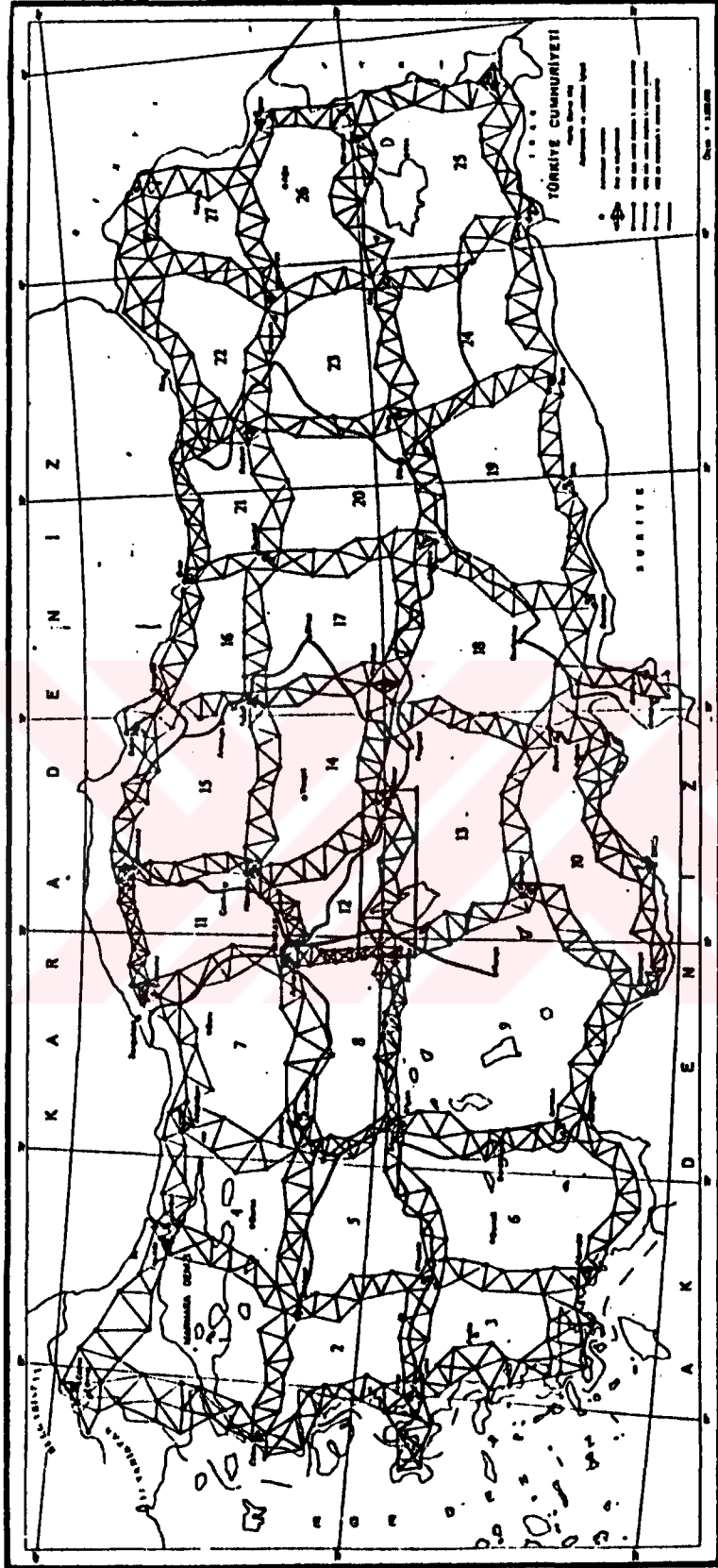
9026 : 9. Poligon I. Derece 26 numaralı siyah nokta,

9127 : 9. Poligon II. Derece 1. kademe, 27 numaralı kırmızı nokta,

9228 : 9. Poligon II. Derece 2. kademe, 28 numaralı yeşil nokta,

ifade edilir.

Bilindiği üzere Türkiye Birinci derece Nirengi ağı, Nirengi poligonu dediğimiz 27 adet halka zincirinden oluşmuştur ve tüm ülke yüzeyini kapsamaktadır (Şekil 1.2.). Bu zincirler kenarları 25-35 km. uzunluğundaki üçgenlerden oluşmaktadır. Ayrıca bu zincirlerin uzunlukları 180-200 km civarında olup her zincir ucunda birer tane baz yine zincir uçlarında birer ve bazı uzun zincirlerin ortalarında bir nirengi noktasında astronomik ölçüler (enlem, boylam, astronomik semt) yapılmıştır. Bu noktalar astronomik nokta veya LAPLACE noktası olarak adlandırılmaktadır. Bu noktalardan Türkiye nirengi ağında 98 adet bulunmaktadır. Triyangülasyon yönteminde oluşturulan ağa ölçek verebilmek için Türkiye Nirengisinde 1942-1952 yılları arasında uzunlukları ortalama 5-8 km ve rölatif ortalama hataları 1:1000000 olan 41 adet baz ölçüsü invar telleri yardımıyla ölçülmüştür. Bunlardan en kısa olanı Ordu bazı 3003.2672 m ve rölatif ortalama hatası 1:5730000, en uzun, İzmir bazı 11188.6232 m. ve rölatif ortalama hatası 1:7080000 dir.



Şekil 1.2

Türkiye birinci derece nirengi ağında açılar bütün kombinasyonları ile açı ölçümü ve silsile yöntemiyle, saniyenin ondasına kadar ve 24 silsile olarak ölçülmüştür. Bu noktalardaki istasyon dengelemelerinde bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 1.5^{cc}$ olarak bulunmuştur. Türkiye birinci derece nirengi ağındaki siyah noktaların sayısı 786 adet olup ikinci derece noktalarla beraber Türkiye nirengi ağının iskeletini oluştururlar.

Türkiye nirengi ağındaki ikinci derece (2. derece) kırmızı noktalar birinci derece nirengi noktalarının oluşturduğu halka zincirlerin arasındaki boşlukları doldurmak amacıyla birinci derece noktalara dayalı olarak yani, birinci derece noktalar sabit tutularak ve ikinci derece noktaların birbirleri ile ilişkileri sağlanarak, üçgen kenarları 10-20 km arasında olan bir yüzey ağı yapısında tümünden dengelenerek noktaların konumları belirlenmiştir. Kırmızı noktalardaki doğrultu ölçüleri 12 silsile olarak yapılmıştır ve istasyon dengelemeleri sonucu bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 3.0^{cc}$ olarak bulunmuştur.

İkinci derece ikinci kademe (II. Derece, 2. kademe) yeşil noktalar ise birinci derece noktalara dayalı olarak ve tek tek belirlenmiş noktalardır. Bu noktalarda doğrultu ölçüleri 8 silsile olarak yapılmıştır ve istasyon dengelemesi sonucu bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 5.0^{cc}$ olarak bulunmuştur.

Türkiye'de 1:25000 ölçekli topoğrafik ve 1:5000 ölçekli standart topoğrafik harita yapımında kullanılmak ve yeterli kontrol noktası sıklığını sağlamak amacıyla 3. ve 4. derece noktalar tesis edilmiştir. Bu noktalar genellikle kendilerinden önce belirlenen noktalara sadece doğrultu ölçüleri yapılarak teker teker belirlenmiş noktalardır. 3. derece noktalar ülke nirengi ağındaki 1. ve 2. derece veya daha önce belirlenmiş 3. derece noktalara dayalı olarak belirlenmektedir. 4. derece noktalar ise 1., 2. ve 3. derece noktalardan kestirme yöntemiyle elde edilen noktalardır.

31 Ocak 1988 gün ve 19711 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" yürürlüğe girdikten sonra her türlü

jeodezik çalışmaların ülke Nirengi ağına bağlanması zorunluluğu beraberinde ülke nirengi ağının büyük ölçekli harita yapımına uygunluğu sorununu getirmiştir. Bu çalışmada bu soruya cevap aranacaktır.

Türkiye Nirengi Ağının değerlendirilmesinde HAYFORD 1910 elipsoidi kullanılmıştır. Hayford elipsoidinin konumlandırılması, yönlendirilmesi ve başlangıç noktası seçiminde Türkiye'de iki sistem uygulanmıştır.

1- Ulusal Datum

2- Avrupa 1950 Datumu

Ulusal Datumda Ankara yakınındaki Meşedağ nirengi noktası başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Yani bu noktada astronomik gözlemlerle belirlenen astronomik enlem φ_0 , astronomik boylam λ_0 , astronomik semt α_0 yine o noktadaki jeodezik enlem B_0 , jeodezik boylam L_0 ve jeodezik semt A_0 birbirlerine eşit alınmıştır.

$$\varphi_0 = B_0$$

$$\lambda_0 = L_0$$

$$\alpha_0 = A_0$$

Bu başlangıca göre diğer noktaların elipsoidal koordinatları ve Gauss-Kruger projeksiyon koordinatları hesaplanmıştır.

Avrupa 1950 Datumuna ise Avrupa datumunda koordinatları belli komşu ülke noktalarına doğrultu ölçmek suretiyle ulusal datumdaki koordinat değerleri Avrupa datumuna dönüştürülmüştür. Türkiye Nirengisinde 1931 yılından sonra Gauss-Krüger projeksiyonu kullanılmıştır. Bu projeksiyon üzerinde ileride durulacaktır.

Türkiye temel yatay kontrol ağının ilk dengeleme adımı, 1954 yılında gerçekleştirilerek Türkiye Ulusal datumu (TUD-54) oluşturulmuştur. Bu dengelemede veri olarak 3538 doğrultu ölçüsü, 40 adet baz ve 98 astronomik (azimut) ölçü kullanılmıştır. Dengeleme hiçbir uluslararası bağlantı ile sınırlandırılmaksızın, koşullu

(baz, azimut) dolaylı ölçüler dengelemesi, yöntemiyle gerçekleştirilmiş dengeleme tamamlandıktan sonra ağı, iç duyarlılığı bozulmaksızın Avrupa Datumuna (ED-50) bağlanmıştır. Dengeleme sonunda birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatası $0''.681$ olarak belirlenmiştir.

Ancak o aşamada jeoid yükseklikleri ve çekül sapmalarına ilişkin bilgiler mevcut olmadığından ölçülere gerekli indirgemeler uygulanamamıştır. Dengeleme, hesaplama kolaylığı nedeniyle başlangıç noktası 39 derece standart paraleli 35 derece doğu meridyeni olan Lambert, konik, konform projeksiyonunda yürütülmüştür. (14)



2. YERYUVARI MODELİ OLARAK ALINAN YÜZEYLER VE JEODEZİK ÖLÇÜLERİN İNDİRGENMESİ

2.1. Yeryuvarı Modeli Olarak Alınan Yüzeyler

Günümüzde jeodezi bilimi yeryuvarının şeklinin ve boyutlarının belirlenmesi amacını gütmektedir. Yapılan jeodezik ölçülerin değerlendirilebilmesi için bu iki kavrama ihtiyaç vardır. Bu nedenle yeryuvarı modelinin oluşturulmasında aşağıdaki yüzeyler tanımlanabilir :

- a- Fiziksel yeryüzü
- b- Nivo yüzeyleri
- c- Jeoid
- d- Nivo sferoidi ve normal sferoid
- e- Referans (izdüşüm) elipsoidi
- f- Küre
- g- Yatay düzlem

Fiziksel Yeryüzü : Yeryuvarının katı ve sıvı kısımları ile atmosferin ara kesiti olan ve jeodezik ölçülerin üzerinde yapıldığı yüzeydir (Şekil 2.1.).

Nivo Yüzeyi : Gerçek gravite vektörü olan çekül doğrultularını dik olarak kesen yüzey, diğer bir deyişle aynı potansiyelli noktaların oluşturduğu veya iş değeri eşit noktaların oluşturduğu kapalı yüzeylere nivo yüzeyleri, eş potansiyelli yüzeyler veya seviye yüzeyleri denir.

$$W_i(x, y, z) = C_i = \text{Sabit} \quad (2.1.1)$$

eşitliği ile tanımlanırlar. Yukarıdaki eşitlikte seçilecek her bir C_i sabit değerine karşılık

ayrı bir nivo yüzeyi tanımlanabilir. Nivo yüzeyleri birbirlerini kesmezler, aynı zamanda birbirlerine paralel de değildirler. Bu nedenle nivo yüzeylerini her zaman dik olarak delen çekül doğrultuları da bir doğru olmayıp eğridirler. Yalnız bu eğrilik çok küçük olduğundan jeodezik ölçülerin değerlendirilmesinde dikkate alınmaz.

$W(x, y, z)$ potansiyel farkının türevi alırsa

$$dw = \frac{\partial w}{\partial x} dx + \frac{\partial w}{\partial y} dy + \frac{\partial w}{\partial z} dz \quad (2.1.2)$$

ya da vektörel yazılışı ile

$$\vec{dx} = \vec{dx}_i + \vec{dy}_j + \vec{dz}_k, \quad \vec{g} = \text{grad}W \quad (2.1.3)$$

ile

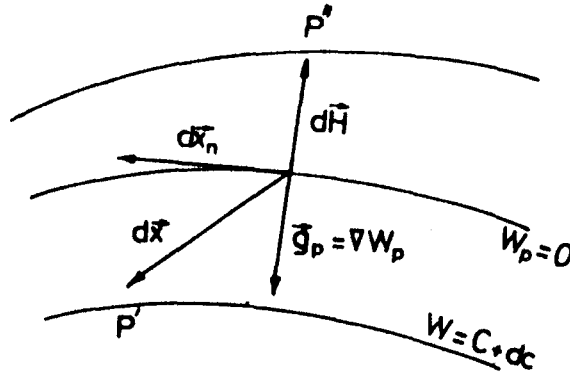
$$dW = \text{grad } W \cdot \vec{dx} = \vec{g} \cdot \vec{dx} = g dx \cos(\vec{g}, \vec{dx}) \quad (2.1.4)$$

olur. Eğer \vec{dx} vektörü, $W = \text{sabit}$ yüzeyi üzerinde bulunursa bu takdirde $dW = 0$ olur.

Bu hal için \vec{dx} vektörü

$$\vec{dx} = \vec{dx}_n, \quad \vec{g} \cdot \vec{dx}_n = 0 \quad (2.1.5)$$

olarak gösterilirse, bu durumda iki vektörün skaler çarpımının 0 olması için bu iki vektörün birbirine dik olması gerekir, kuralı gereğince \vec{g} ağırlık ivmesi nivo yüzeyine diktir. A noktasında çekül eğrisi \vec{g} ağırlık ivmesine teğet olduğundan çekül eğrileri nivo yüzeylerine diktirler.



Şekil 2.1

Yol elemanı \vec{dx} , \vec{dH} ile çakışık olarak düşünürsek ve $dw = gdx \cos\alpha$ eşitliğini buna göre yazarsak,

$$\vec{dx} = \vec{dH} \quad (2.1.6)$$

$$dw = \vec{g} \vec{dH} \cos\alpha \quad (2.1.7)$$

ve $\alpha = 200^\circ$ olur.

$$dw = \vec{g} \vec{dH} \cos 200^\circ = -gdH \quad (2.1.8)$$

olur ki bu eşitlik yükseklik değişimi ile ağırlık ivmesi arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu son eşitliğe göre (2.1.8) g hiçbir zaman sıfır olmayacağından ve dw da sabit olduğundan dH da sıfır olamaz, yani nivo yüzeyleri kesişmezler.

Ayrıca g değişken olduğu için dH da değişken olur. Çünkü çarpımları, yani $g \cdot dH$ sabittir. O halde nivo yüzeyleri paralel de değildirler. (35)

Jeoid : Gelgit olayı, rüzgar ve akıntıların etkisinde olmayan durgun deniz yüzeyinin karaların altından devam ettiğini varsaydığımız, yer yuvarını oluşturan kütlelerin homojen olmamasından dolayı yoğunluk değişmelerine göre farklı denklemler ve sürekli eğriliği olan değişik yüzey parçalarından meydana gelen kapalı yüzeye yer-yuvarının matematiksel şekli denir. 1872 tarihinde LISTING bu yüzeye jeoid adını vermiştir ve ülke ölçmelerinde üzerinde analitik hesaplar yapılamayacağından dolayı jeoid sadece yeryüzü noktalarının yüksekliklerinin belirlenmesinde başlangıç yüzeyi olarak kullanılır.

Nivo sferoidi : Nivo yüzeylerinin denklemi $W_i(x, y, z) = C = \text{sabit}$ olarak yazılmıştır. Bu eşitlikteki W potansiyeli yakınsak bir seridir. Bu serinin küçük terimleri toplamı T ile gösterilirse eşitlik,

$$W = U + T \quad (2.1.9)$$

şekline dönüşür. Jeodezik hesaplarda T artık bir terim olduğundan gözardı edilirse

$$U = C = \text{sabit} \quad (2.1.10)$$

olan bir yüzey karşımıza çıkar. Bu yüzeye nivo sferoidi denir.

Normal sferoid : $W = \text{sabit}$ olan bir nivo yüzeyinin bir noktasındaki yerçekimi ivmesi g hesap yolu ile bulunamadığı halde, $U = \text{sabit}$ olan bir nivo sferoidinin üstündeki bir noktanın "normal ağırlık γ " denilen yer çekimi ivmesi hesap yolu ile bulunabilir. Şekil ve boyut yönünden bir kabulle tarif edilmiş, uygun bir kütle dağılımında olduğu öngörülen bir nivo sferoidine ise normal sferoid denir. (36)

Referans elipsoidi : Ülke ölçmelerinde jeodezik ölçülerin değerlendirilebilmesi için ve noktaların durum koordinatlarının hesaplanabilmesi için, üzerinde matematiksel bağıntıların kurulabileceği, kutuplarda hafif basık dön elipsoide referans yüzeyi, belli bir ülke için seçilen bu dön elipsoide de referans elipsoidi denir.

Küre : 5000 km^2 den küçük alan ve ülkelerin ölçüsünde referans elipsoidi yerine küre referans yüzeyi olarak kullanılır.

Düzlem : $7 \times 7 \text{ km}^2$ den küçük alanların ölçüsünde yeryüvarı eğriliği gözardı edilerek referans yüzeyi olarak düzlem kullanılır.

2.2. Jeodezik Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine İndirgenmesi

Jeodezik ölçüler, ancak üzerinde analitik hesapların yapılabildiği bir yüzey üzerinde olmaları durumunda değerlendirilebilirler. Harita üretmek amacıyla yapılan (Doğrultu, uzunluk, v.b) jeodezik ölçümler fiziksel yeryüzü üzerinde olmaktadır. Ne var ki fiziksel yeryüzü, nivo yüzeyleri ve jeoid üzerinde analitik hesaplar yapılamamaktadır. Bu nedenle ölçülerin fiziksel yeryüzünden, üzerinde analitik hesapların yapılabileceği ve fiziksel yeryüzüne en iyi uyabilen referans yüzeylerine (Elip-

soid, küre, v.b) indirgenmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada referans yüzeyi olarak elipsoid kullanılacak, tüm tanım ve eşitlikler buna göre verilecektir.

Jeodezik ölçülerin elipsoid yüzeyine indirgenmeleri şu şekilde sıralanabilir :

A- Yatay Açıların elipsoid yüzeyine indirgenmesi

- 1- Çekül sapmasından dolayı indirgeme,
- 2- Hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme,
- 3- Normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme.

B- Düşey Açıların elipsoid normaline indirgenmesi

C- Astronomik Azimutların elipsoidde indirgenmesi

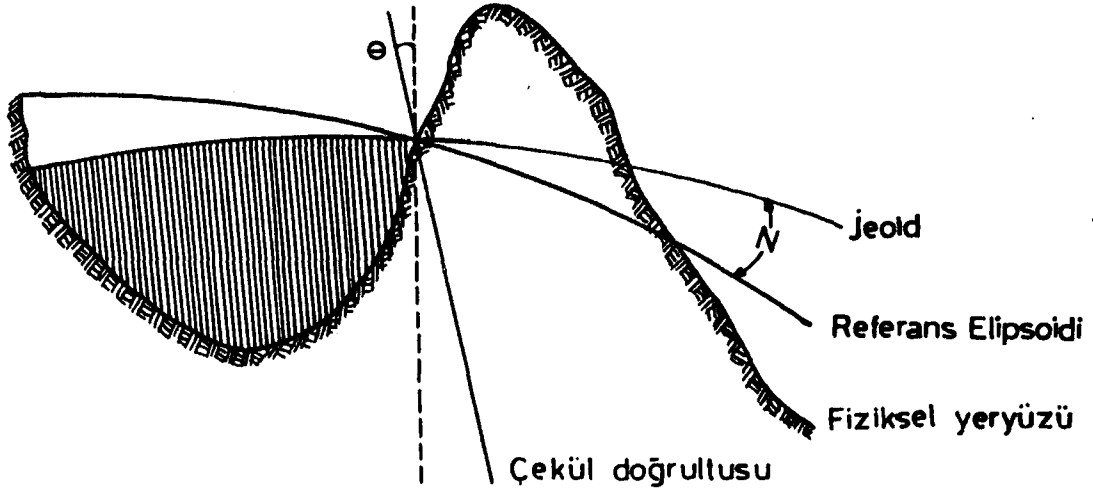
D- Uzunlukların elipsoid yüzeyine indirgenmesi

- 1- Baz ölçülerinin elipsoid yüzeyine indirgenmesi,
- 2- Eğik uzunluk ölçülerinin elipsoid yüzeyine indirgenmesi.

2.2.1. Yatay açıların elipsoid yüzeyine indirgenmesi

2.2.1.1. Yatay açıların çekül sapmasından dolayı elipsoid yüzeyine indirgenmesi

Fiziksel yeryüzünde tesis edilen nirengi noktaları referans elipsoidine bu elipsoidin o noktadaki normali boyunca Helmert izdüşümü yöntemiyle izdüşürülürler. Yalnız başlangıç noktası hariç diğer tüm noktalarda fiziksel yeryüzündeki gerçek gravite vektörü olan çekül doğrultusu ile bu aynı zamanda doğrultu ölçer aletin (teodolit) asal eksenidir, referans elipsoidinin normali çakışmayacaktır. Aradaki bu açısal farka "θ" bağıl çekül sapması denir (Şekil 2.2). Daha açık belirtmek gerekirse fiziksel yeryü-



Şekil 2.2

zünde ölçülen bir yatay açı arakesiti çekül doğrultusu olan iki düşey düzlemin ölçük açısıdır. Oysa hesaplamalar referans elipsoidi üzerinde yapıldığına göre çekül doğrultusu arakesitleri yerine referans elipsoidi normalleri geçmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi, çekül doğrultuları ile referans elipsoidi normalleri çakışmamaktadır. Bu çakışmama olayı ise iyi düzeçlenmemiş bir teodalitle yapılan yatay açı ölçmelerindeki hataya benzer bir hata meydana getirmektedir. Bu nedenle ölçülen yatay açılar elipsoid yüzeyine indirgenirken durulan (alet kurulan) noktadaki çekül sapmasından dolayı bir düzeltme getirilmesi gerekmektedir.

Bir noktada bağıl çekül sapmasının " ζ , η " bileşenleri ile o noktanın elipsoidal yüksekliği " h " biliniyorsa, Helmert izdüşümüne göre çekül sapmasından dolayı indirgeme miktarı,

ζ : Çekül sapmasının kuzey - güney bileşeni,

η : Çekül sapmasının doğu - batı bileşeni,

h : Elipsoidal yükseklik,

H : Noktanın jeoidden olan yüksekliği,

N : Jeoid ondülasyonu

i : Durulan nokta numarası,

k : Bakılan nokta numarası,

$dl^{(1)}_{ik}$: Çekül sapmasından dolayı indirgeme miktarı

$$h = H + N \quad (2.2.1.1.1)$$

olmak üzere,

$$dl^{(1)}_{ik} = - \frac{h_k - h_i}{S_{ik}} (\zeta_i \sin\alpha_{ik} - \eta_i \cos\alpha_{ik}) + \rho \cdot \sin \frac{S_{ik}}{2a} \cdot (\zeta_i \sin\alpha_{ik} - \eta_i \cos\alpha_{ik}) \quad (2.2.1.1.2)$$

eşitliği ile hesaplanır (34). Burada,

S_{ik} : i ve k noktaları arasındaki elipsoidal uzunluk,

α_{ik} : i den k ya azimut,

a : Referans elipsoidinin büyük yarı eksenidir.

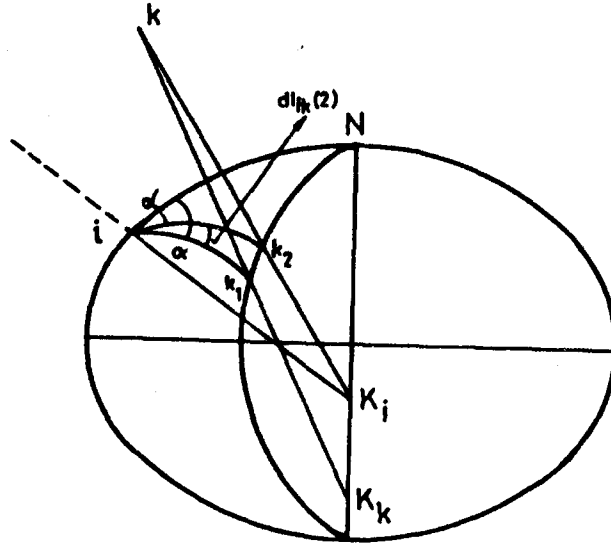
Eğer Pizzetti izdüşümü kullanılıyor ise çekül sapmasından dolayı indirgeme miktarını veren eşitlik :

$$dl^{(1)}_{ik} = \frac{h_k - h_i}{S_{ik}} \left[(\zeta_k - \zeta_i) \sin\alpha_{ik} - (\eta_k - \eta_i) \cos\alpha_{ik} \right] + \frac{h_i}{S_{ik}} \cdot (\zeta_i \sin\alpha_{ik} - \eta_i \cos\alpha_{ik}) \quad (2.2.1.1.3)$$

olur. (36)

2.2.1.2. Yatay açıların hedef yüksekliğinden dolayı elipsoid yüzeyine indirgenmesi

Yatay açıların ölçülmesi esnasında durulan nokta i ve bakılan nokta k olmak üzere her iki noktada fiziksel yeryüzündedirler.



Şekil 2.3

Şekil 2.3'den görüleceği üzere i nolu noktadan k nolu noktaya gözlem yapıldığında i noktasındaki aletin asal eksenini ile i K_i normaline çakışmıştır. Ayrıca burada oluşan gözleme düzlemi ise i K_i normaline ile k noktasının oluşturduğu düzlemdir. i Noktasının yani durulan noktanın yüksekliği ne kadar değişirse değişsin aletin asal eksenini i K_i normaline ile çakışık kalacaktır ve gözleme düzlemi değişmeyecektir. İşte bu nedenle durulan noktanın yüksekliğinin yatay açı ölçüsüne etkisi olmayacaktır. Bundan dolayı i noktası elipsoid üzerinde alınmıştır. Bakılan nokta k 'da ise durum değişiktir. K noktasından geçen meridyeni i K_i gözleme düzlemi k_2 noktasında keser. Ayrıca k noktasının normaline K_k ise aynı meridyeni k_1 noktasında deler ve k noktasını referans elipsoidi üzerinde k_1 noktası temsil eder. Böylece i K_i normaline ve k noktasından geçen düşey düzlem içerisinde ölçülen bir azimut α' ve k noktasının referans elipsoidine indirgenmesinden dolayı k K_k normaline ile i noktasından geçen düşey düzlem içerisinde bulunan diğer bir azimut α oluşur. Bu iki azimut farkı $dl_{ik}^{(2)} = k_1$ k_2 hesaplanıp ölçülen doğrultulara getirilmelidir. Diğer bir deyişle k bakılan noktanın elipsoidten olan h yüksekliği nedeniyle oluşan bu açısal fark aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanıp ölçülen doğrultulara getirilmelidir.

$$dl^{(2)}_{ik} = \alpha' - \alpha = \frac{h}{N_i} \eta_i^2 \rho (\text{Sin}\alpha_{ik} \text{Cos}\alpha_{ik} - \frac{S_{ik}}{2N_i} \cdot$$

$$\text{Sin}\alpha_{ik} \text{Tan}\varphi_i)$$

(2.2.1.2.1)

Bu eşitlikte ;

h : k bakılan (hedef) noktanın yüksekliği,

N : Meridyene dik doğrultudaki eğrilik yarıçapı,

$$\eta_i^2 = e'^2 \text{Cos}^2 \varphi_i,$$

s : İki nokta arasındaki uzaklık,

φ_i : Durulan noktanın enlemi

dir.

(2.2.1.2.1) Eşitliği kısaltılarak şu şekilde yazılabilir :

$$dl^{(2)}_{ik} = K \text{Cos}^2 \varphi_i \text{Sin} 2 \alpha_{ik} h_k \text{ [km]} \quad (2.2.1.2.2)$$

burada,

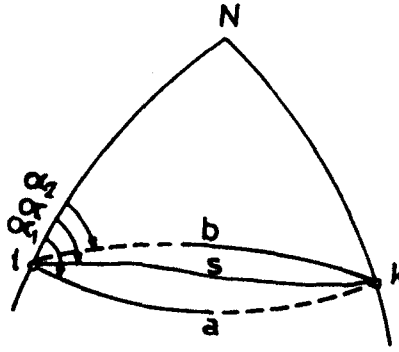
$$K \text{ (Hayford elipsoidi için)} = 0.1087''$$

$$K \text{ (Bessel elipsoidi için)} = 0.1079''$$

değerindedir. (36)

2.2.1.3. Yatay açıların normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgenmesi

Jeodezik ölçüler fiziksel yeryüzünde, hesaplar ise referans elipsoidi üzerinde yapılmaktadır. Yatay açı ölçüleri yapılırken i durulan ve k bakılan noktalar aynı merid-



Şekil 2.4

yen veya aynı paralel daire üzerinde değilseler bu noktaları birleştiren ve gözlenen doğrultuların içerisinde bulunduğu farklı normal kesitler oluşacaktır. Daha açık belirtmek gerekirse elipsoid üzerinde üç farklı noktayı birleştiren doğrultuların oluşturacağı normal kesitler bir kapalı üçgen oluşturmazlar. Ancak ardışık noktaları birleştiren normal kesitler bu noktaları birleştiren en kısa yol olan "S" jeodezik eğriye indirgenirlerse o zaman kapalı bir üçgen oluştururlar. Bu nedenle ölçülen doğrultular normal kesitten jeodezik eğriye indirgenmelidir.

Şekil 2.4'den görüleceği üzere elipsoid yüzeyi üzerinde i noktasının normali K_i ile k noktasını içine alan düzlemin elipsoidle arakesiti olan \widehat{iak} eğrisi i noktasından k noktasına olan normal kesittir ve i den k ya gözlenen doğrultu bu normal kesiti oluşturan düzlem içerisinde. Yine k noktasının normali K_k ile i noktasını içine alan düzlemin elipsoidle arakesiti olan \widehat{kbi} eğrisi k noktasından i noktasına olan normal kesittir ve k dan i ye gözlenen doğrultu bu normal kesiti oluşturan düzlem içerisinde. Bu normal kesitler birbirlerinden farklıdır. Ancak i ve k noktaları arasında en kısa yol olan "S" elipsoid üzerinde jeodezik eğri ve küre üzerinde büyük daire yayı yalnız bir tanedir. " α_1 " " \widehat{iak} " normal kesitinin ve " α " i den k noktasına olan "S" jeodezik eğrinin astronomik azimutlarını göstermek üzere ölçülen doğrultuların jeodezik eğriye

indirgenmesindeki eşitlik şu şekilde yazılabilir.

$$dl^{(3)}_{ik} = \alpha_i - \alpha = \rho \frac{\eta^2_i S^2_{ik}}{6N_i^2} \text{Sin}\alpha_{ik} \text{Cos}\alpha_{ik} - \rho \frac{\eta^2_i S^3_{ik}}{24N_i^3} \cdot \text{Sin}\alpha_{ik} \text{Tan}\varphi_i \quad (2.2.1.3.1)$$

Bu eşitliğin Hayford elipsoidi için kısaltılmış şekli,

$$dl^{(3)}_{ik} = -0.028'' \text{Cos}^2 \varphi \text{Sin} 2 \alpha_{ik} \left(\frac{S_{ik} [\text{km}]}{100} \right)^2 \quad (2.2.1.3.2)$$

olur. (36)

Bu eşitliklerde

$$\eta^2_i = e'^2 \text{Cos}^2 \varphi_i$$

S_{ik} : İki nokta arasındaki uzaklık

N_i : Meridyene dik doğrultudaki eğrilik yarıçapı

α_{ik} : i den k ya azimut

$$\bar{\varphi} = (\varphi_i + \varphi_k) / 2$$

dir.

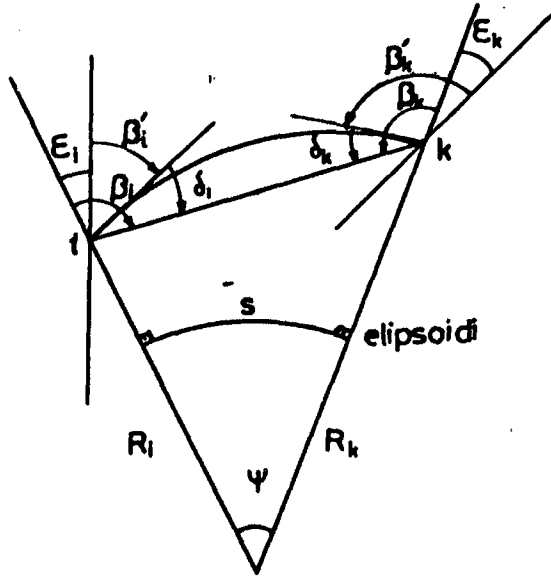
$$E.D_{ik} = \ddot{O}.D_{ik} + dl^{(1)}_{ik} + dl^{(2)}_{ik} + dl^{(3)}_{ik} \quad (2.2.1.3.3)$$

$\ddot{O}.D_{ik}$: Fiziksel yeryüzünde ölçülen doğrultu.

$E.D_{ik}$: Elipsoid yüzeyindeki doğrultu.

2.2.2. Düşey açıların elipsoid normaline indirgenmesi

β' Düşey açı ölçülerini, δ refraksiyon açısını, ϵ ik doğrultusunda çekül sap-



Şekil 2.5

ması bileşenini göstermek üzere, β' düşey açıların elipsoid normaline indirgenmiş değerleri β , Şekil 2.5'ten hesaplanabilir,

$$\beta_i = \beta'_i + \varepsilon_i + \delta_i, \quad \beta_k = \beta'_k - \varepsilon_k + \delta_k \quad (2.2.2.1)$$

olur. Çekül sapması bileşenleri,

$$\varepsilon_i = \zeta_i \cos\alpha_{ik} + \eta_i \sin\alpha_{ik}, \quad \varepsilon_k = \zeta_k \cos\alpha_{ki} + \eta_k \sin\alpha_{ki} \quad (2.2.2.2)$$

dir. Refraksiyon açıları ise,

$$\delta_i = S k_i \rho / 2R_i, \quad \delta_k = S k_k \rho / 2R_k \quad (2.2.2.3)$$

eşitliklerinden hesaplanır. (40)

2.2.3. Astronomik azimutların elipsoide indirgenmesi

Fiziksel yeryüzünde astronomik gözlemlerle elde edilen ve ortalama kutup

noktası CIO ya indirgenmiş astronomik azimut α , LAPLACE denklemi yardımıyla elipsoidal azimut A ya indirgenir. Bu iki azimut arasındaki fark :

$$\Delta\alpha = \alpha - A \quad (2.2.3.1)$$

eşitliği ile verilir. Ayrıca $\Delta\alpha$ iki parçadan oluşur.

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 \quad (2.2.3.2)$$

Burada (ζ , η) durulan noktanın çekül sapması bileşenleri olmak üzere,

$$\Delta\alpha_1 = \eta \tan \varphi \quad (2.2.3.3)$$

$$\Delta\alpha_2 = (\zeta \sin A - \eta \cos A) \cotg \beta \quad (2.2.3.4)$$

hesaplanır. Buradan LAPLACE denklemi

$$A = \alpha - \Delta\alpha \quad (2.2.3.5)$$

$$A = \alpha - [\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2] \quad (2.2.3.6)$$

$$A = \alpha - [\eta \tan \varphi + (\zeta \sin A - \eta \cos A) \cotg \beta] \quad (2.2.3.7)$$

elde edilir.

Birinci derece nirengi ağlarında doğrultular genellikle yataya yakın olduğundan $\beta = 90^\circ$ dir. Dolayısıyla $\cotg \beta = 0$ olur. Böylece $\Delta\alpha_2$ düzeltilmesi ihmal edilirse basitleştirilmiş LAPLACE denklemi

$$\Delta\alpha = (\Lambda - \lambda) \text{Sin} \varphi = \eta \tan \varphi \quad (2.2.3.8)$$

$$A = \alpha - \eta \tan \varphi \quad (2.2.3.9)$$

olarak elde edilir.

Buradan elde edilen azimuta hedef noktası yüksekliğinden ve normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarları getirilerek elipsoide indirgenmiş azimut elde edilir. (7)

2.2.4. Ölçülen uzunlukların elipsoid yüzeyine indirgenmesi

2.2.4.1. Baz ölçülerinin elipsoid yüzeyine indirgenmesi

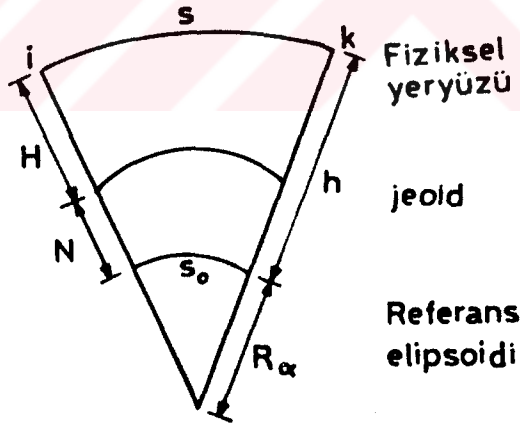
Ülke Nirengi ağları kurulurken ölçek vermek amacıyla ağın belli yerlerindeki noktalar arası uzunluklar fiziksel yeryüzünde ölçülürler. Bunlara baz denir.

Baz ölçülerinin referans elipsoidine tam olarak indirilebilmeleri için baz noktalarındaki çekül sapması bileşenleri (ζ , η) ve jeoid ondülasyonu (N) in bilinmesi gerekmektedir.

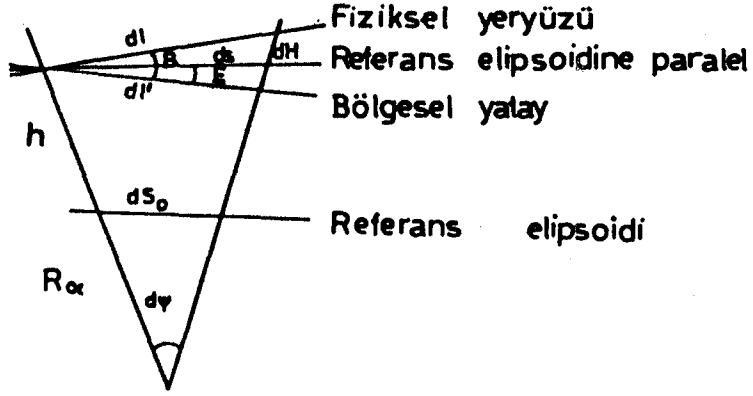
Ölçülen s bazının elipsoid yüzeyine indirgenmiş değeri,

$$S_o = l' + \epsilon_k (H_k - H_m) - \epsilon_i (H_i - H_m) - \frac{H_m}{R_\alpha} S_o \quad (2.2.4.1.1)$$

eşitliği ile verilmektedir. (7)



Şekil 2.6



Şekil 2.7

Bu eşitlikte,

l' : Bölgesel olarak indirgenmiş dl' lerin toplamı

h_i : i noktasındaki elipsoidal yükseklik,

h_k : k noktasındaki elipsoidal yükseklik,

h_m : Baz kenarının ortalama elipsoidal yüksekliği

ϵ_i, ϵ_k : i ve k noktalarındaki baz doğrultusundaki çekül sapmaları olup aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmaktadır.

$$\epsilon_i = \zeta_i \cos\alpha_{ik} + \eta_i \sin\alpha_{ik} \quad (2.2.4.1.2)$$

$$\epsilon_k = \zeta_k \cos\alpha_{ki} + \eta_k \sin\alpha_{ki} \quad (2.2.4.1.3)$$

Ölçülen baz doğrultusundaki normal kesit eğrilik yarıçapı R_α ise,

$$\frac{1}{R_\alpha} = \frac{\cos^2\alpha_{ik}}{M} + \frac{\sin^2\alpha_{ik}}{N} \quad (2.2.4.1.4)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada M , meridyen yönündeki eğrilik yarıçapı N meridyene dik doğrultudaki eğrilik yarıçapıdır.

Ne var ki uygulamada ϵ_i ve ϵ_k değerleri çok küçük olduklarından ihmal edilirler ve Şekil 2.6'dan görüleceği üzere basit indirgeme formülü

$$\frac{S_0}{S} = \frac{R_\alpha}{R_\alpha + H} = \frac{1}{1 + \frac{H}{R_\alpha}} = \left(1 - \frac{H}{R_\alpha} + \frac{H^2}{R_\alpha^2}\right) \quad (2.2.4.1.5)$$

olur. Buradan

$$S_0 = S \left(1 - \frac{H}{R_\alpha} + \frac{H^2}{R_\alpha^2}\right) \quad (2.2.4.1.6)$$

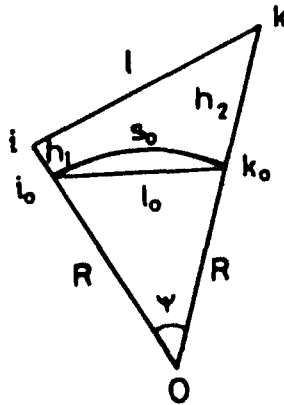
veya

$$S_0 = S \left[1 - \frac{h + N}{R_\alpha} + \frac{(h + N)^2}{R_\alpha^2}\right] \quad (2.2.4.1.7)$$

eşitliği elde edilir.

2.2.4.2. Eğik uzunlukların (uzaysal uzunlukların) elipsoid yüzeyine indirgenmesi

Elektronik uzunluk ölçerler i ile k noktaları arasındaki uzaysal doğru parçası olan uzunlukları verirler. Bu uzunluklar Şekil 2.8'den görüleceği üzere l_0 kiris uzunluğu ya da S_0 jeodezik eğri uzunluğunu elde etmek için elipsoid yüzeyine indirgenirler.



Şekil 2.8

Burada l_0 k_0 elipsoid yayı yerine l_0 k_0 yayı boyunca ortalama elipsoid eğrilik yarıçapı R 'yi yarıçap kabul eden bir küre yayı alınacaktır. O k üçgeninde kosinüs teoreminden

$$l^2 = (R + h_1)^2 + (R + h_2)^2 - 2(R + h_1)(R + h_2) \cos \psi \quad (2.2.4.2.1)$$

olur.

$$\cos \psi = 1 - 2 \sin^2 \frac{\psi}{2} \quad (2.2.4.2.2)$$

ile bu eşitlik

$$l^2 = (h_2 - h_1)^2 + 4R^2 \left(1 + \frac{h_1}{R}\right) \left(1 + \frac{h_2}{R}\right) \sin^2 \frac{\psi}{2} \quad (2.2.4.2.3)$$

biçiminde yazılabilir. Ayrıca

$$\Delta h = h_2 - h_1 \quad (2.2.4.2.4)$$

kısaltması ve

$$l_0 = 2R \sin \frac{\psi}{2} \quad (2.2.4.2.5)$$

ile

$$l^2 = \Delta h^2 + \left(1 + \frac{h_1}{R}\right) \left(1 + \frac{h_2}{R}\right) l_0^2 \quad (2.2.4.2.6)$$

elde edilir. Buradan l_0 kirişi ile S_0 yayı :

$$l_0 = \sqrt{\frac{l^2 - \Delta h^2}{\left(1 + \frac{h_1}{R}\right) \left(1 + \frac{h_2}{R}\right)}} \quad (2.2.4.2.7)$$

$$S_0 = R\psi = 2R \operatorname{ArcSin} \frac{l_0}{2R} \quad (2.2.4.2.8)$$

olarak elde edilirler. (22)

Elektronik uzaklık ölçerlerle ölçülen uzaysal uzunluklar düşey doğrultudan

bağımsız olduklarından indirgeme formüllerinde çekül sapmaları bulunmaz. Oysa baz ölçüleri fiziksel yeryüzünde ölçülüp yerel yataya parça, parça indirgendiklerinden dolayı düşey doğrultu ile ilişkilidirler. Uzaysal uzunluklarla bazların indirgenmelerindeki ana farklılık budur.

2.3. Çekül Sapması

Jeodezik ağların kurulmasında ve geliştirilmesinde, ağı oluşturan noktalara ilişkin çekül sapması bileşenleri ve jeoid yüksekliklerinin bilinmesinin önemi artık günümüzde tartışmasız kabul edilmektedir. Fiziksel yeryüzündeki ölçülerin elipsoid yüzeyine tam ve doğru olarak indirgenebilmeleri ancak bu iki kavramla gerçekleştirilebilir. Çünkü jeoidin referans yüzeyine göre konumu ya "Jeoid yüksekliği" denilen iki yüzey arasındaki yükseklik farkı ile veya "çekül sapması" ile belirlenebilir.(24)

Çekül sapması : Doğal çekül doğrultusu ile referans yüzeyinin yüzey normali yani "matematiksel çekül doğrultusu" arasındaki açısal farktır.

Çekül sapmasını meydana getiren doğrultulardan bir tanesi olan normal gravite vektörünün teorik olmasından dolayı çekül sapması ölçülemez, ancak hesaplanabilir. Çekül sapması hesaplama türleri şu şekilde sıralanabilir.

- a- Astrojeodezik çekül sapması,
- b- Gravimetrik çekül sapması,
- c- Topografik - izostatik çekül sapması

Bilindiği gibi Astrojeodezik ve gravimetrik çekül sapması değerlerinin hesaplanabilmesi için arazide uzun ve yorucu ölçülerin yapılması gerekir. Yani astrojeodezik çekül sapması değerinin hesaplanabilmesi için ağı oluşturan tüm birinci derece nokta-

larda astronomik ölçülerin yapılması, Gravimetrik çekül sapması değerinin hesaplanabilmesi için de gravimetri ölçülerinin yapılması gerekmektedir. Bu ise zaman ve ekonomi açısından hemen hemen imkansızdır. Astronomik gözlemler sadece birinci derece triyangülasyon ağının bazı noktalarında yapılmıştır ki bu noktalar Laplace noktaları olarak bilinir.

Konunun başında değinildiği gibi Laplace noktaları dışındaki noktalarda da çekül sapması değerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu işi ise arazi çalışması gerektirmeyen doğrudan topografik haritalardan okunan ortalama yükseklikler ve kabul edilen izostasi hipotezi yardımıyla anılan diğer noktalarda topografik ve izostatik çekül sapması değerlerini hesaplayarak enterpolasyon yöntemiyle ağı diğer noktalarındaki astrojeodezik çekül sapması bileşenlerini hesaplamak mümkün olacaktır.

2.3.1. Topografik - izostatik çekül sapması

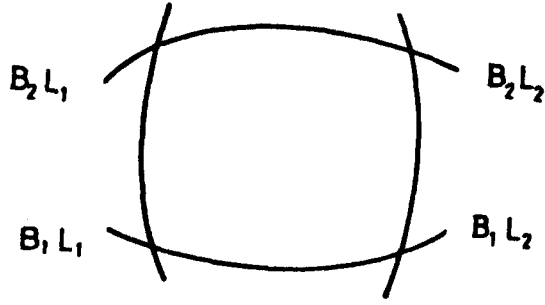
Fiziksel yeryüzünde bir P noktasındaki çekül doğrultusuna,

a- Jeoidin dışında kalan ve görünen topografik kütleler,

b- Jeoidin içindeki kütlelerin düzensiz dağılışı yani farklı yoğunluklardan oluşması

etki eder.

Jeoidin dışında kalan yani görünen kütleler topografik haritalardan okunarak P noktasındaki çekül doğrultusuna etkileri hesaplanabilir ki buna topografik çekül sapması denir ve bundan böyle ζ^i , η^i şeklinde gösterilecektir. İzostati hipotezinde dikkate alınmasıyla hesaplanan çekül sapmasına ise topografik - izostatik çekül sapması denecek ve ζ^{ii} , η^{ii} şeklinde gösterilecektir.



Şekil 2.9

Topoğrafik - izostatik çekül sapması bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılan formüllerden iskara yöntemine göre olanları burada sonuç olarak verilecektir. Formüllerde geçen semboller açıklanan değerleri ifade etmektedir.

\bar{p} : Topoğrafik - izostatik çekül sapması değeri hesaplanacak nokta,

\bar{h} : Topoğrafik - izostatik çekül sapması değeri hesaplanacak noktanın yüksekliği,

\bar{B} : Topoğrafik - izostatik çekül sapması değeri hesaplanacak noktanın coğrafi enlemi,

\bar{L} : Topoğrafik - izostatik çekül sapması değeri hesaplanacak noktanın coğrafi boylamı,

\bar{P} noktasındaki çekül doğrultusuna topoğrafik - izostatik etkisinin hesaplanacağı topoğrafik harita üzerindeki iskara yöntemindeki geometrik şeklin köşe noktalarının coğrafi koordinatları (Şekil 2.9).

h : B_1, B_2, L_1, L_2 coğrafi koordinatlı geometrik şeklin topoğrafik haritadan okunan ortalama yüksekliği,

f : Gravitasyon sabitesi ($6.673 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3 \text{ gr}^{-1} \text{ san}^{-2}$),

g : Yer yuvarının ağırlık ivmesi (979.8 gal),

δ : B_1, B_2, L_1, L_2 coğrafi koordinatlarla sınırlandırılmış h kalınlığındaki plaka kütleinin yoğunluğu (2.67 grcm^{-3}),

R_0 : Yer yuvarı yarıçapı (6370 km),

D : Denge yüzeyi derinliği (uygulamada 100, 120, 140 km),

δ_h : Topografik kütle yoğunluğu (2.67 gr cm^{-3}),

T : Deniz yüzeyi derinliği,

δ_T : Deniz suyunun yoğunluğu (1.027 gr cm^{-3}),

δ_1 : D derinliğindeki kütle kolonunun yoğunluğu,

$$\Delta\delta_D : \Delta\delta_D = -\frac{h}{D} \delta_h \quad \text{karalar için,}$$

$$\Delta\delta_D : \Delta\delta_D = \frac{T}{D-T} (\delta_1 - \delta_T) \quad \text{denizler için,}$$

$$\Delta B_1 : \Delta B_1 = B_1 - \bar{B},$$

$$\Delta B_2 : \Delta B_2 = B_2 - \bar{B},$$

$$\Delta L_1 : \Delta L_1 = L_1 - \bar{L},$$

$$\Delta L_2 : \Delta L_2 = L_2 - \bar{L},$$

$$\Delta B_m : \Delta B_m = \frac{B_1 + B_2}{2} - \bar{B},$$

$$\Delta L_m : \Delta L_m = \frac{L_1 + L_2}{2} - \bar{L},$$

$$k_1 : k_1 = -\tan \bar{B} \Delta B_m \text{Cos}^2 \bar{B} \Delta L_m^2,$$

$$k_2 : k_2 = 1/2 \tan \bar{B} \text{Cos}^2 \bar{B} \Delta L_m^2,$$

$$k_3 : k_3 = -\tan \bar{B} \Delta B_m \text{Cos} \bar{B} \Delta L_m,$$

$$k_4 : k_4 = -\tan \bar{B} \Delta B_m,$$

$i = 1,2,m ; J = 1,2,m ; p = h,0$ degerlerini almak üzere

$$(ijp) = (\Delta B_i^2 + \text{Cos}^2 \bar{B} \Delta L_j^2 + k_1 + \frac{1}{R_0} (p - \bar{h}))^{1/2} \quad (2.3.1.1)$$

$$(ij) = (\Delta B_1^2 + \text{Cos}^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1)^{1/2} \quad (2.3.1.2)$$

kısaltmaları ile topografik çekül sapması bileşenlerini veren formüller aşağıdaki gibidir :

$$\begin{aligned} \Delta \zeta = & \rho \frac{f}{g} (1 + k_4) \delta R_0 \left[\frac{h - \bar{h}}{R_0} \ln \frac{(\cos \bar{B} \Delta L_2 + (12h)) (\cos \bar{B} \Delta L_2 + (21h))}{(\cos \bar{B} \Delta L_2 + (22h)) (\cos \bar{B} \Delta L_2 + (11h))} \right. \\ & + \frac{\bar{h}}{R_0} \ln \frac{(\cos \bar{B} \Delta L_2 + (120)) (\cos \bar{B} \Delta L_1 + (210))}{(\cos \bar{B} \Delta L_2 + (220)) (\cos \bar{B} \Delta L_1 + (110))} \\ & + \cos \bar{B} \Delta L_1 \ln \frac{\left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (110) \right) \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (21h) \right)}{\left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (210) \right) \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (11h) \right)} \\ & + \cos \bar{B} \Delta L_2 \ln \frac{\left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (12h) \right) \left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (220) \right)}{\left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (22h) \right) \left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (120) \right)} \\ & + \sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} \left(\arctan \frac{-\cos \bar{B} \Delta L_2 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (120)} - \arctan \frac{\cos \bar{B} \Delta L_2 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (12h)} \right. \\ & + \arctan \frac{\cos \bar{B} \Delta L_1 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (11h)} - \arctan \frac{-\cos \bar{B} \Delta L_1 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (110)} \left. \right) \\ & + \sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} \left(\arctan \frac{-\cos \bar{B} \Delta L_1 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (210)} - \arctan \frac{-\cos \bar{B} \Delta L_1 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_1^2 + k_1} (21h)} \right. \\ & + \arctan \frac{\cos \bar{B} \Delta L_2 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_2^2 + k_1} (22h)} - \arctan \frac{-\cos \bar{B} \Delta L_2 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\Delta B_2^2 + k_1} (220)} \left. \right) \end{aligned}$$

$$+ k_2 \cos \bar{B} (\Delta B_2 - \Delta B_1) (\Delta L_2 - \Delta L_1) \left[\frac{\frac{h - \bar{h}}{R_0} (\text{mmo}) + \frac{\bar{h}}{R_0} (\text{mmh})}{(\text{mm})^2 (\text{mmo}) (\text{mmh})} \right] \quad (2.3.1.3)$$

$$\Delta \eta = \rho \frac{f}{g} (1 + k_4) \delta R_0 \left[\frac{h - \bar{h}}{R_0} \ln \frac{(\Delta B_2 + (21h)) (\Delta B_1 + (12h))}{(\Delta B_2 + (22h)) (\Delta B_1 + (11h))} \right.$$

$$+ \frac{h}{R_0} \ln \frac{(\Delta B_2 + (210)) (\Delta B_1 + (120))}{(\Delta B_2 + (220)) (\Delta B_1 + (110))} + \Delta B_1 \ln \frac{\left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (110) \right) \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (21h) \right)}{\left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (120) \right) \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (11h) \right)}$$

$$+ \Delta B_2 \ln \frac{\left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (21h) \right) \left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (220) \right)}{\left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} + (22h) \right) \left(-\frac{\bar{h}}{R_0} + (210) \right)}$$

$$+ \sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1} \left(\arctan \frac{-\Delta B_2 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1} (210)} \right.$$

$$- \arctan \frac{\Delta B_2 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1} (21h)} + \arctan \frac{\Delta B_1 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1} (11h)}$$

$$\left. - \arctan \frac{-\Delta B_1 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_1^2 + k_1} (110)} \right) + \sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_2^2 + k_1}$$

$$\left(\arctan \frac{\Delta B_2 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_2^2 + k_1} (22h)} - \arctan \frac{-\Delta B_2 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_2^2 + k_1} (220)} \right.$$

$$\left. + \arctan \frac{-\Delta B_1 \frac{\bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_2^2 + k_1} (120)} - \arctan \frac{\Delta B_1 \frac{h - \bar{h}}{R_0}}{\sqrt{\cos^2 \bar{B} \Delta L_2^2 + k_1} (12h)} \right)$$

$$+ k_3 \cos \bar{B} (\Delta B_2 - \Delta B_1) (\Delta L_2 - \Delta L_1) \left[\frac{\frac{h - \bar{h}}{R_0} (\text{mmo}) + \frac{\bar{h}}{R_0} (\text{mmh})}{(\text{mm})^2 (\text{mmo}) (\text{mmh})} \right] \quad (2.3.1.4)$$

olarak verilir (34).

Topoğrafik çekül sapması bileşenlerinin hesaplanacağı P noktasının etrafındaki, coğrafi koordinatlarla sınırlandırılmış prizma kütleleri oluşturan her bölme için hesaplanan değerlerin toplamından

$$\zeta^t = \Sigma \Delta \zeta, \quad \eta^t = \Sigma \Delta \eta \quad (2.3.1.5)$$

P noktası için topoğrafik çekül sapması bileşenleri hesaplanabilir.

Bilindiği üzere, topoğrafik çekül sapmasının hesaplanacağı noktaya bir kütle ne kadar yakınsa etkisi o oranda fazla olur. Kütle, noktadan ne kadar uzaksa etkisi de o oranda az olur. Uzak noktalar için prizma kütle yerine çizgi kütle, yani prizmanın merkezinden geçen çizgi üzerinde prizmanın kütesinin yoğunlaştığı kabul edilerek topoğrafik çekül sapması bileşenlerini veren

$$\Delta \zeta = \rho \frac{f}{g} \delta \frac{(1 + k_4) (\Delta B_m + k_2) \cos \bar{B} (\Delta B_2 - \Delta B_1) (\Delta L_2 - \Delta L_1)}{(\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1)} \left(\frac{h - \bar{h}}{\sqrt{\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1 \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} \right)^2}} + \frac{\bar{h}}{\sqrt{\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1 \left(\frac{h}{R_0} \right)^2}} \right) \quad (2.3.1.6)$$

$$\Delta \eta = \rho \frac{f}{g} \delta \frac{(1 + k_4) (\cos \bar{B} \Delta L_m + k_3) \cos \bar{B} (\Delta B_2 - \Delta B_1) (\Delta L_2 - \Delta L_1)}{(\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1)} \left(\frac{h - \bar{h}}{\sqrt{\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1 \left(\frac{h - \bar{h}}{R_0} \right)^2}} + \frac{\bar{h}}{\sqrt{\Delta B_m^2 + \cos^2 \bar{B} \Delta L_m^2 + k_1 \left(\frac{h}{R_0} \right)^2}} \right) \quad (2.3.1.7)$$

yaklaşık formüller kullanılabilir. (36)

Buraya kadar olan açıklamalarda topoğrafik çekül sapmasının hesaplanması verilmiştir. Şimdi de PRATT hipotezine göre izostatik çekül sapmasını veren formüller açıklanacaktır. İzostatik çekül sapmasını hesaplamak için ((2.3.1.3.), (2.3.1.4), (2.3.1.6), (2.3.1.7)) formüllerinde işaret değiştirilir ve aynı formüllerde δ yerine $\Delta\delta_D$, h yerine de $-D$ alınır ve tüm etki alanı için hesaplanan değerler toplanırsa,

$$\zeta_i = \Sigma\Delta\zeta_i \quad , \quad \eta_i = \Sigma\Delta\eta_i \quad (2.3.1.8)$$

izostatik çekül sapması bileşenleri elde edilir.

P noktasındaki topoğrafik ve izostatik çekül sapması bileşenleri ise,

$$\zeta_{ti} = \zeta_t + \zeta_i \quad , \quad \eta_{ti} = \eta_t + \eta_i \quad (2.3.1.9)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir.

2.3.2. Çekül sapması bileşenlerinin enterpolasyonu

Jeodezik ağı oluşturan noktalardan sadece Laplace noktası olanlarda Astrojeodezik çekül sapması bileşenleri bilinmektedir. Topoğrafik ve izostatik çekül sapması bileşenleri ise tüm noktalarda hesaplanarak elde edilebilirler. Laplace noktaları dışındaki noktalarda astrojeodezik çekül sapması bileşenleri ise aşağıda sunulacak yöntemlerden herhangi birisi ile elde edilebilir. Çekül sapmalarının enterpolasyon yöntemleri,

- 1- Kesit yöntemi,
- 2- Yüzeysel yöntem,
- 3- Prediksiyon yöntemi

olmak üzere sayılabilir. Bunlardan sadece kesit yöntemi grafik olarak ele alınıp incele-

necektir. Bu çalışmadaki sayısal uygulamalarda bu yöntem kullanılmıştır.

ζ_A, ζ_B : A, B Laplace noktalarındaki Astrojeodezik çekül sapmasının kuzey-güney bileşenleri,

η_A, η_B : A, B Laplace noktalarındaki Astrojeodezik çekül sapmasının doğu-batı bileşenleri,

ζ_C, η_C : Astrojeodezik çekül sapmasının enterpolasyonla hesaplanacağı birinci derece "C" noktasındaki Astrojeodezik çekül sapmasının kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri,

$\delta\zeta_A, \delta\zeta_B, \delta\eta_A, \delta\eta_B$: A ve B Laplace noktalarındaki indirgenmiş çekül sapması bileşenleri,

$\delta\zeta_C, \delta\eta_C$: C noktası için grafik olarak elde edilmiş indirgenmiş çekül sapması bileşenleri,

$\zeta_A^{ii}, \eta_A^{ii}, \zeta_B^{ii}, \eta_B^{ii}, \zeta_C^{ii}, \eta_C^{ii}$: A, B ve C noktalarında hesaplanan topografik ve izostatik çekül sapmaları

olmak üzere ;

$$\delta\zeta_A = \zeta_A - \zeta_A^{ii}, \quad \delta\eta_A = \eta_A - \eta_A^{ii} \quad (2.3.2.1)$$

$$\delta\zeta_B = \zeta_B - \zeta_B^{ii}, \quad \delta\eta_B = \eta_B - \eta_B^{ii} \quad (2.3.2.2)$$

eşitlikleri ile Laplace noktalarındaki indirgenmiş çekül sapmaları bileşenleri hesaplanır. Belli bir ölçek dahilinde noktaların sağa ve yukarı değerleri yardımıyla A, B, C noktaları tersim edilip A, B kesiti boyunca belli aralıklarla indirgenmiş çekül sapması bileşenleri grafik olarak kesit çizgileri geçirilir. C noktası için $\delta\zeta_C, \delta\eta_C$ değerleri ayrı ayrı grafiklerden okunur.

$$\zeta_C = \zeta_C^{ii} + \delta\zeta_C, \quad \eta_C = \eta_C^{ii} + \delta\eta_C \quad (2.3.2.3)$$

eşitlikleri yardımıyla C noktasındaki Astrojeodezik çekül sapması bileşenleri hesaplanabilir.

2.3.3. Birinci derece bir noktada topoğrafik - izostatik çekül sapması hesabı ve çekül sapmasının enterpolasyonuna ait bir örnek

Bu başlık altında, yapılan çalışmalardan sadece bir örnek sunulacaktır.

A : Birinci Laplace Noktası,

B : İkinci Laplace Noktası,

C : Astrojeodezik çekül sapması elde edilecek birinci derece noktası.

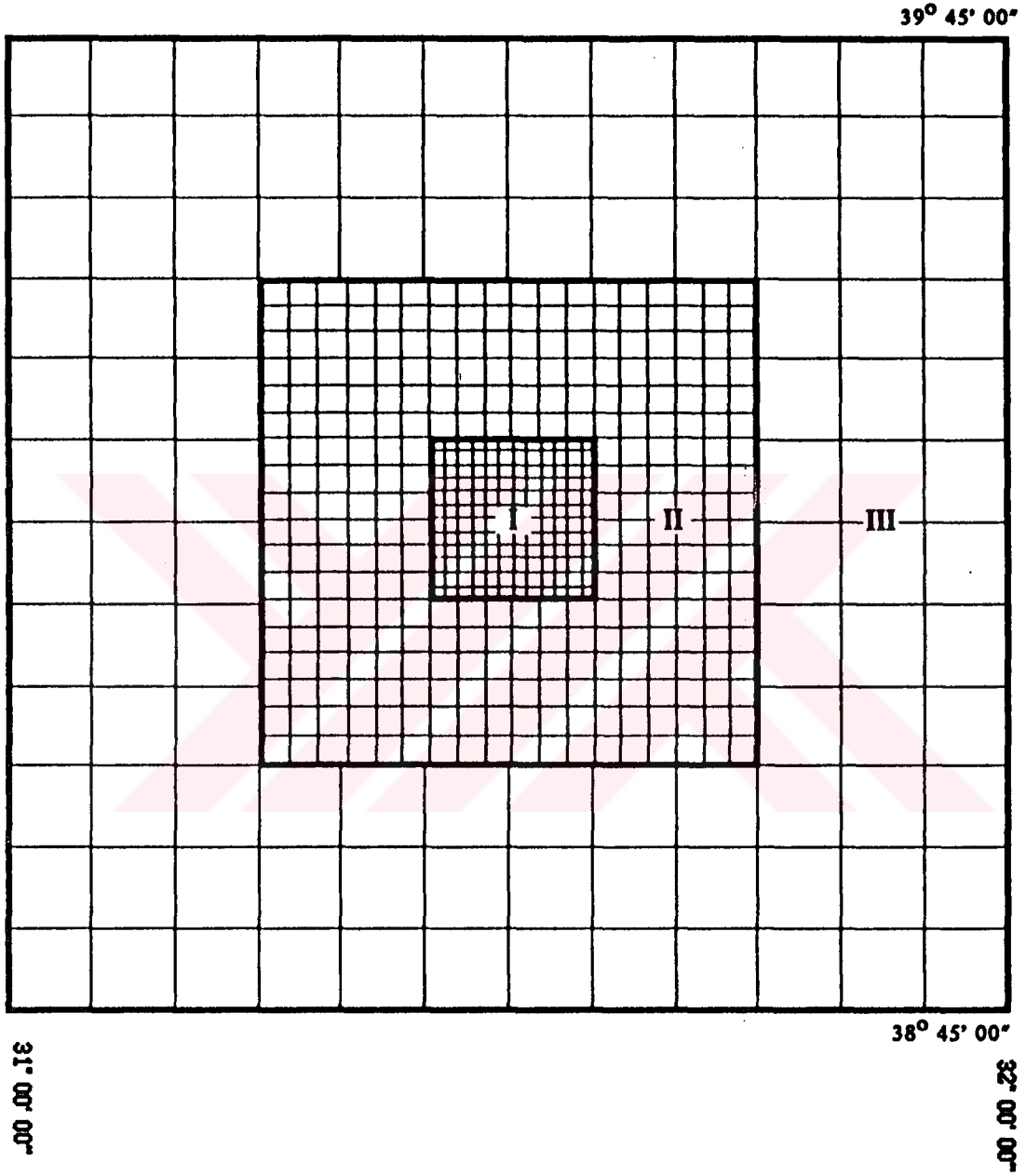
Bu noktaları içeren 1:25000, 1:100000, 1:250000 ölçekli topoğrafik haritalardan alınan geneli Şekil 2.10'da görüldüğü gibidir :

- I. Bölge : 1:25000 ölçekli 10' x 10' boyutlu genel çerçeve, 50" x 50" boyutlu ıskaralara,
- II. Bölge : 1:100000 ölçekli 30' x 30' boyutlu genel çerçeve 100" x 100" boyutlu ıskaralara,
- III. Bölge : 1:250000 ölçekli 1° x 1° boyutlu genel çerçeve 300" x 300" boyutlu ıskaralara


bölünmek suretiyle elde edilmiş aydınlar şablonlar yardımıyla ilgili topoğrafik haritalardan her bölge için ortalama topoğrafik yükseklikler okunmuştur (Şekil 2.11).

Her ne kadar noktalardan 150 km. uzaktaki topoğrafik kütlelerin dikkate alınması ve enterpolasyonda yüzeysel yöntem uygun ise de sonuca büyük etkisi olmadığından, bu çalışmada noktalardan 100 km. uzağa kadar ki topoğrafik kütleler dikkate alınmıştır. Çekül sapması bileşenlerinin enterpolasyonunda ise kesit yöntemi uygulanmıştır.

Yine bu çalışmada bir noktada topoğrafik - izostatik çekül sapmasının hesabı için, 5 adet 1:25 000, 4 adet 1:100 000, 4 adet 1:250 000'lik paftalar kullanılmıştır. Ayrıca 1:25 000'lik paftalardan 144 adet karelajın her köşesinde, 1:100 000'lik paftalardan 288 adet karelajın her köşesinde, 1:250 000'lik paftalardan 108 adet karelajın her köşesinde topoğrafik yükseklikler okunmuştur.



Şekil 2.10

919	869	850	925	1025	1100	1150	1150	1150	1138	1138	1138
913	913	925	950	975	1025	1063	1113	1150	1163	1175	1125
913	913	938	988	1000	988	988	1038	1088	1113	1125	1088
900	900	925							1050	1025	1025
913	925	938							1013	1000	988
925	950	963							1075	1025	988
938	963	1038							1100	1063	1013
975	988	1050							1050	1025	988
1150	1025	1000							1038	1000	963
1250	1075	1000							1000	1000	1000
1175	1075	1000	1000	1000	1000	1038	1063	1038	1013	1000	1000
1125	1050	1000	1013	1025	1025	1050	1063	1025	1000	1000	1000

Şekil 2.11

okunan değerler IBM PS/2 bilgisayarında dosyalanmıştır. Yine bu bilgisayarda (2.3.1.3), (2.3.1.4), (2.3.1.6), (2.3.1.7) formüllerini Basic dilinde programlanmıştır. Bu alışmalar sonucunda hesaplanan Topografik - İzostatik ekül sapması bileşenleri sadece örnek olarak alınan noktalardaki değerleri Tablo 2.1'de sunulmuştur.

(2.3.2.1), (2.3.2.2) eşitlikleri yardımıyla Laplace noktalarındaki indirgenmiş çekül sapması değerleri hesaplanmıştır. Tablo 2.2.

Her üç noktada 1:500000 ölçeğinde sağa ve yukarı değerlerine göre çizilmiştir. şekil 2.12 ve 2.13 ve 0.5" aralıklarla indirgenmiş astrojeodezik çekül sapması bileşenleri çizilmiştir.

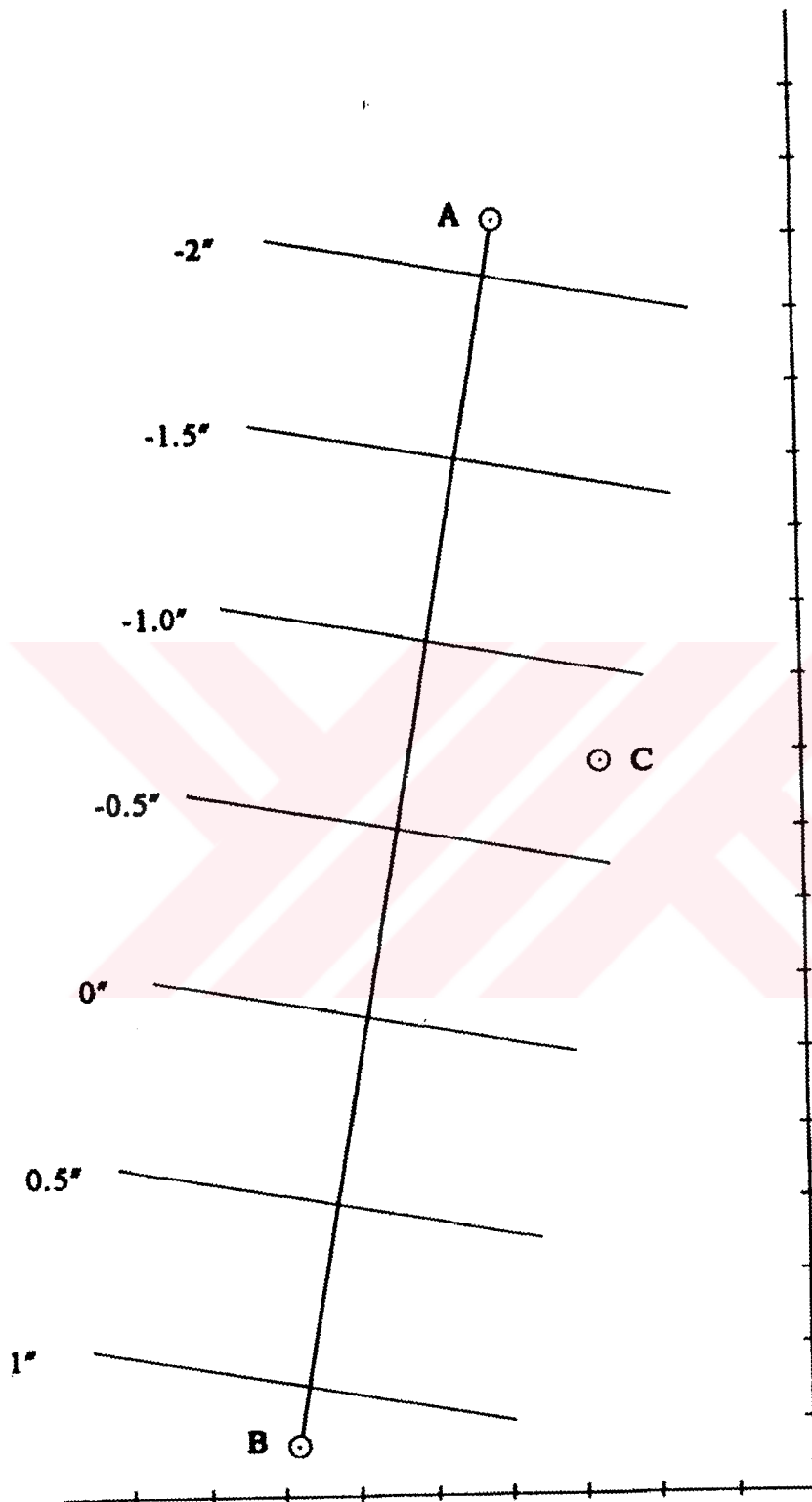
Tablo 2.1.

N.No	$\zeta^l_{(-)}$	$\eta^l_{(-)}$	$\zeta^i_{(-)}$	$\eta^i_{(-)}$	$\zeta^{II}_{(-)}$	$\eta^{II}_{(-)}$
A	-1.731	-4.368	-1.167	-2.680	-2.898	-7.048
B	-2.866	0.810	-2.522	-0.058	-5.388	0.751
C	2.359	-2.424	0.564	-0.799	2.923	-3.223

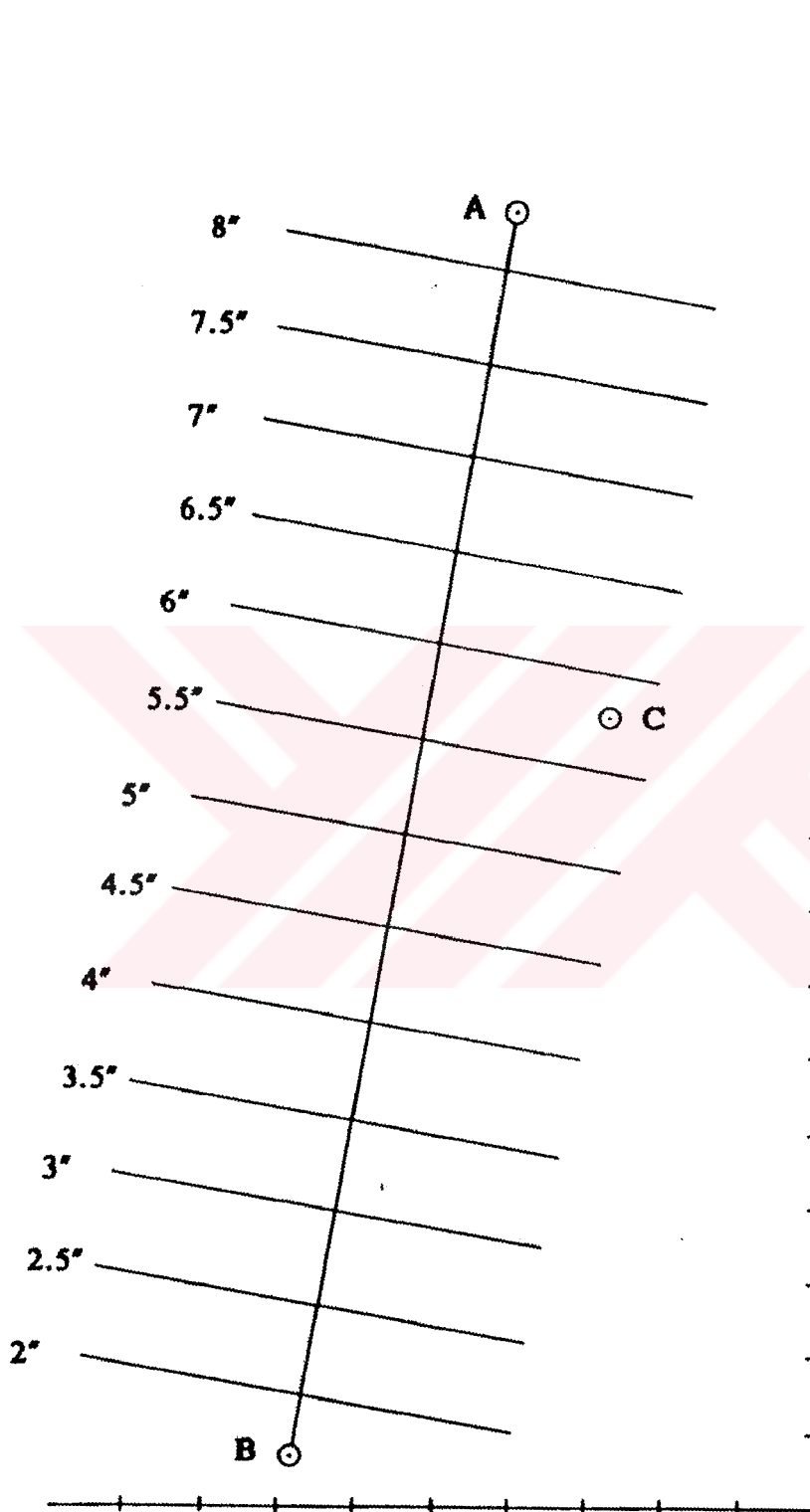
Tablo 2.2.

N.No	ζ	ζ^{II}	$\delta\zeta$	η	η^{II}	$\delta\eta$
A	-5.136	-2.898	-2.238	1.433	-7.048	8.481
B	-4.069	-5.388	1.319	2.705	0.751	1.954

(85)



Şekil 2.12

$(\delta\eta)$ 

Şekil 2.13

Tablo 2.3.

N.No	$\delta\zeta_C$	ζ_C^{ti}	ζ_C	$\delta\eta_C$	η_C^{ti}	η_C
C	-0.818	2.923	2.105	5.889	-3.224	2.665

Bir kesit boyunca ve doğrusal enterpolasyonla C noktasındaki Astrojeodezik çekül sapması bileşenleri elde edilmiştir. Tablo 2.3.

2.4. Elipsoid Yüzeyi Üzerindeki, Jeodezik Ölçülerin Gauss - Krüger Projeksiyon Düzlemine İndirgenmesi

Fiziksel yeryüzünde yapılmış ve referans elipsoidi yüzeyine indirgenmiş jeodezik ölçülerin dengeleme hesabının, Gauss - Krüger projeksiyon düzleminde yapılabilmesi için projeksiyon düzlemine indirgenmesi gerekir. Bu eşitliklerde Gauss - Krüger koordinatları kullanılır. Bu nedenle önce 3° lik veya 6° lik dilimlerde verilen sağa ve yukarı değerlerden Gauss - Krüger koordinatlarına geçilir.

3° lik dilimlerde sağa ve yukarı değeri verilen bir noktanın x ve y projeksiyon koordinatları

$$x = \text{Yukarı değer} \quad (2.4.1)$$

$$y = \text{Sağa değer} - 500\,000 \quad (2.4.2)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

6° lik dilimlerde sağa ve yukarı değeri verilen bir noktanın x ve y projeksiyon koordinatları

$$x = \text{Yukarı değer} / m_0 \quad (2.4.3)$$

$$y = (\text{Sağ değer} - 500\,000) / m_0 \quad (2.4.4)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. Burada m_0 küçültme faktörü olup $m_0 = 0.9996$ değerindedir.

Buradan elde edilen projeksiyon koordinatları (x,y) yardımıyla elipsoid yüzeyi üzerindeki doğrultular projeksiyon yüzeyine

$$\delta_{\tau_{ik}} = T_{ik} - t_{ik} = \frac{\rho}{6R_i^2} (x_k - x_i) (2y_i + y_k) \quad (2.4.5)$$

$$\tau_{ikp} = \tau_{ike} - (T_{ik} - t_{ik}) = \tau_{ike} - \delta_{\tau_{ik}} \quad (2.4.6)$$

eşitlikleri ile indirgenirler. Burada,

$\delta_{\tau_{ik}}$: Açıklık açısı indirgemesi

T_{ik} : Elipsoid yüzeyi üzerinde i durulan k bakılan jeodezik eğrisinin açıklık açısı,

t_{ik} : Projeksiyon düzleminde i den k ya açıklık açısı,

$R_i = \sqrt{M_i N_i}$: B_i enlemine karşılık gelen Gauss küresinin yarıçapı,

τ_{ikp} = Projeksiyon düzleminde i durulan noktadan k bakılan noktaya doğrultu açısı,

τ_{ike} : Elipsoid üzerinde i durulan k bakılan noktaya olan jeodezik eğrinin doğrultu açısıdır.

Elipsoid yüzeyindeki kenarlar ise projeksiyon düzlemine :

$$\delta_{s_{ik}} = S_{ikp} - S_{ike} = \frac{S_{ik}}{6R_i^2} (y_i^2 + y_i y_k + y_k^2) \quad (2.4.7)$$

$$S_{ikp} = S_{ike} + \delta_{s_{ik}} \quad (2.4.8)$$

eşitlikleri yardımıyla indirgenir. Burada,

$\delta_{s_{ik}}$: Uzunluk indirgemesi,

S_{ikp} : Projeksiyon düzlemi üzerinde i durulan noktadan k bakılan noktaya olan doğrunun boyu,

S_{ike} : Elipsoid yüzeyi üzerinde i durulan noktadan k bakılan noktaya olan jeodezik eğrinin boyu

dur.

3. JEODEZİK AĞLARDA Dengeleme Modeli, Duyarlık Ölçütleri ve Uyuşumsuz Ölçüler Testi

3.1. Jeodezik Ağlarda Dengeleme Modeli

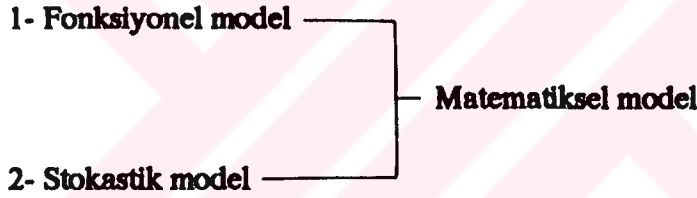
Jeodezik ölçüler uygun biçimde kurulacak matematiksel modellerden yararlanılarak dengeleme ile değerlendirilebilirler. Burada dengelemeye konu olacak n boyutlu ölçü vektörünün normal dağılımda olduğu kabul edilir. Diğer bir deyişle dengelemeye konu olacak ölçüler normal dağılımda olmalıdırlar. İki boyutlu jeodezik ağların dolaylı dengeleme modelinin incelenmesine geçmeden önce sıkça kullanılacak gösterimler açıklanacaktır. Çeşitli eşitliklerde aşağıda gösterilen deyimler kullanılmıştır.

\underline{l} ($n \times 1$)	: Küçültülmüş ölçüler vektörü,
$\hat{\underline{l}}$ ($n \times 1$)	: Dengelenmiş ölçüler vektörü,
\underline{A} ($n \times u$)	: Katsayılar, Konfigürasyon, dizayn matrisi,
\underline{x} ($u \times 1$)	: Küçültülmüş bilinmeyenler vektörü,
$\hat{\underline{x}}$ ($u \times 1$)	: Dengeleme ile bulunan bilinmeyenler vektörü,
\underline{C} ($n \times n$)	: Ölçülere ilişkin varyans - kovaryans matrisi,
\underline{P} ($n \times n$)	: Ölçülere ilişkin ağırlık matrisi,
\underline{Q} ($n \times n$)	: Ölçülere ilişkin ağırlık katsayılar matrisi,
$\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}}$ ($u \times u$)	: Bilinmeyenlere ilişkin ters ağırlık katsayılar matrisi,
σ^2	: Bilinmeyen varyans faktörü (apriori varyans),
$\hat{\sigma}^2$: Apriori varyansın tahmin değeri (a posteriori varyans),
$\underline{\xi}$ ($n \times 1$)	: Gerçek düzeltmeler vektörü,

$\underline{v} (n \times 1)$: Dengeleme ile elde edilen düzeltmeler vektörü,
$E (.)$: Beklenen değer,
n	: Ölçü sayısı,
u	: Bilinmeyen sayısı,
f	: Serbestlik derecesi
Ω	: Düzeltmelerin kareleri toplamı,
x^o, y^o	: Bilinmeyen parametre vektörünün yaklaşık değerleri

dir.

Matematiksel model iki bileşenden oluşmaktadır.



Fonksiyonel Model :

$$E(\underline{l}) = \underline{A} \underline{x} \quad (3.1.1)$$

eşitliğinden görüleceği gibi fonksiyonel model, ölçülerin bilinmeyen beklenen değerleri vektörü ile bilinmeyen parametreler vektörü arasındaki fonksiyonel ilişkidir. Bu ilişkide ölçülerin geometrik ve fiziksel özellikleri belirleyici rol oynarlar. Genelde doğrusal halde olmayan fonksiyonel modeller bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri kullanılmak suretiyle ve Taylor açılımı yardımıyla doğrusal hale getirilirler. Bu durumda \underline{l} ölçü vektörünün bilinmeyen parametre vektörünün yaklaşık değerleri ile belirlenen fonksiyonel değerleri kadar küçültülmüş \underline{l}_1 değeri

$$\underline{l}_1 = \underline{L}_1 - f(\underline{x}^o, y^o, \dots) \quad (3.1.2)$$

dir. Aynı şekilde \underline{x} vektörü bilinmeyenlerinin yaklaşık değerleri kadar küçültülmüş bi-

linmiyenler

$$\underline{x} = \underline{x} - \underline{x}^0, \quad \underline{y} = \underline{y} - \underline{y}^0 \quad (3.1.3)$$

dır.

Stokastik Model :

$$\underline{C} = \sigma^2 \underline{P}^{-1} = \sigma^2 \underline{Q} \quad (3.1.4)$$

"Stokastik model, bir fonksiyon ile kavranamayan fiziksel etkileri, başka bir deyişle ölçüler arasındaki bağımlılıkları ve onların duyarlılıklarını gösterir. Bu model rastlantı vektörünün varyans - kovaryans matrisi ile tanımlanır." (17)

Yukarıda tanım ve eşitlikleri ile verilen fonksiyonel ve stokastik modellerin bileşiminden dengeleme modeli olan matematiksel model ortaya çıkar ve buna Gauss - Markoff modeli denir.

$$E(\underline{l}) = \underline{A} \underline{x}, \quad \underline{C} = \sigma^2 \underline{P}^{-1} = \sigma^2 \underline{Q} \quad (3.1.5)$$

(3.1.1) eşitliğinde $n > u$ yani ölçü sayısı bilinmiyen sayısından büyük olduğundan bu denklem sisteminin birden çok çözümü olacaktır. Çok çözümlülüğü ortadan kaldırmak için beklenen değeri sıfıra eşit olan $\underline{\xi}$ rastlantı vektörünü fonksiyonel modelde yazarsak,

$$\underline{l} + \underline{\xi} = \underline{A} \underline{x} \quad (3.1.6)$$

ve bu eşitlikte $\underline{\xi}$ nun dengeleme ile bulunacak değerine \underline{v} , \underline{x} in dengeleme ile bulunacak değerine $\underline{\hat{x}}$, \underline{l} nin dengelenmiş değerine $\underline{\hat{l}}$ dersek, matematiksel model,

$$\underline{\hat{l}} = \underline{l} + \underline{v} = \underline{A} \underline{\hat{x}}, \quad \underline{C} = \sigma^2 \underline{P}^{-1} \quad (3.1.7)$$

haline gelir. Burada A dizayn matrisinin rangı bilinmiyen sayısına eşit olursa, yani ağ dayalı, diğer bir deyişle ağ belirli ise,

$$r_g(A) = u \quad (3.1.8)$$

durumunda

$$\underline{V}^T \underline{P} \underline{V} = \min \quad (3.1.9)$$

koşulu ile en küçük kareler yöntemine göre tek çözümlü sonuca aşağıdaki eşitliklerle gidilir.

$$(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A}) \underline{x} - \underline{A}^T \underline{P} \underline{l} = 0 \quad (3.1.10)$$

$$\underline{N} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{A} \quad , \quad \underline{n} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{l} \quad (3.1.11)$$

$$\underline{N} \underline{\hat{x}} - \underline{n} = 0 \quad (3.1.12)$$

normal denklem sistemi elde edilir.

Dayalı ağırlarda, yani yeterli sayıda datum parametreleri bilinen olarak alırsa, diğer bir deyişle defekt sıfıra eşitse \underline{N} matrisinin Cayley inversi vardır. Burada bilinmeyenler vektörü $\underline{\hat{x}}$ ile bilinmeyenlere ilişkin ağırlık katsayılar matrisi $\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}}$

$$\underline{\hat{x}} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{P} \underline{l} = \underline{N}^{-1} \underline{n} = \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \underline{n} \quad , \quad \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \quad (3.1.13)$$

eşitlikleriyle bulunur. $\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}}$ bilinmeyenlere ilişkin ağırlık katsayılar matrisinde bilinmeyenlere ilişkin duyarlılıklar depolanmıştır.

Dengeleme ile bulunacak düzeltmeler \underline{v} ve düzeltmelerin ağırlık katsayılar matrisi \underline{Q}_{ll} ,

$$\underline{v} = -\underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{l} \quad , \quad \underline{Q}_{vv} = \underline{P}^{-1} - \underline{A} \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \underline{A}^T \quad (3.1.14)$$

$$\underline{v} = -(\underline{P}^{-1} - \underline{A} \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \underline{A}^T) \underline{P} \underline{l} \quad , \quad \underline{v} = \underline{A} \underline{x} - \underline{l} \quad (3.1.15)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Dengelenmiş ölçüler $\underline{\hat{l}}$ ve bunlara ilişkin ağırlık katsayılar matrisi \underline{Q}_{ll}

$$\underline{\hat{l}} = \underline{l} + \underline{v} \quad , \quad \underline{Q}_{ll} = \underline{A} \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \underline{A}^T \quad (3.1.16)$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

Düzeltilmelerin kareleri toplamı Ω ise

$$\Omega = \underline{V}^T \underline{P} \underline{V} = \underline{l}^T \underline{P} \underline{Q}_{vv} \underline{P} \underline{l} \quad (3.1.17)$$

eşitliği ile hesaplanır. Buradan σ^2 a priori varyansın tahmin değeri $\hat{\sigma}^2$ a posteriori varyans,

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\Omega}{n - u} = \frac{V^T P V}{f} \quad (3.1.18)$$

eşitliği ile hesaplanır. Bilinmeyenler veya bilinmeyenlerden elde edilen fonksiyonların duyarlılıklarının hesaplanmasında

$$\underline{C}_{\hat{x}\hat{x}} = \hat{\sigma}^2 \underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}} \quad (3.1.19)$$

a posteriori varyans - kovaryans matrisinden yararlanır.

Jeodezik ağların dengeleme modellerinde nokta koordinatları bilinmeyenler olarak seçilirler. Yapılan doğrultu ve uzunluk ölçmeleri ise noktaların birbirlerine göre durum koordinatları farklarını tanımlarlar. Bu ölçüler mutlak datumu belirlemezler. Jeodezik ağın belirli olması için gerekli ve yeterli sayıda parametrenin bilinen olarak alınmadığı durumlarda, bir başka deyişle ağ belli bir koordinat sistemine dayanmıyorsa ve kenar ölçüleri yapılmamışsa, bu durumda ağın yöneltilmesi, konumlandırılması ve ölçeklendirilmesi için seçilecek gerekli eksik parametrelere datum parametreleri, bunların sayısına da datum defekti denir ve d ile gösterilir. Datum parametrelerinin sayısı ve türü jeodezik ağın boyutuna ve ölçülere göre ortaya çıkar.

Örneğin, yükseklik farklarının ölçüldüğü nivelman ağında tüm noktaların yükseklikleri bilinmeyen olarak alındığında datum defekti d = 1 olup düşey yönde ötelemedir.

Yalnız doğrultuların ölçüldüğü iki boyutlu konum ağlarında datum defekti d = 4 olup x ve y yönünde iki öteleme bir dönme, bir ölçek faktörüdür.

Doğrultu ve kenarların birlikte veya sadece kenarların ölçüldüğü iki boyutlu jeodezik ağlarda datum defekti d = 3 olup x ve y yönünde iki öteleme bir dönmedir.

Kenarların ölçüldüğü üç boyutlu jeodezik ağlarda datum defekti d = 6 olup üç dönme, üç ötelemedir.

Bir jeodezik ağın belirli olması için defekt sayısı kadar gerekli ve yeterli sayıda parametre bilinen olarak seçilmezse bu durumda fonksiyonel modeldeki \underline{A} dizayn matrisinin rangı d sayıda azalır.

$$r_g(\underline{A}) = u - d \quad (3.1.20)$$

Bu durumda normal denklem katsayılar matrisi \underline{N} nin rangıda

$$r_g(\underline{A}^T \underline{P} \underline{A}) = r_g(\underline{N}) = u - d \quad (3.1.21)$$

\underline{A} matrisinin rangına eşit olur. Bu durumda \underline{N} matrisi tekildir.

$$\det \underline{N} = 0 \quad (3.1.22)$$

olduğundan \underline{N} matrisinin Cayley inversi doğrudan bulunamaz. Bu nedenle normal denklem katsayılar matrisinin defektinin ortadan kaldırılabilmesi için datum defekti sayılarında ek koşulların eklenmesi gerekir.

Bir jeodezik ağın belirli olabilmesi için gerekli ve yeterli sayıda datum parametresinin bilinen olarak alınmadığı durumlarda, yani serbest ağ dengelemelerinde $\underline{V}^T \underline{P} \underline{V} = \min$ olma koşulu ile beraber küçültülmüş bilinmeyenlerin kareleri toplamı $\underline{\hat{x}}^T \underline{\hat{x}} = \min$ koşulunda eklenerek

$$\underline{Q} \underline{\hat{x}} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^+ = \underline{N}^+ \quad (3.1.23)$$

$$\underline{N}^+ = (\underline{N} + \underline{B} \underline{B}^T)^{-1} \cdot \underline{B} \underline{B}^T \quad (3.1.24)$$

Moore - Penrose tersi ile

$$\underline{\hat{x}} = \underline{N}^+ \underline{n} \quad (3.1.25)$$

çözümüne gidilir.

Konum ve yükseklik ağlarında datum defektini ortadan kaldırmak için \underline{B} matrisi ağdaki noktanın sayısı ve yaklaşık koordinatları yardımıyla konum ağında aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\frac{B^T}{d.u} = \begin{bmatrix} 1/m & 0 & 1/m & 0 & \dots & 1/m & 0 \\ 0 & 1/m & 0 & 1/m & \dots & 0 & 1/m \\ -\bar{\eta}_1 & \bar{\rho}_1 & -\bar{\eta}_2 & \bar{\rho}_2 & \dots & -\bar{\eta}_m & \bar{\rho}_m \\ \bar{\rho}_1 & \bar{\eta}_1 & \bar{\rho}_2 & \bar{\eta}_2 & \dots & \bar{\rho}_m & \bar{\eta}_m \end{bmatrix} \begin{array}{l} \text{x öteleme} \\ \text{y öteleme} \\ \text{dönme} \\ \text{ölçek} \end{array}$$

$$\rho_i = x_i - x_s, \quad \eta_i = y_i - y_s \quad (i = 1 \dots m) \quad (3.1.26)$$

$$\bar{\rho}_i = C \cdot \rho_i, \quad \bar{\eta}_i = C \cdot \eta_i \quad (i = 1 \dots m) \quad (3.1.27)$$

$$x_s = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_j, \quad y_s = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_j \quad (3.1.28)$$

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^m (\rho_i^2 + \eta_i^2)} \quad (3.1.29)$$

m : Ağdaki nokta sayısıdır.

Jeodezik ağ, doğrultu + kenar ağı veya kenar ağı ise B matrisindeki dördüncü satır alınmaz. Çünkü kenar ölçüsü olduğundan ağdaki ölçek sorunu ortadan kalkar.

Nivelman (yükseklik) ağında ise B matrisi,

$$\frac{B}{1, m} \left[\begin{array}{cccc} 1/\sqrt{m} & 1/\sqrt{m} & \dots & 1/\sqrt{m} \end{array} \right] \quad (3.1.30)$$

şeklinde oluşturulur (12).

Serbest dengelenen jeodezik ağların belli bir koordinat sistemine dayandırılması, sabit noktaların koordinatlarından yararlanılarak, benzerlik (Helmert) dönüşümü ile sağlanır.

3.2. Jeodezik Ağlarda Duyarlık, Güvenilirlik Kavramları ve İstatistik Testler

Jeodezik Ağların bir amaçtan öteye birer araç olduklarını, çeşitli proje ve çalışmalara altlık teşkil ettiklerini, ülke düzeyinde askeri, ekonomik, toplumsal faaliyetler için kartografik ve kadastral amaçlara yönelik büyük ve küçük ölçekli harita yapımına temel teşkil ettiklerini, ayrıca büyük mühendislik yapılarının deformasyonlarının araştırılması ve yerkabuğu hareketlerinin ortaya çıkarılmasında kullanıldıkları bilinmektedir. Jeodezik ağların, bu görevleri için yeterli olup olmadıkları sorusuna duyarlık ve güvenilirlik ölçütleri ile cevap verilebilir.

Duyarlık kavramından, normal dağılımlı ölçü kümelerinin dengelenmesi sonucu, yani içlerinde kaba ve sistematik hataların bulunmadığı sadece rastgele ölçü hataları ve ağı geometrik şeklinin etkisiyle oluşan, istatistiksel bir büyüklük olan, ortalama hatanın karesi (deneysel varyans) anlaşılmaktadır.

Duyarlık ve güvenilirlik ölçütlerinin gerçekçi olmaları,

a- Seçilen dengeleme modeline,

b- Konum, ölçek ve yöneltme gibi dış parametrelerin seçimine bağlıdır.

Öteyandan ölçülerle bilinmeyenler arasındaki fiziksel ve geometrik ilişkileri tam ve doğru olarak tanımlamayan bir fonksiyonel modelle, yine ölçülerin duyarlılıkları ve bunların arasındaki korelasyonları doğru ve yeterince ortaya koymayan bir stokastik model ile yapılan dengelemede, model hataları ortaya çıkar. İşte seçilen dengeleme modelinin uygun olup olmadığı ve ölçülerin değerlendirilmesi esnasında model hatalarının ortaya çıkıp çıkmadığı ise güven ölçütleri ile ortaya konabilir.

Jeodezik ağların dayalı ağ olarak ele alındığı yani, jeodezik ağın belirli olması için gerekli ve yeterli sayıda parametrenin bilinen olarak alındığı durumlarda bağıl duyarlık, serbest ağlarda iç duyarlık ölçütlerinden söz edilebilir.

3.2.1. Jeodezik ağılarda duyarlık

Jeodezik ağılarda duyarlık ölçütleri genellikle noktalara göre tanımlanan duyarlık ölçütleridir. Yani noktaların gerçek koordinat değerlerinin hangi sınırlar arasında olabileceğini gösterirler. Jeodezik ağılardaki duyarlık ölçütlerinin hesaplanmasında kullanılan bilgilerin tümü, bu jeodezik ağı oluşturan noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin varyans - kovaryans matrisinde saklanmıştır.

Koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ters ağırlık matrisi (3.1.13) eşitliğinden,

$$\underline{Q}_{xx} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} \quad (3.2.1.1)$$

$$\underline{Q}_{xx} = \begin{bmatrix} q_{x_1x_1} & q_{x_1y_1} & \dots & q_{x_1x_p} & q_{x_1y_p} \\ q_{y_1x_1} & q_{y_1y_1} & \dots & q_{y_1x_p} & q_{y_1y_p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ q_{x_px_1} & q_{x_py_1} & \dots & q_{x_px_p} & q_{x_py_p} \\ q_{y_px_1} & q_{y_py_1} & \dots & q_{y_px_p} & q_{y_py_p} \end{bmatrix} \quad (3.2.1.2)$$

herhangi bir P_i noktasına ilişkin koordinat bilinmeyenleri ve ters ağırlık matrisi,

$$\underline{x}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix}; \quad \underline{Q}_i = \begin{bmatrix} q_{x_1x_1} & q_{x_1y_1} \\ q_{y_1x_1} & q_{y_1y_1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_{xx} & q_{xy} \\ q_{yx} & q_{yy} \end{bmatrix} \quad (3.2.1.3)$$

eşitliklerinden elde edilir. Dengeleme sonucunda elde edilen deneysel varyans (3.1.18) eşitliğinden

$$m_o^2 = \frac{V^T P V}{n - u} = \frac{V^T P V}{f} \quad (3.2.1.4)$$

bilinmeyenlere ilişkin deneysel varyans - kovaryans matrisi,

$$\underline{K}_{xx} = m_o^2 \underline{Q}_{xx} \quad (3.2.1.5)$$

eşitliği ile elde edilir. Buradan hesaplanan büyüklüklerin güven aralıklarının bulun-

masında F- Dağılımından (Fisher Dağılımından) yararlanılır. Aşağıda verilmeye çalışılan duyarlık ölçütleri dengeleme sonucunda gerçekleştirilen duyarlık ölçütleridir.(29)

3.2.1.1. Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ortalama hatalar

Jeodezik ağların dengelenmesi sonucunda ortalama hatanın karesi (Deneysel varyans) m_o^2 elde edilir. Noktaların koordinat bilinmeyenlerinin ortalama hataları ise

$$m_{x_i} = m_o \sqrt{q_{x_i|x_i}} \quad , \quad m_{y_i} = m_o \sqrt{q_{y_i|y_i}} \quad (3.2.1.1.1)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. Bilinmiyenin güven aralığı ise,

$$P (a_i < \bar{x}_i \leq b_i) = 1 - \alpha \quad (3.2.1.1.2)$$

güven aralığı alt sınırı,

$$a_i = \bar{x}_i - t_{f, 1 - \alpha/2} m_{x_i} \quad (3.2.1.1.3)$$

güven aralığı üst sınırı,

$$b_i = \bar{x}_i + t_{f, 1 - \alpha/2} m_{x_i} \quad (3.2.1.1.4)$$

3.2.1.2. Jeodezik ağlarda koordinat bilinmeyenlerine ilişkin konum hatası

Jeodezik ağ içerisindeki herhangi bir P_i noktasının konum hatası (3.2.1.2), (3.2.1.4) ve (3.2.1.1.1) eşitliklerinden yararlanılarak,

$$m_{P_i} = \sqrt{m_{x_i}^2 + m_{y_i}^2} = m_o \sqrt{q_{x_i|x_i} + q_{y_i|y_i}} = m_o \sqrt{\lambda_A + \lambda_B} \quad (3.2.1.2.1)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. (29)

3.2.1.3. Jeodezik ağılarda ortalama koordinat duyarlılığı

Jeodezik ağların tamamı için tanımlanan duyarlık ölçütleri tüm koordinat bilinmeyenlerine ilişkin varyans - kovaryans matrisinden yararlanılarak elde edilir. Dengeleme sonucunda elde edilen (3.2.1.5) eşitliğinde deneysel varyans - kovaryans matrisinden yararlanılarak,

$$m_x, m_y = \sqrt{\frac{iz K_{xx}}{2p}} = m_o \sqrt{\frac{iz (Q_{xx})}{2p}} \quad (3.2.1.3.1)$$

eşitliği ile elde edilen ortalama koordinat duyarlılığı, jeodezik ağın tamamı için ortaya konan bir duyarlık ölçütüdür. Burada P jeodezik ağdaki nokta sayısıdır.

3.2.1.4. Jeodezik ağılarda hata elipsi

Helmert nokta ortalama hatası ve hata elipsinin elemanları, (Şekil 3.1) :

Hata elipsinin büyük yarı eksenini,

$$A_H = m_o \sqrt{\frac{1}{2} (q_{xx} + q_{yy} + w)} \quad (3.2.1.4.1)$$

hata elipsinin küçük yarı eksenini,

$$B_H = m_o \sqrt{\frac{1}{2} (q_{xx} + q_{yy} - w)} \quad (3.2.1.4.2)$$

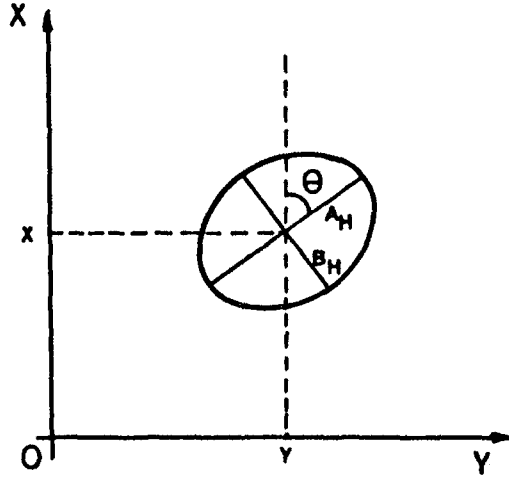
büyük yarı eksenin x doğrultusu ile yaptığı açı,

$$\theta = \frac{1}{2} \text{Arctan} \frac{2 q_{xx}}{q_{xx} - q_{yy}} \quad (3.2.1.4.3)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. Burada kullanılan w,

$$W^2 = (q_{xx} + q_{yy})^2 + 4 q_{xy}^2 \quad (3.2.1.4.4)$$

dır. (29)



Şekil 3.1

Koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ters ağırlık matrisi Q_{ii} nin özdeğerlerini λ_A , λ_B ve normlandırılmış özvektörleri S_A , S_B ile gösterilirse,

$$Q_{ii} = [S_A \quad S_B] \begin{bmatrix} \lambda_A & 0 \\ 0 & \lambda_B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_A^T \\ S_B^T \end{bmatrix} \quad (3.2.1.4.5)$$

S_A vektörünün x yönündeki bileşeni S_{Ax} , y yönündeki bileşeni S_{Ay} ile gösterilirse, hata elipsinin elemanları,

$$A_H = m_o \sqrt{\lambda_A} \quad (3.2.1.4.6)$$

$$B_H = m_o \sqrt{\lambda_B} \quad (3.2.1.4.7)$$

$$\theta = \text{Arctan} \frac{S_{Ay}}{S_{Ax}} \quad (3.2.1.4.8)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. (29)

3.2.1.5. Jeodezik ağırlarda güven elipsi

Jeodezik ağırlarda güven elipslerinin elemanları :

Büyük yarı eksen,

$$A_G = m_o \sqrt{2 \lambda_A F_{2, f, 1-\alpha}} \quad (3.2.1.5.1)$$

küçük yarı eksen,

$$B_G = m_o \sqrt{2 \lambda_B F_{2, f, 1-\alpha}} \quad (3.2.1.5.2)$$

büyük yarı eksenin doğrultu açısı,

$$\theta_G = \text{Arctan} \frac{S_{Ay}}{S_{Ax}} \quad (3.2.1.5.3)$$

eşitlikleri ile hesaplanır. (29)

3.2.2. Jeodezik ağılarda güvenilirlik

Duyarlık kavramına ilişkin verilmiş olan ölçülerin tamamı, dengeleme sonunda elde edilen yargılardır. Bunların gerçeği yansıtmaları ise ancak geçerli bir dengeleme modeli ile mümkün olur. Diğer bir deyişle ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ve fiziksel ilişkileri ortaya koyan fonksiyonel modelin gerçeğe uygun olması ve dengelemeye konu olan ölçülerde kaba ve sistematik hata olmadığı durumlarda hesaplanan duyarlıklar gerçeği yansıtır. Aksi durumunda ise model hataları ortaya çıkar. Model hataları istatistik testlerle ortaya çıkarılabilirler. Bu amaçla model hataları, büyüklük ölçütleri verilmelidir.

Jeodezik ağılarda güven kavramı ise ağıın geometrik yapısının mümkün olan model hatalarına karşı duyarlılığı olarak tanımlanmaktadır. Burada sadece model hipotez testi ve uyumsuz ölçüler testi ele alınıp incelenecektir.

3.2.2.1. Jeodezik ağılarda model hipotez testi

Jeodezik ağların dengelemesinde kurulan fonksiyonel ve stokastik modellerin, ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ilişkileri ve fiziksel gerçekleri yansıtmayı yansıtmadıkları, gözlemler arasındaki duyarlık ilişkilerini tam ve doğru olarak içerip içermedikleri model hipotez testi ile ortaya konur.

Jeodezik ağılarda gözlemlerin duyarlılıklarını belirlemek ve kurulan matematik model hakkında bilgi edinmek amacıyla bir ön dengeleme yapılır veya Ferrero bağıntısı yardımıyla birim ölçünün ortalama hatasının öncül değeri olan s_0 elde edilir. Daha sonra ağı toplu dengelenmesi sonucunda düzeltmelerden (3.2.1.4) eşitliği yardımıyla aynı ortalama hatanın soncul değeri olan m_0 elde edilir.

Burada elde edilen s_0 ve m_0 değerleri kuramsal standart sapma σ_0 m deneysel değerleridir. Dengelemenin matematiksel modeli gerçekleri yansıtıyorsa matematik istatistik gösterimle,

$$E(s_0^2) = E(m_0^2) = \sigma_0^2 \quad (3.2.2.1.1)$$

yazılabilir,

$$\frac{m_0^2}{s_0^2} = F_{f_m, f_s} \quad (3.2.2.1.2)$$

oranı merkezli F- Dağılımına uyar. Burada,

f_m : m_0 değerinin hesaplanmasındaki serbestlik derecesi,

f_s : s_0 değerinin hesaplanmasındaki serbestlik derecesi

dir.

$$\frac{m_0^2}{s_0^2} > F_{f_m, f_s | 1-\alpha/2} \quad (3.2.2.1.3)$$

durumunda, kurulan dengeleme modeli hatalıdır. (3.2.2.1.1) eşitliğindeki beklenen

değer bağıntısı gerçekleşmez. Yani (3.2.2.1.2) oranı, merkezli F-Dağılımına uymaz. Bunun anlamı ise model hipotezi α kadar bir yanılma $s = 1 - \alpha$ kadar bir istatistik güvenle geçersizdir. Bunun nedeni ise ölçülerden birinde veya birkaçında kaba hataların olabileceği, aletlerin ayar hataları veya ölçülerin hatalı indirgenmelerinden kaynaklanabilir.

Model hipotez testi şu adımlarla irdelenebilir.

a- Sıfır hipotezinin kurulması :

$$H_0 : m_0 = s_0 = \sigma_0 \quad (3.2.2.1.4)$$

b- Alternatif hipotezinin kurulması :

$$H_{A1} : m_0 > s_0 \quad (3.2.2.1.5)$$

Standart sapmalardan birinin diğerinden büyük olduğu biliniyorsa tek yönlü alternatif hipotez kurulur. Eğer böyle bir bilgi yoksa

$$H_{A2} : m_0 \neq s_0 \quad (3.2.2.1.6)$$

çift yönlü alternatif hipotezi kurulur.

c- Test büyüklüğünün hesaplanması :

$$T = \frac{m_0^2}{s_0^2} \quad (3.2.2.1.7)$$

Burada büyük olan değer paya yazılır. Nedeni ise F tablolarının 1 den büyük değerler için hazırlanmış olmasıdır.

d- Yanılma ihtimalinin seçimi :

Jeodezik problemlerde genellikle $\alpha = 0.05$ olarak seçilir.

H_0 : Hipotezi H_{A1} hipotezi ile karşılaştırılırsa hesaplanan T değerinin sınır değeri

$$q_1 = F_{fm, fs, 1-\alpha} \quad (3.2.2.1.8)$$

F- Dağılım tablosundan alınır.

H_0 : Hipotezi H_{A2} hipotezi ile karşılaştırılırsa hesaplanan T değerinin sınır değeri,

$$q_1 = F_{fm, fs}^{1-\alpha/2} \quad (3.2.2.1.9)$$

olur.

e- H_0 hipotezinin sonuç irdelenmesi :

$q = q_1$ veya q_2 denirse

$T \leq q$ ise H_0 hipotezi geçerli, yani seçilen matematiksel model gerçekleri yansıtmaktadır.

$T > q$ ise H_0 geçersiz, H_A geçerlidir. Bu durum ölçülerin bazılarında kaba ve sistematik hataların bulunabileceği, alet ayar hataları olabileceği, ölçülerin ağırlıklarının yanlış seçilmiş olabileceği, ölçülerde hatalı indirgemeler olabileceği yargısına götürür. (29)

3.2.2.2. Jeodezik ağlarda uyuşumsuz ölçüler testi

Dengelemeye konu olan ölçüler normal dağılımda olmalıdırlar yani içlerinde kaba ve sistematik hatalarla yüklü ölçüler olmamalıdır. Aksi durumda ölçülerin normal dağılımda olmaları temel prensibini geçersiz duruma getirir. Rastgele ölçü hatalarına çok yakın büyüklükte olan kaba hatalar önceden farkedilemezler ama dengeleme sonuçlarını olumsuz yönde etkilerler.

Bu tür hatalı ölçüler ancak dengeleme sonunda uygulanan uyuşumsuz ölçüler testleri yardımıyla ortaya çıkarılırlar. Uyuşumsuz ölçüler ayıklanırlar. Eğer ayıklanan ölçüler ağın konfigürasyonunu bozuyorsa yenilenirler. Uyuşumsuz ölçülerin

ayıklanması için bir çok yöntem önerilmektedir. Burada sadece POPE yöntemine göre uyuşumsuz ölçülerin ayıklanması üzerinde durulacaktır. (3.1.13) eşitliğinden,

$$\underline{Q}_{xx} = (\underline{A}^T \underline{P} \underline{A})^{-1} = \underline{N}^{-1} \quad (3.2.2.2.1)$$

$$\underline{C} = \underline{A} \underline{Q}_{xx} \underline{A}^T \quad (3.2.2.2.2)$$

hesaplanan \underline{C} matrisinin köşegen elemanları kullanılarak i 'nci ölçü için,

$$q_{vivi} = \frac{1}{P_i} - C_{ii} \quad (3.2.2.2.3)$$

P_i : i 'nci ölçünün ağırlığı,

C_{ii} : \underline{C} matrisinin i 'nci köşegen elemanı,

olmak üzere hesaplanabilir. Ayrıca (3.1.14) eşitliği yardımıyla \underline{Q}_{vv} matrisinden i 'nci köşegen elemanı q_{vivi} bulunabilir. Yine (3.1.14) eşitliğinden

$$\underline{V} = (\underline{A} \underline{Q}_{xx} \underline{A}^T \underline{P} - \underline{I}) \underline{l} \quad (3.2.2.2.4)$$

i 'nci düzeltme elde edilebilir. Buradan,

$$T = \frac{V_i}{m_0 \sqrt{q_{vivi}}} \quad (3.2.2.2.5)$$

test büyüklüğü elde edilir.

Hesaplanan test büyüklüğünü karşılaştırma değeri C ise

$$C = \left(\frac{(n - q) F}{n - q - 1 + F} \right)^{1/2} \quad (3.2.2.2.6)$$

n : ölçü sayısı,

$n - q$: Jeodezik ağırlık dengelenmesindeki serbestlik derecesi,

F : 1 ve $n - q - 1$ serbestlik derecesinde F (Fisher) dağılımının $(1 - \alpha)^{1/n}$ test düzeyinde fraktıl değeri,

olmak üzere hesaplanabildiği gibi, serbestlik derecesine bağlı olarak ilgili tablolardan

alınabilir.

Sonuç olarak $T > C$ ise l_1 ölçüsü uyuşumsuzdur. Bu durumda l_1 ölçüsü ağır konfigürasyonunu bozmuyorsa atılır. Aksi durumda l_1 ölçüsü yenilenir. Bu işleme ölçü kümesinde uyuşumsuz ölçü kalmayınca kadar devam edilir. (16)

3.3. Jeodezik Ağlarda Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Jeodezik ağlarda yapılan doğrultu ve kenar ölçülerinin ağırlıkları, dengeleme, stokastik modelin oluşturulmasında önemli rol oynar. Doğrultu ve kenarların ağırlıkları aşağıdaki gibi incelenebilir.

a- Doğrultuların ağırlıklarının belirlenmesi :

Bir doğrultunun karesel ortalama hatası gözlenmiş serilerden veya üçgen kapanmalarından yararlanarak hesaplanabilir.

$$m_o^2 = \frac{[WW]}{6u} \quad (3.3.1)$$

Ferrero eşitliğinde,

m_o : Bir doğrultunun karesel ortalama hatası,

W : Üçgen kapanma hatası,

u : Jeodezik ağdaki üçgenlerin sayısı

olduğuna göre, doğrultunun ağırlığı P , istenildiği gibi seçilen değişmez C olmak üzere,

$$P = \frac{C}{m_o^2} \quad (3.3.2)$$

olur.

C değişmezi serbest olduğundan,

$$C = m_0^2 \quad (3.3.3)$$

almırsa,

$$P = \frac{m_0^2}{m_0^2} = 1 \quad (3.3.4)$$

olarak elde edilir.

Jeodezik ağlar

1. Derece noktalar,
2. Derece 1. kademe noktalar,
2. Derece 2. kademe noktalar

gibi hiyerarşik bir yapıda okluklarından, yine üçgen kapanmalarından bir doğrultunun (a priori) karesel ortalama hatası (3.3.1) eşitliği ile her bir nokta grubu için m_0 , m_1 , m_2 değerleri hesaplanabilir. P , P_1 , P_2 yine sırasıyla bu noktalardaki doğrultuların ağırlıkları olmak üzere;

$$P = \frac{m_0^2}{m_0^2}, \quad P_1 = \frac{m_0^2}{m_1^2}, \quad P_2 = \frac{m_0^2}{m_2^2} \quad (3.3.5)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir. Doğrultuların ağırlıkları ile silsile sayılarının orantılı oklukları dikkate alınır,

$$\frac{P}{n} = \frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2} \quad (3.3.6)$$

P, P_1, P_2 : Doğrultu gruplarının ağırlıkları,

n, n_1, n_2 : Doğrultu gruplarının silsile sayıları

olmak üzere P biliniyorken

$$P_1 = P \frac{n_1}{n}, \quad P_2 = P \frac{n_2}{n} \quad (3.3.7)$$

eşitlikleri ile diğer doğrultu gruplarının ağırlıkları hesaplanabilir.

b- Kenar ölçülerinin ağırlıklarının belirlenmesi :

$$P_s = \frac{m_o^2}{m_s^2} \left[\frac{cc}{cm} \right] \quad (3.3.8)$$

m_s : ölçülen uzunluğun ortalama hatası, elektronik uzaklık ölçerlerde,

$$m_s = (a + D \cdot 10^{-6}) \text{ ppm} \quad (3.3.9)$$

a : Alet prospektüsünde verilen sabit sayı (mm)

D : Ölçülen uzaklık (km)

olmak üzere ölçülen kenarların ağırlıkları belirlenebilir. Eğer kenarlar başka bir yöntemle ölçülmüşse bu yöntemde kenarların karesel ortalama hatalarının verilmesi gerekir.

3.4. Sabit Alınan Noktalar Kümesinde Uyuşum Testi

Uyuşumsuz ölçüler belirlenip ayıklandıktan sonra ağ yeniden serbest olarak dengelenerek sabit alınan noktalara ilişkin yeni koordinatlar elde edilir.

Bu koordinatlarla verilen koordinatlar arasında Helmert (Benzerlik) dönüşümü yapılır. Verilen noktalar için serbest dengeleme ile bulunan koordinatlar x_i, y_i ($i = 1, 2, \dots, P$) (verilen nokta sayısı) ve verilen koordinatlar \bar{x}_i, \bar{y}_i olmak üzere, $k_{01}, k_{02}, k_{11}, k_{12}$ dönüşüm katsayıları bilinmeyenleri ile düzeltme denklemleri

$$V_{x_i} = k_{01} + x_i k_{11} - y_i k_{12} - \bar{x}_i \quad (3.4.1)$$

$$V_{y_i} = k_{02} + y_i k_{11} + x_i k_{12} - \bar{y}_i$$

olmaktadır.

$$x_s = \frac{[x]}{P} \quad (3.4.2)$$

ve benzer olarak $y_s, \bar{x}_s, \bar{y}_s$ her iki sistemde eşlenik noktaların ağırlık merkezi koordinatları,

$$\Delta x_i = x_i - x_s \quad (3.4.3)$$

ve benzer olarak $\Delta y_i, \bar{\Delta x}_i, \bar{\Delta y}_i$ noktalarının ağırlık merkezine göre koordinat farkları olmak üzere dönüşüm katsayıları, en küçük kareler yöntemine göre,

$$\begin{aligned} k_{11} &= [\Delta x \bar{\Delta x} + \Delta y \bar{\Delta y}] / [s] \\ k_{12} &= [\Delta x \bar{\Delta y} + \Delta y \bar{\Delta x}] / [s] \\ k_{01} &= \bar{x}_s - k_{11} x_s + k_{12} y_s \\ k_{02} &= \bar{y}_s - k_{11} y_s - k_{12} x_s \end{aligned} \quad (3.4.4)$$

eşitlikleri ile verilmektedir. Burada

$$[s^2] = [\Delta x^2 + \Delta y^2] \quad (3.4.5)$$

dir. Birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_o = \sqrt{[VV] / (2P - 4)} \quad (3.4.6)$$

ile hesaplanır.

Verilen nokta koordinatları arasında uyumsuz (\bar{X}, \bar{Y}) ölçü çiftlerini belirlemek için her noktaya ilişkin,

$$q_i = 1 - \frac{1}{P} - \frac{\Delta x^2 + \Delta y^2}{[s^2]} \quad (3.4.7)$$

hesaplanır.

$$T = \sqrt{\frac{Vx^2 + Vy^2}{2m_o^2 q_i}} \quad (3.4.8)$$

test büyüklüğü ve α yanılma olasılığı ile

$$C = \sqrt{(P - 2) \left(1 - \left(\frac{\alpha}{P}\right)^{1/(P-3)}\right)} \quad (3.4.9)$$

kritik degerden büyük çikiyorsa, yani

$$T > C \quad (3.4.10)$$

ise ilgili koordinat çifti uyumsuz olarak kabul edilir.

Bu işleme yani dönüşüm ve test işlemine verilen nokta çiftleri içerisinde uyumsuz nokta çifti kalmayıncaya kadar devam edilir. (16)



4. SAYISAL UYGULAMA

4.1. Dokuzuncu Poligon

Türkiye I. Derece noktalar ağını meydana getiren 27 adet poligondan birisi olan Antalya, Afyon ve Konya illerini kapsayan dokuzuncu poligon ve yüzey ağı uygulama alanı olarak seçilmiştir (Şekil 4.1).

Arşivimizdeki bilgilerden yararlanarak dokuzuncu poligon hakkında genel olarak şunlar söylenebilir.

a- Eldeki bilgilere göre dokuzuncu poligondan,

1- I. Derece nokta sayısı = 95,

2- II. Derece birinci kademe nokta sayısı = 99,

3- II. Derece ikinci kademe nokta sayısı = 154

olmak üzere toplam 348 adet nokta, kullanılmıştır.

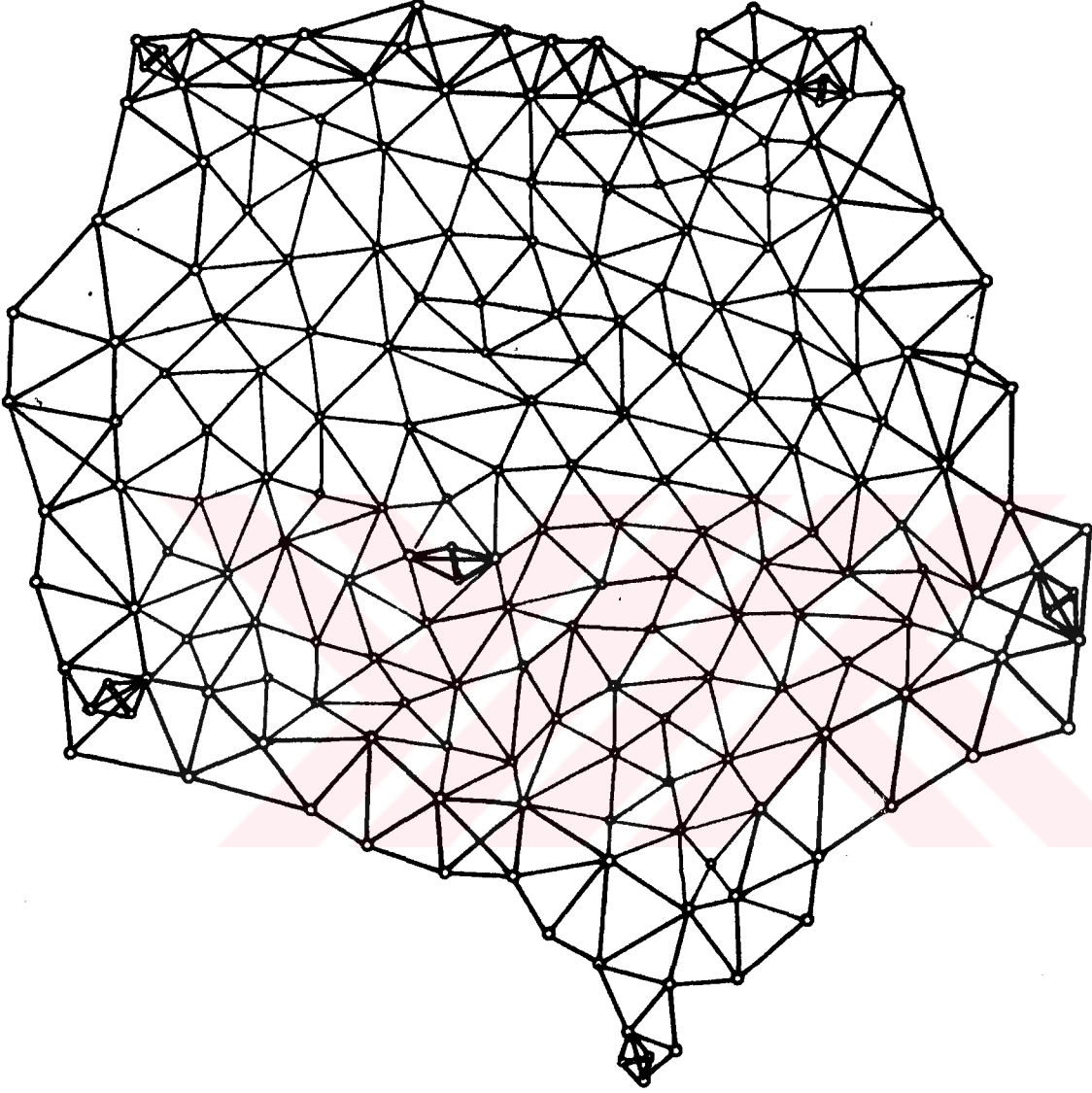
b- Bu noktalarda yapılan 2217 adet doğrultu alınmıştır.

1- I. Derece noktadaki doğrultular 24 silsile olarak ölçülmüştür. Bu noktalarda ölçülen bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 1.5^{\text{cc}}$ dir.

2- II. Derece I. Kademe noktadaki doğrultular 12 silsile olarak ölçülmüştür. Bu noktalarda ölçülen bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 3.0^{\text{cc}}$ dir.

3- II. Derece II. kademe noktadaki doğrultular 8 silsile olarak ölçülmüştür. Bu noktalarda ölçülen bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 5.0^{\text{cc}}$ dir.

c- Bu ağda 6 adet baz ölçülmüştür. Ölçümler,



Şekil 4.1.

Not : Bu şekildeki noktalar gerçek şekli yansıtmamaktadır.

24 m lik invar telleri ile gidiş dönüş olarak ve her portede beş okuma ile yapılmıştır. Ayrıca Baz Büyütme ağılarında, baz karşısındaki açılara ait doğrultular 48 silsile olarak ölçülmüştür. Elde edilen karesel ortalama hatalar, $m_0 = \pm 0.0009$ m, $m_0 = \pm 0.0041$ m değerleri arasındadır.

d- Poligonda 7 adet Laplace noktası bulunmaktadır. Laplace noktalarında 1947 den sonraki gözlemlerde her üç gözleme için uygun olan Wild T4 üniversal teodoliti kullanılmıştır. Laplace noktalarında azimut belirlemek için kutup yıldızı gözlenmiştir. Gözlemlerin elden geldiğince elongasyon durumunda yapılmasına çalışılmış, kutup yıldızı ile bir I. derece nirengi noktası arasındaki yatay açı ölçülmüştür. Her gece en az 6 seri olmak üzere üç gecede 18 seri ölçme yapılarak azimut gözlemleri tamamlanmıştır. (8, 18, 27)

Enlem belirleme Horrebow - Talcott metoduna göre, çok seyrek olarak da Sterneck metoduna göre yapılmıştır. Bunun için 2 gece gözleme yapılmış, her gece 12 çift yıldız gözlenmiştir. Çiftlerden bazıları her iki gecede gözlenmiştir. Böylece bulunan 24 enlem değerinin ortalaması alınarak Laplace noktaları için enlem belirlenmiştir.(8, 18, 27)

Boylam belirlemek için yıldızlar meridyen üst geçişlerinde gözlenmiş, geçiş zamanları kaydedilmiştir. Her noktada dört gece ölçme yapılmıştır. Bir gecelik gözleme, önceden hazırlanan gözleme programına göre 3 grupta 18 adet yıldızla yapılmıştır. Her grup 5 adet normal deklinasyonlu, 1 adet kutba yakın yıldızdan oluşmuştur .(8, 18, 27)

e- Dokuzuncu poligonun sınırladığı alanda 982 adet üçgen oluşmaktadır ve Ferrero eşitliği ile yapılan hesaplamada bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 3^{\circ}.3238$ olarak bulunmuştur.

Bu alan içerisinde, Konya il merkezine 35 km. uzaklıktaki Hatunsaray kasabası, Karaağaç ve Sarıkız köylerini kapsayan ve oniki noktadan oluşan, Büyük ölçekli

haritaların yapım yönetmeliğine uygun, bir yüzey test ağı oluşturulmuştur. Bu test ağına ileride dönülecektir.

4.2. Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine, Oradan da Gauss - Kruger Projeksiyon Düzlemine İndirgenmesi

A- Yatay doğrultuların elipsoid yüzeyine oradan da Gauss - Kruger projeksiyon düzlemine indirgenmesi :

Burada uluslararası 1910 Hayford elipsoidi, Gauss - Kruger projeksiyonunda ise 6° lik dilim genişliği (UTM) kullanılmıştır.

Fiziksel yeryüzünde ölçülmüş olan yatay doğrultular :

- 1- Çekül sapmasından dolayı indirgeme miktarı olan dl_1 ler (2.2.1.1.2),
- 2- Hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme miktarı olan dl_2 ler (2.2.1.2.1),
- 3- Normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarı olan dl_3 ler (2.2.1.3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmışlardır.

Hesaplanan indirgeme miktarları işaretlerine göre fiziksel yeryüzünde ölçülen doğrultuya eklenerek elipsoid yüzeyindeki doğrultular elde edilmiştir. Elipsoid yüzeyi üzerine indirgenen yatay doğrultular (2.4.5) ve (2.4.6) eşitlikleri kullanılarak Gauss - Kruger projeksiyon düzlemine indirgenmişlerdir. Bu indirgemeler 2217 doğrultu için geliştirilen Basic dilindeki programla IBM PS/2 bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Tablo (4.1) de bu indirgemelerden birkaç örnek sunulmuştur.

Tablo 4.1.

D.N = AA	B.N = AB	$\alpha_{ik}^8 = 24.2179571$	Ö.D = 0 ⁸ .0000000
dl ₁ = 0 ^{cc} .047336	dl ₂ = 0 ^{cc} .188856	dl ₃ = 0 ^{cc} .002468	E.D = 0 ⁸ .0000239
dt = 8 ^{cc} .23804	S _{ik} = 25384.4241 m.		D.D = -0 ⁸ .0007999
D.N = AA	B.N = AC	$\alpha_{ik} = 748.4932962$	Ö.D = 50 ⁸ .2753370
dl ₁ = -0 ^{cc} .013351	dl ₂ = 0 ^{cc} .221197	dl ₃ = 0 ^{cc} .002175	E.D = 50 ⁸ .2753580
dt = 3 ^{cc} .508192	S _{ik} = 23360.3039 m.		D.D = 50 ⁸ .2750072
D.N = AA	B.N = AD	$\alpha_{ik} = 2268.0741674$	Ö.D = 201 ⁸ .8563490
dl ₁ = -0 ^{cc} .032407	dl ₂ = 0 ^{cc} .210120	dl ₃ = 0 ^{cc} .003562	E.D = 201 ⁸ .8563671
dt = -8 ^{cc} .001562	S _{ik} = 29601.1201 m.		D.D = 201 ⁸ .8571673
D.N = AA	B.N = AE	$\alpha_{ik} = 2768.4839048$	Ö.D = 252 ⁸ .2660560
dl ₁ = -0 ^{cc} .045301	dl ₂ = 0 ^{cc} .202218	dl ₃ = 0 ^{cc} .003376	E.D = 252 ⁸ .2660720
dt = -2 ^{cc} .758934	S _{ik} = 29992.3035 m.		D.D = 252 ⁸ .2663479
D.N = AA	B.N = AF	$\alpha_{ik} = 3438.3587498$	Ö.D = 319 ⁸ .1410280
dl ₁ = -0 ^{cc} .134991	dl ₂ = -0 ^{cc} .263535	dl ₃ = -0 ^{cc} .003776	E.D = 319 ⁸ .1409878
dt = 4 ^{cc} .467331	S _{ik} = 26364.7981 m.		D.D = 319 ⁸ .1405410
D.N = AA	B.N = AG	$\alpha_{ik} = 1968.3264734$	Ö.D = 172 ⁸ .1075090
dl ₁ = 0 ^{cc} .062036	dl ₂ = -0 ^{cc} .027031	dl ₃ = -0 ^{cc} .000125	E.D = 172 ⁸ .1075125
dt = -4 ^{cc} .551574	S _{ik} = 13955.4704 m.		D.D = 172 ⁸ .1079676

- D.N : Durulan nokta
B.N : Bakılan Nokta
Ö.D : Ölçülen Doğrultu
E.D : Elipsoid yüzeyindeki doğrultu
D.D : Gauss-Kruger proj. Düz. Doğrultu
 α_{ik} : i noktasından k noktasına azimut
S_{ik} : i ve k noktaları arasındaki uzaklık
dl₁ : Çekül sapmasından dolayı indirgeme miktarı
dl₂ : Hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme miktarı
dl₃ : N. Kesitten J. eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarı
dt : Açıklık açısı redüksiyonu

Fiziksel yeryüzünde ölçülen yatay doğrultuların elipsoid yüzeyine ve Gauss - Kruger projeksiyon düzlemine indirilirken getirilecek indirgeme miktarları istatistiki olarak incelenmiş ve bu indirgeme miktarlarının maksimum ve minimum değerleri Tablo (4.2) de sunulmuştur.

B- Ölçülen baz uzunluklarının elipsoid yüzeyine, oradan da Gauss-Kruger projeksiyon düzlemine indirgenmesi :

Fiziksel yeryüzünde ölçülen baz uzunlukları (2.2.4.1.1.) eşitliği yardımıyla elipsoid yüzeyine, oradan da (2.4.7) ve (2.4.8) eşitlikleri yardımıyla Gauss - Kruger projeksiyon düzlemine indirgenmişlerdir. Bu işlem, ağda bulunan toplam 6 adet baz uzunluğu için yapılmıştır. İndirgeme miktarları Tablo (4.3) de sunulmuştur.

Tablo 4.2

		İND. MİKT. (cc)
DL ₁	MAX	5.7702442
	MİN	0.0000407
DL ₂	MAX	0.6300312
	MİN	0.0002364
DL ₃	MAX	0.0090086
	MİN	0.0000006
D _t	MAX	67.0066364
	MİN	0.0000660

Tablo 4.3.

BAZ ADI	δE (m)	δG (m)
A	-1.261514	4.369032
B	-0.372001	3.952107
C	-1.521125	1.286771
D	-0.041611	0.193281
E	-1.440785	0.363435
F	-1.295924	0.045300

δE : Fiziksel yeryüzünden elipsoid yüzeyine indirilirken getirilen düzeltme miktarı

δG : Elipsoid yüzeyinden Gauss - Krüger projeksiyon yüzeyine indirilirken getirilen düzeltme miktarı.

4.3. Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

A- Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmiş yatay doğrultuların ağırlıklarının belirlenmesi : Uygulama ağı, üç grup noktadan olduğundan her grup nokta doğrultuları için ağırlıklar belirlenmiştir. (3.3.6) eşitliğinden yararlanılarak

$$\frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2} = \frac{P_3}{n_3}$$

II. Derece I. kademe noktadaki ölçülerin ağırlığı $P_2 = 1$ alınmak suretiyle,

I. Derece noktadaki ölçülerin ağırlığı,

$$\frac{P_1}{n_1} = \frac{P_2}{n_2} \quad P_1 = P_2 \frac{n_1}{n_2} = 1 \frac{24}{12} = 2 \quad P_1 = 2$$

II. Derece 2. kademe noktalarındaki ölçülerin ağırlığı,

$$\frac{P_3}{n_3} = \frac{P_2}{n_2} \quad P_3 = P_2 \frac{n_3}{n_2} = 1 \frac{8}{12} = 0.6667 \quad P_3 = 0.6667$$

olarak bulunmuştur.

B- Gauss - Kruger projeksiyon düzlemine indirgenmiş kenarların ağırlıklarının

belirlenmesi : Uygulama ağında ölçülmüş olan 6 adet baz, kenar ölçüsü olarak değerlendirilmiş ve dengeleme modeli içerisinde böyle yorumlanmıştır. Bu kenarların ağırlıkları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

(3.3.8) eşitliğinden yararlanarak,

$$P_s = \frac{m_o^2}{m_s^2} \left[\frac{cc}{cm} \right]$$

Burada $m_o = 3^{cc}.3238$ alınmak suretiyle 6 adet kenar ölçüsünün ağırlıkları Tablo (4.4) de sunulmuştur.

Tablo 4.4.

KENAR ADI	$m_s(cm)$	P_s
A	0.09891348	1129.168629
B	0.2549863284	169.9166657
C	0.4179697141	63.23829307
D	0.2030939804	267.8401417
E	0.2159052085	236.997372
F	0.1361088246	596.3444802

4.4. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağının Zorlamasız Dengelemesi

Dokuzuncu poligon ve yüzey ağı 348 nokta 2217 doğrultu ve 6 adet kenar ölçüsü olmak üzere Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezinde zorlamasız olarak dengelenmiştir. Ölçülerin ağırlıkları olarak, doğrultular için (3.3.6) eşitlikleri ile elde edilen $P_1 = 2$, $P_2 = 1$, $P_3 = 0.667$, 6 adet kenar ölçüsü için (3.3.8) eşitlikleri ile elde edilen ve Tablo (4.4) de verilen ağırlıklar kullanılmıştır. Bu dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = \pm 4^{\text{cc}}.84$ bulunmuştur.

4.5. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağında Uyuşumsuz Ölçü Testi

Serbest dengeleme sonucunda Pope'ye göre Uyuşumsuz ölçü testi yapılmıştır. 2217 doğrultu ve 6 kenar ölçüsü için (3.2.2.2.5) eşitliği ile test büyüklükleri hesaplanmış ve (3.2.2.2.6) eşitliği ile karşılaştırma değeri olan C ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak uyumsuz ölçünün olmadığı görülmüştür.

4.6. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağında Birinci Derece Noktalar Kümesinde Uyuşum Testi

Dokuzuncu poligonda birinci derece olarak 95 adet nokta alınmıştır. Uyuşumsuz nokta testi bu 95 adet I. derece nokta arasında yapılmıştır. Her nokta için (3.4.8) eşitliği ile T değerleri, (3.4.9) eşitliği yardımıyla da C karşılaştırma değeri hesaplanmıştır. Karşılaştırma sonucunda 32 adet I. derece nokta uyumsuz olarak görülmüştür. 63 adet I. derece nokta ise uyumlu olarak kalmıştır.

4.7. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağının Sonuç (Dayalı) Dengelenmesi

Uyşumlu olarak kalan 63 adet I. Derece nirengi noktası sabit alınmak suretiyle geriye kalan II. Derece 1. kademe ve II. derece 2. kademe toplam 285 adet noktanın koordinatları dayalı dengeleme ile E.D. 50 datumunda, ÷lke nirengi koordinat sisteminde elde edilmiştir. Dayalı dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = \pm 5^{\text{cc}}.04$ olarak hesaplanmıştır.

4.8. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağına İlişkin Duyarlık ve Güvenirlik Ölçütleri

A- Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ortalama hatalar : Dayalı dengeleme sonucunda, koordinat bilinmeyenleri hesaplanan 285 adet nokta için bunlara ait m_{xj} , m_{yj} ortalama hataları (3.2.1.1.1) eşitliğı yardımıyla hesaplanmış ve bunlar Tablo (4.5) de sunulmuştur.

B- Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin konum hataları : Yine yukarıda sözü edilen 285 adet noktaya ilişkin konum hataları (3.2.1.2.1) eşitliğı yardımıyla hesaplanmış ve Tablo (4.5) de küçükten büyüğe doğru sıralanarak sunulmuştur.

Tablo 4.5.

<u>m_y (cm)</u>	<u>m_x (cm)</u>	<u>m_p (cm)</u>	<u>A (cm)</u>	<u>B (cm)</u>	<u>Θ (g)</u>
3.3513	2.4430	4.1472	4.1253	0.4258	60.1490
2.9746	4.0533	5.0276	5.0146	0.3620	359.8000
4.4619	5.1100	6.7838	5.3965	4.1108	33.0570
5.2031	5.0869	7.2765	5.4741	4.7940	344.5229
3.1081	6.7915	7.4690	6.8365	3.0080	391.8623
4.8928	5.8049	7.5918	5.8392	4.8518	387.5391
6.4248	4.0627	7.6016	6.5524	3.8536	315.6123
5.5571	5.2907	7.6728	5.6388	5.2035	70.9763
5.9398	5.0021	7.7654	6.6064	4.0812	62.4135
6.9345	3.7605	7.8885	6.9455	3.7403	304.2458
5.1124	6.1346	7.9856	6.7350	4.2906	35.9717
6.4244	4.9958	8.1383	6.7381	4.5640	73.1132
6.5366	4.9514	8.2002	6.7682	4.6297	76.8573
5.4152	6.1854	8.2210	6.3617	5.2070	26.6787
6.6398	5.0536	8.3442	6.6567	5.0312	93.0467
6.5851	5.1710	8.3727	6.6091	5.1402	91.3478
6.8900	4.7712	8.3807	7.5162	3.7072	330.3845
6.4647	5.4895	8.4809	7.1641	4.5389	62.3884
5.9210	6.2491	8.6086	6.5215	5.6195	361.8818
5.1311	6.9190	8.6140	7.3893	4.4271	371.1052
6.6835	5.4615	8.6311	7.5983	4.0943	61.7988
6.3766	5.8769	8.6717	6.3824	5.8705	306.9741
4.8874	7.1990	8.7013	7.3258	4.6952	15.5061
6.5416	5.7739	8.7252	6.9232	5.3102	334.0950
6.3574	5.9907	8.7353	7.3506	4.7197	54.5545
6.4051	5.9745	8.7590	6.7737	5.5531	338.4702
6.4381	6.2271	8.9269	6.7358	5.9038	58.1803
6.9723	5.6521	8.9755	6.9740	5.6500	97.5797
6.5464	6.1892	9.0090	6.8380	5.8654	337.9958
6.4802	6.2807	9.0244	7.2035	5.4360	53.6337
7.7913	4.5924	9.0440	8.0279	4.1650	318.1934
5.9007	6.9004	9.0793	7.5064	5.1076	363.8987
7.3764	5.4167	9.1517	7.3799	5.4119	302.8904
5.8334	7.0518	9.1519	7.7108	4.9296	35.2636

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
4.6999	7.8658	9.1630	7.9741	4.5137	387.2280
6.6303	6.3718	9.1957	7.1586	5.7719	56.0010
5.5650	7.3999	9.2589	7.6224	5.2561	21.4904
7.5943	5.3766	9.3049	7.5945	5.3764	300.6079
6.9310	6.2798	9.3528	6.9500	6.2588	310.8762
6.7382	6.7217	9.5176	8.5074	4.2671	349.8694
7.5038	5.8601	9.5210	7.5045	5.8593	98.6914
7.0010	6.4767	9.5374	7.0276	6.4478	314.0227
7.3463	6.1021	9.5501	7.6554	5.7095	72.2475
7.2426	6.4735	9.7140	8.1838	5.2332	341.4133
7.7171	5.9479	9.7432	7.9942	5.5698	76.2914
7.4061	6.3352	9.7461	7.8604	5.7620	332.7856
6.5851	7.2205	9.7724	7.3828	6.4026	372.4910
5.6342	8.0090	9.7923	8.7087	4.4774	30.2780
7.2446	6.6292	9.8199	7.9427	5.7744	59.2676
6.4623	7.6136	9.9864	8.1690	5.7441	365.9482
7.2567	6.9109	10.0210	7.5100	6.6348	337.0498
6.6331	7.5300	10.0349	7.5330	6.6183	7.8114
7.5934	6.6526	10.0954	7.7527	6.4663	323.8235
8.3118	5.7821	10.1252	8.5798	5.3764	79.3838
6.9221	7.4278	10.1532	7.5440	6.7953	373.6274
6.1007	8.1368	10.1698	8.3195	5.8491	18.9348
6.5091	7.8316	10.1835	7.9006	6.4252	14.5469
7.4143	6.9999	10.1966	7.4956	6.9128	75.1932
7.1285	7.2999	10.2032	7.9066	6.4491	46.2293
5.9388	8.3127	10.2162	8.3158	5.9345	2.4613
8.6926	7.8405	10.3084	7.8422	6.6906	397.4602
7.1352	7.4896	10.3443	7.5809	7.0382	372.6597
7.8984	6.6918	10.3521	8.3993	6.0512	67.3644
6.8380	7.8033	10.3754	8.7980	5.4995	40.3117
7.1024	7.7929	10.5439	9.7240	4.0766	354.2129
7.5243	7.4148	10.5638	7.8771	7.0388	345.8245
7.1986	7.9090	10.6945	8.0223	7.0721	376.9121
7.3451	7.8420	10.7446	7.8846	7.2993	17.7040
8.6898	6.3258	10.7485	8.6902	6.3254	300.8086
6.1411	8.8572	10.7779	9.2674	5.5026	23.8299

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
8.1015	7.1423	10.8003	8.1015	7.1423	99.6409
7.7263	7.6709	10.8876	8.0481	7.3325	52.4683
9.0244	6.1485	10.9199	9.3548	5.6331	78.5942
7.3202	8.1704	10.9700	8.7110	6.6678	36.2330
8.2240	7.2679	10.9752	8.6995	6.6914	334.0913
7.6673	7.9427	11.0396	8.7751	6.6986	354.2712
8.0928	7.5434	11.0633	8.1439	7.4882	318.3623
7.5782	8.0669	11.0682	8.2484	7.3803	30.9438
8.2412	7.4234	11.0916	9.0081	6.4713	60.5780
5.8427	9.5552	11.2000	9.5617	5.8322	397.0527
5.7481	9.6443	11.2274	9.6673	5.7094	394.5618
7.7624	8.1631	11.2646	9.3625	6.2637	354.2078
8.5490	7.3541	11.2769	8.6532	7.2312	81.8190
7.9729	7.9774	11.2786	8.4527	7.4672	350.1450
9.1349	6.6564	11.3029	9.1918	6.5777	89.8380
7.6088	8.3918	11.3276	10.1278	5.0738	44.7861
7.3044	8.7024	11.3616	8.8869	7.0788	378.2334
8.4120	7.6734	11.3861	8.9763	7.0050	337.6907
9.1954	6.7914	11.4315	9.2156	6.7640	306.2078
7.9978	8.1716	11.4341	8.2812	7.8842	35.5749
7.3471	8.7811	11.4494	9.7519	5.9991	37.2037
8.9503	7.1487	11.4547	9.1396	6.9049	320.0063
6.0998	9.7277	11.4820	9.9498	5.7304	16.5470
7.8205	8.4207	11.4921	8.9139	7.2534	361.8274
8.2159	8.0686	11.5154	8.3489	7.9309	61.4657
7.2582	8.9636	11.5338	9.2581	6.8786	375.6077
7.7691	8.6874	11.6546	10.2949	5.4631	356.3599
10.5659	5.0112	11.6941	10.6716	4.7820	310.0391
9.4626	6.8980	11.7099	9.9242	6.2156	74.7247
9.1985	7.2478	11.7108	10.6739	4.8177	338.4949
8.5518	8.0326	11.7327	9.0744	7.4373	339.6804
7.6465	8.9372	11.7620	8.9495	7.6322	6.3943
8.2207	8.4127	11.7624	8.4665	8.1653	372.0083
10.3418	5.6371	11.7784	10.3453	5.6307	98.0288
5.9050	10.2161	11.7999	10.2186	5.9007	1.7131
7.8127	8.8552	11.8090	9.6440	6.8151	37.826

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
7.2289	9.4038	11.8612	10.4540	5.6038	34.6244
8.5627	8.2090	11.8620	8.6492	8.1178	326.8103
9.0520	7.7070	11.8886	9.2813	7.4294	324.0266
8.6854	8.1244	11.8930	8.8099	7.9893	326.0176
8.7665	8.1190	11.9486	8.7704	8.1148	305.0547
8.2109	8.7276	11.9829	9.0164	7.8927	365.2344
9.3093	7.5734	12.0008	9.3579	7.5133	89.0804
8.3473	8.6884	12.0484	9.1105	7.8844	358.9949
7.3254	9.5999	12.0756	9.6809	7.2181	387.5942
8.1686	8.9245	12.0985	9.6304	7.3232	360.7161
9.6048	7.4367	12.1473	9.7029	7.3082	313.8403
8.6672	8.5397	12.1674	8.6880	8.5185	322.8994
5.8228	10.6978	12.1798	11.4951	4.0261	25.5528
8.4911	8.7360	12.1827	8.9365	8.2800	362.1763
9.2294	7.9528	12.1831	9.4777	7.6551	325.2090
8.8686	8.3780	12.2001	8.8737	8.3726	306.5281
10.0475	6.9539	12.2192	10.1662	6.7791	86.8910
8.1183	9.1447	12.2283	9.2660	7.9795	379.4441
8.4789	8.8848	12.2813	9.0668	8.2840	367.3635
9.1216	8.2509	12.2996	9.1621	8.2060	86.4694
8.5719	8.8222	12.3007	9.1953	8.1704	357.8640
8.2884	9.1419	12.3399	9.3098	8.0994	374.9524
9.2643	8.1610	12.3462	9.3746	8.0341	80.8149
9.4177	8.0810	12.4095	9.4815	8.0061	86.1330
8.7494	8.8329	12.4327	9.0160	8.5606	44.1227
8.7956	8.8487	12.4765	9.1518	8.4798	352.5173
6.7438	10.4991	12.4784	11.3157	5.2598	372.3171
6.1541	10.8641	12.4861	10.9241	6.0470	391.9792
8.1080	9.5416	12.5213	9.7676	7.8343	23.3050
8.2881	9.4071	12.5374	9.6303	8.0277	25.3291
10.0834	7.4626	12.5446	10.4970	6.8687	323.9602
8.5463	9.1996	12.5567	9.7439	7.9201	361.7175
11.1934	5.7384	12.5787	11.2130	5.7001	95.6345
9.0956	8.7227	12.6022	9.7109	8.0320	57.1608
8.2182	9.5753	12.6184	9.6740	8.1017	383.2063
8.7648	9.8794	12.6197	9.8209	7.9250	44.6636

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
9.1042	8.7510	12.6280	9.1065	8.7486	305.1753
8.5145	9.3640	12.6562	9.4026	8.4718	386.6123
9.0768	8.8348	12.6666	9.2981	8.6016	338.6924
9.1946	8.8020	12.7286	9.2251	8.7701	316.8723
9.3183	8.6743	12.7308	9.3454	8.6450	87.1553
9.3782	8.6993	12.7917	9.3905	8.6860	308.5818
8.8947	9.2181	12.8097	9.2373	8.8748	14.9029
7.9976	10.0164	12.8176	10.1797	7.7891	17.8566
10.2874	7.7004	12.8502	10.2875	7.7004	99.7605
8.8135	9.3740	12.8666	9.4312	8.7523	380.9365
8.7806	9.4350	12.8887	10.1570	7.9344	40.4207
9.5628	8.6863	12.9190	9.7755	8.4463	327.0359
8.7243	9.5530	12.9373	9.6163	8.6545	383.0720
9.8644	8.3834	12.9456	9.8644	8.3834	300.1184
8.5202	9.7641	12.9588	11.7363	5.4945	43.2077
10.0804	8.2087	12.9999	10.1123	8.1693	308.6028
9.2456	9.2125	13.0519	9.4922	8.9582	348.0239
8.9271	9.5307	13.0586	9.5578	8.8981	13.2193
9.5589	8.9077	13.0659	9.5600	8.9064	97.2725
8.6388	9.8274	13.0845	11.2298	6.7154	358.7332
8.9874	9.5114	13.0858	9.5181	8.9803	392.7722
8.6818	9.8004	13.0928	9.8024	8.6796	397.2659
7.6038	10.7313	13.1522	10.7329	7.6015	398.4443
9.4512	9.1617	13.1629	9.5091	9.1017	324.8347
10.9873	7.2740	13.1769	11.7874	5.8897	327.4587
9.9247	8.6749	13.1815	10.0233	8.5607	317.3455
10.2298	8.3390	13.1980	10.6375	7.8122	326.4756
10.2033	8.3732	13.1992	10.2039	8.3725	301.1714
9.3900	9.2763	13.1994	10.1812	8.4003	52.0429
9.6213	9.0587	13.2075	9.9048	8.7368	65.7130
8.1581	10.4125	13.2278	10.4323	8.1327	6.2798
9.8099	8.9627	13.2878	10.1370	8.5910	68.5107
9.0829	9.7462	13.3224	10.1204	8.6634	34.9200
9.0526	9.7877	13.3322	10.1031	8.6992	367.5818
6.5127	11.6379	13.3362	11.6524	6.4867	396.1777
9.4183	9.4503	13.3421	9.8980	8.9465	351.0718

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
10.7627	7.9183	13.3617	11.3401	7.0667	73.6086
9.7409	9.1740	13.3809	9.7812	9.1311	316.2725
7.8781	10.8983	13.4476	11.0254	7.6992	386.4299
10.2257	8.7534	13.4606	10.2273	8.7515	97.8178
9.6884	9.3922	13.4936	9.8455	9.2274	334.0859
9.9071	9.3843	13.6461	9.9668	9.3208	319.9724
8.7533	10.5098	13.6776	10.5829	8.6649	13.0989
9.9387	9.4099	13.6866	10.0604	9.2797	73.6979
9.7244	9.6397	13.6927	10.6925	8.5534	348.7314
6.1083	12.2566	13.6944	12.3033	6.0138	6.3586
9.7008	9.6969	13.7163	10.5405	8.7769	50.0703
9.9423	9.4666	13.7283	10.1931	9.1960	334.1506
10.0436	9.5621	13.8675	10.1420	9.4576	325.1499
10.9999	8.4690	13.8824	11.1645	8.2507	316.3489
10.2531	9.4177	13.9219	11.4771	7.8800	342.4067
10.1567	9.5700	13.9550	11.0577	8.5129	57.4657
9.7171	10.8343	13.9681	10.1576	9.5881	368.8040
10.5909	9.1129	13.9718	10.7753	8.8941	321.1602
10.2202	9.5332	13.9762	10.6643	9.0337	336.1152
9.6123	10.1869	14.0061	11.8145	7.5225	45.6224
11.7075	7.7655	14.0488	11.7165	7.7519	96.6726
10.5312	9.3380	14.0750	10.5316	9.3376	98.9200
9.9524	10.0357	14.1338	10.2474	9.7342	355.1902
10.1960	9.8048	14.1454	10.2200	9.7798	315.1543
10.1315	9.8911	14.1591	10.8741	9.0682	345.7327
10.3122	9.7283	14.1768	10.5484	9.4716	331.7351
11.4368	8.5106	14.2559	12.5714	6.7224	67.3040
11.6599	8.2431	14.2795	11.7138	8.1664	91.4700
10.5877	9.6277	14.3105	10.8917	9.2823	329.6067
10.8502	9.3533	14.3252	11.0430	9.1249	321.4280
8.6642	11.4101	14.3269	11.4299	8.6381	5.7196
10.4711	9.8702	14.3897	11.1075	9.1481	340.0342
9.8320	10.5332	14.4009	13.7394	4.3411	352.6782
11.5340	8.8858	14.5598	11.5683	8.8410	92.3780
8.4208	11.8867	14.5672	11.8922	8.4130	397.2627
10.6384	10.0116	14.6085	10.7713	9.8684	325.5571

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
8.6312	11.7988	14.6188	11.8009	8.6284	398.2690
10.9324	9.7824	14.6701	11.0209	9.6826	82.9375
9.9491	11.1031	14.9086	11.7463	9.1810	364.9485
11.7004	9.2467	14.9132	11.7084	9.2367	96.1820
11.6202	9.4330	14.9670	12.0057	8.9372	75.4266
10.3561	10.8209	14.9780	10.8720	10.3024	380.3855
11.3585	9.7973	15.0000	11.4734	9.6624	316.8674
5.0814	14.1812	15.0641	14.2713	4.8225	392.3923
9.1493	12.0372	15.1196	13.1924	7.3868	367.1138
9.1663	12.0317	15.1255	12.0323	9.1654	1.0224
10.2749	11.1570	15.1674	11.7954	9.5352	362.8254
9.9968	11.5151	15.2490	12.7048	8.4332	38.2187
11.9931	9.6185	15.3737	12.0443	9.5544	90.3375
10.9913	10.8720	15.4599	11.0924	10.7688	337.9797
11.3257	10.5592	15.4844	12.2049	9.5293	340.6858
10.7263	11.3407	15.6098	11.3431	10.7238	395.9924
10.8562	11.4210	15.7574	12.4184	9.6994	43.2904
9.6458	12.4679	15.7635	12.7277	9.3003	19.0281
11.8016	10.4663	15.7741	12.7879	9.2353	62.4094
13.8583	7.6847	15.8464	14.2304	6.9716	316.7844
11.9875	10.3816	15.8581	12.1838	10.1505	79.0448
10.3309	12.0612	15.8808	13.0554	9.0420	364.3914
11.7919	10.7522	15.9580	11.8827	10.6517	82.0368
10.3153	12.1953	15.9728	12.6927	9.6967	28.2686
12.0640	10.5594	16.0325	12.0681	10.5547	96.5618
13.3468	9.1133	16.1613	13.5531	8.8035	314.6843
11.9947	10.8477	16.1724	14.7702	6.5868	345.2102
11.1143	11.7616	16.1822	12.4404	10.3488	360.0544
8.8358	13.5843	16.2051	13.5848	8.8351	399.3083
12.0705	10.8865	16.2547	12.5945	10.2759	67.1317
11.9868	11.0075	16.2742	13.2598	9.4354	58.3535
11.4175	11.6112	16.2843	12.5297	10.4012	47.0872
11.7655	11.3045	16.3162	12.3622	10.6487	341.3071
11.9677	11.1752	16.3741	13.0660	9.8686	341.9529
11.9217	11.4519	16.5309	12.6261	10.6702	57.7478
12.8423	10.5853	16.6425	13.3054	9.9970	325.9424

m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)	A (cm)	B (cm)	Θ (g)
12.9436	10.6559	16.7655	13.4278	10.0388	326.2478
11.2644	12.4179	16.7657	13.9578	9.2882	358.0972
12.8141	10.9376	16.8473	13.3579	10.2664	329.1057
13.4908	10.1182	16.8636	14.1805	9.1266	73.6279
12.6346	11.5947	17.1485	13.3379	10.7783	63.3835
8.6525	14.9182	17.2458	14.9241	8.6422	2.2086
13.1969	11.3390	17.3992	14.3660	9.8159	336.4026
12.2011	12.4363	17.4221	12.7260	11.8987	40.8210
13.5988	10.9211	17.4413	15.1537	8.6350	63.9162
10.1663	14.1849	17.4518	14.8718	9.1322	375.1438
11.9777	12.7678	17.5066	12.7682	11.9772	398.5400
14.3292	10.3387	17.6696	14.6016	9.9502	83.0770
14.7410	10.1418	17.8928	14.8954	9.9137	312.3245
12.3109	12.9856	17.8936	14.1362	10.9704	356.8889
11.7428	13.6246	17.9868	13.9710	11.3285	375.3154
12.9364	12.5948	18.0549	14.0703	11.3140	346.0215
10.7410	14.8075	18.2929	15.3047	10.0198	21.7013
13.0557	14.0251	19.1613	17.8092	7.0699	46.8676
11.3265	15.5741	19.2573	17.1785	8.7029	32.5596
11.0207	15.8213	19.2813	16.6232	9.7692	24.7636
15.9703	10.9629	19.3710	16.5035	10.1425	320.7007
9.8184	17.0069	19.6376	17.3788	9.1440	384.4417
16.0576	12.3974	20.2865	16.0654	12.3873	96.8903
15.6205	13.0165	20.3330	6.9012	11.3039	334.3408
11.0246	17.7339	20.8814	18.1113	10.3929	384.0464
13.3500	17.1637	21.7443	18.0934	12.0600	27.9082
13.6502	16.9264	21.7447	7.0527	3.4922	12.7290
17.7315	14.5175	22.9164	21.8781	6.8201	57.7097
15.9835	18.0456	24.1064	18.0790	15.9457	391.7651
10.1778	22.3955	24.5997	22.8653	9.0733	385.8979
23.5132	10.3087	25.6737	23.7103	9.8469	309.0344
19.3013	20.6092	28.2362	20.9368	18.9455	372.8289
18.9025	22.3731	29.2892	22.3737	18.9017	0.9098
19.7645	22.3395	29.8276	22.5441	19.5307	382.6501
21.0781	22.2475	30.6470	22.3209	21.0003	384.6194

C- Noktaların ortalama koordinat duyarlılığı hesabı : Jeodezik ağın tamamı için tanımlanan duyarlık ölçütü olan ortalama koordinat duyarlılığı, (3.2.1.3.1) eşitliği yardımıyla, $m_x, m_y = 9.772$ cm olarak hesaplanmıştır.

D- Jeodezik ağlarda hata elipsi : Hata elipsi elemanları A, B, θ değerleri (3.2.1.4.1), (3.2.1.4.2), (3.2.1.4.3) ve (3.2.1.4.4) eşitlikleri ile hesaplanmıştır ve Tablo (4.5) de sunulmuştur.

E- Model hipotez testi : Model hipotez testinde öndengelemede elde edilen $m_o = 4^{cc}.84$ değeri ile toplu dengeleme sonucunda elde edilen $m_o = 5^{cc}.04$ değeri karşılaştırılmıştır. Burada (3.2.2.1.4) eşitliğinden yararlanılarak,

$$H_o : m_o = s_o = \sigma_o$$

sıfır hipotezi kurulmuştur. Karşılaştırma değeri olan F ise (3.2.2.1.3) eşitliğinden yararlanılarak

$$F_{f_m, f_s, 1 - \alpha/2} = 1.35$$

değeri F tablosundan alınmıştır. Test büyüklüğü T ise (3.2.2.1.7) eşitliğinden yararlanılarak

$$T = \frac{m_o^2}{s_o^2} = \frac{(5.04)^2}{(4.84)^2} = 1.084$$

olarak hesaplanmıştır. Bu durumda $T < F$ olduğundan karşılaştırma sonucu olarak kurulan fonksiyonel ve stokastik modelin, ölçülerle bilinmeyenler arasındaki geometrik ilişkileri ve fiziksel gerçekleri doğru olarak yansıttığı, diğer bir deyişle model hipotez testinin geçerli olduğu görülmüştür.

4.9. Dokuzuncu Poligon ve Yüzey Ağına Ait Alternatif Dengelemeler ve Sonuçların Karşılaştırılması

Dokuzuncu poligon ve yüzey ağına ait ölçüler zorlamasız dengelemeden sonra 95 adet birinci derece noktadan 63 tanesi uyumlu, 32 tanesi uyumsuz çıkmıştır. Tamamı 285 adet olan nokta, 63 adet birinci derece noktasına dayalı olarak aşağıdaki alternatiflerde dengelenmiştir.

- 1- 285 adet nokta, ölçülere tüm indirgemeler (çekül sapmasından dolayı, hedef yüksekliğinden dolayı, normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı) getirilerek Gauss - Krüger projeksiyon düzleminde dengelenerek koordinatları elde edilmiştir. Dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = 5^{cc}.04$ olarak bulunmuştur.
- 2- Yine 285 adet nokta, ölçülere indirgeme getirmeden Gauss-Krüger projeksiyon düzleminde dengelenerek koordinatları elde edilmiştir. Dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = 5^{cc}.26$ olarak bulunmuştur.
- 3- Yukarıdaki alternatiflerin dışında, bir de bugün kullanılmakta olan bu 285 adet noktanın koordinatları bulunmaktadır. Bu ölçülere 1954 yılında dengelenirken hedef noktası yüksekliğinden ve normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgemelerin getirildiği bilinmektedir.

Elde edilen koordinat çiftlerinden;

$$V_y = Y_1 - Y_2 \quad ; \quad V_x = X_1 - X_2 \quad ; \quad \delta_s = (V_y^2 + V_x^2)^{1/2} \quad (4.9.1)$$

değerleri hesaplanmıştır.

Bu eşitliklerde;

V_y , V_x : Aynı noktanın farklı dengelemeler sonucu elde edilen Y, X değerleri arasındaki fark,

Y_1, X_1 : Aynı noktanın birinci dengeleme sonucunda elde edilen koordinatlarıdır,

Y_2, X_2 : Yine aynı noktanın ikinci dengeleme sonucunda elde edilen koordinatlarıdır.

Buradan elde edilen δs değerleri;

A: Dokuzuncu poligonda 285 adet noktanın indirgeme yapılarak elde edilen koordinatları ile, indirgeme yapılmadan dengelenerek elde edilen koordinatlar arasındaki δs farkları,

B: Dokuzuncu poligonda 285 adet noktanın indirgeme yapılarak elde edilen koordinatları ile ilk koordinatlar arasındaki δs farkları

olmak üzere hesaplanmış, 0cm'den 75cm'ye kadar 5cm aralıklarla, her aralığa düşen nokta sayısı tablo (4.6)'da sunulmuştur.

Tabloda (4.6) görüldüğü gibi indirgemeler yapılarak elde edilen koordinatlarla indirgeme yapılmadan elde edilen koordinatlar arasında δs değerleri arasındaki 267 adet noktada (0-5) cm arasında kalmıştır. 13 adet noktanın δs değeri (5-10) cm arasında, 3 adet noktanın δs değeri (10-15) cm arasında, 2 adet noktanın δs değeri (15-20) cm arasında kalmıştır. Burada $\delta s_{\min} = 0.0671$ cm, $\delta s_{\max} = 16.0581$ cm olarak gerçekleşmiştir. Burada şu söylenebilir. Bu hesaplamalar sonucuna göre 285 adet noktanın koordinatları elde edilirken ölçülere indirgemeler getirilerek elde edilen koordinat-

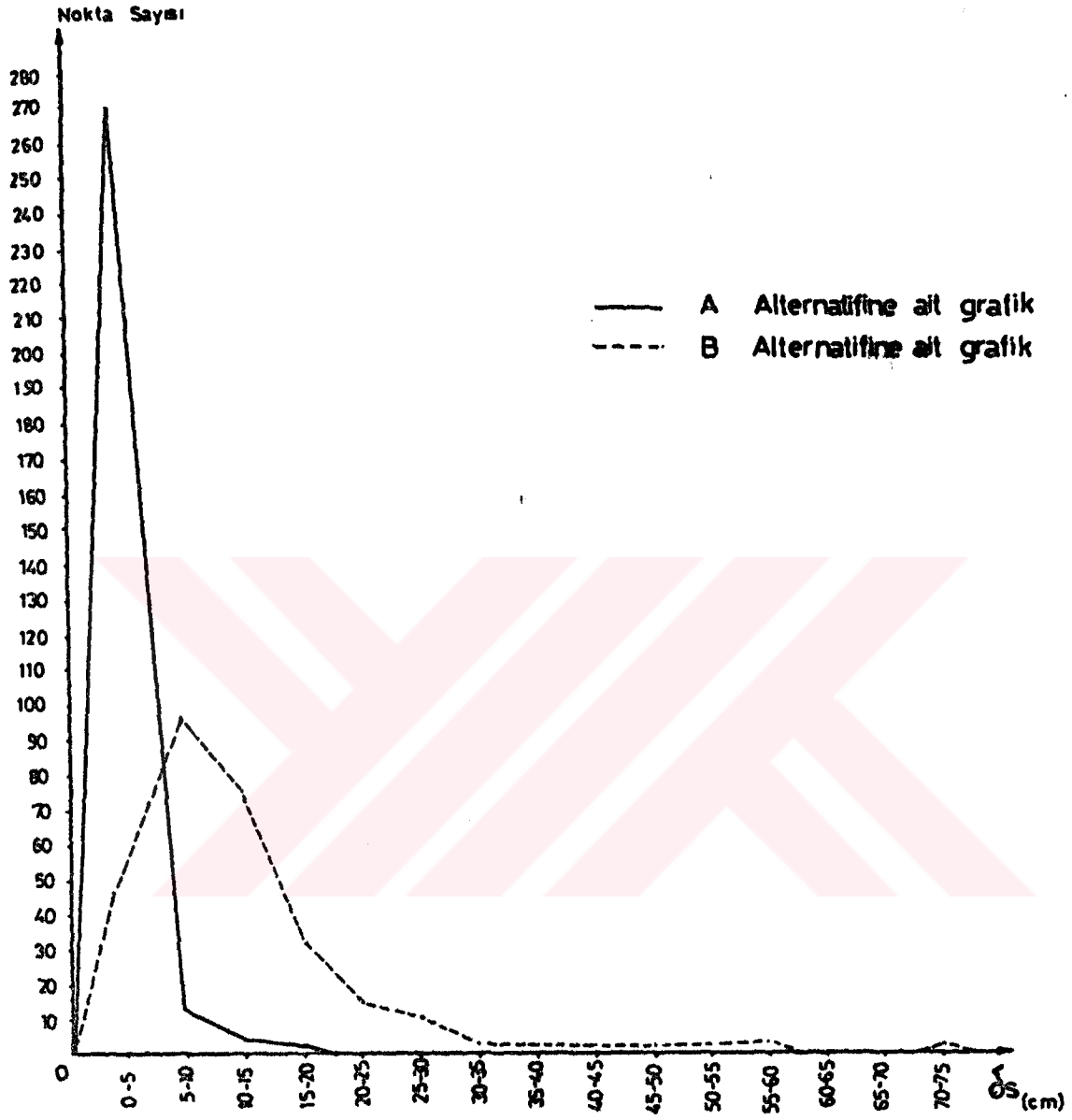
Tablo 4.6.

Dengeleme Alternatifi	δs (cm)															Toplam Nokta Sayısı
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	
A	267	13	3	2												285
B	47	95	73	33	16	12	1	1	1	2	1	2			1	285

larla, ölçülere indirgeme getirilmeden elde edilen koordinatlar arasında δs farkı olarak ençok 16 cm fark bulunmuştur.

B alternatifinde ise yani ölçülere indirgeme getirilerek elde edilen koordinat değerleri ile verilen ilk koordinat değerleri arasındaki δs farkları 47 adet noktada (0-5) cm arasında kalmıştır, 95 adet noktada (5-10) cm arasında, 73 adet noktada (10-15) cm arasında, 33 adet noktada (15-20) cm arasında, 16 adet noktada (20-25) cm arasında, 12 adet noktada (25-30) cm arasında kalmıştır. 1 adet noktada (30-35) cm, 1 adet noktada (35-40)cm, 1 adet noktada (40-45) cm, 2 adet noktada (45-50) cm, 1 adet noktada (50-55) cm, 2 adet noktada (55-60) cm ve 1 adet noktada (70-75) cm arasında kalmıştır. Bu hesaplamalara göre $\delta s_{\min} = 0.9580$ cm, $\delta s_{\max} = 71.3637$ cm olarak bulunmuştur.

Tablo (4.6) değerleri dağılım poligonları (4.1) halinde sunulmuştur. A dağılım poligonu A alternatifine, B dağılım poligonu B alternatifine aittir.



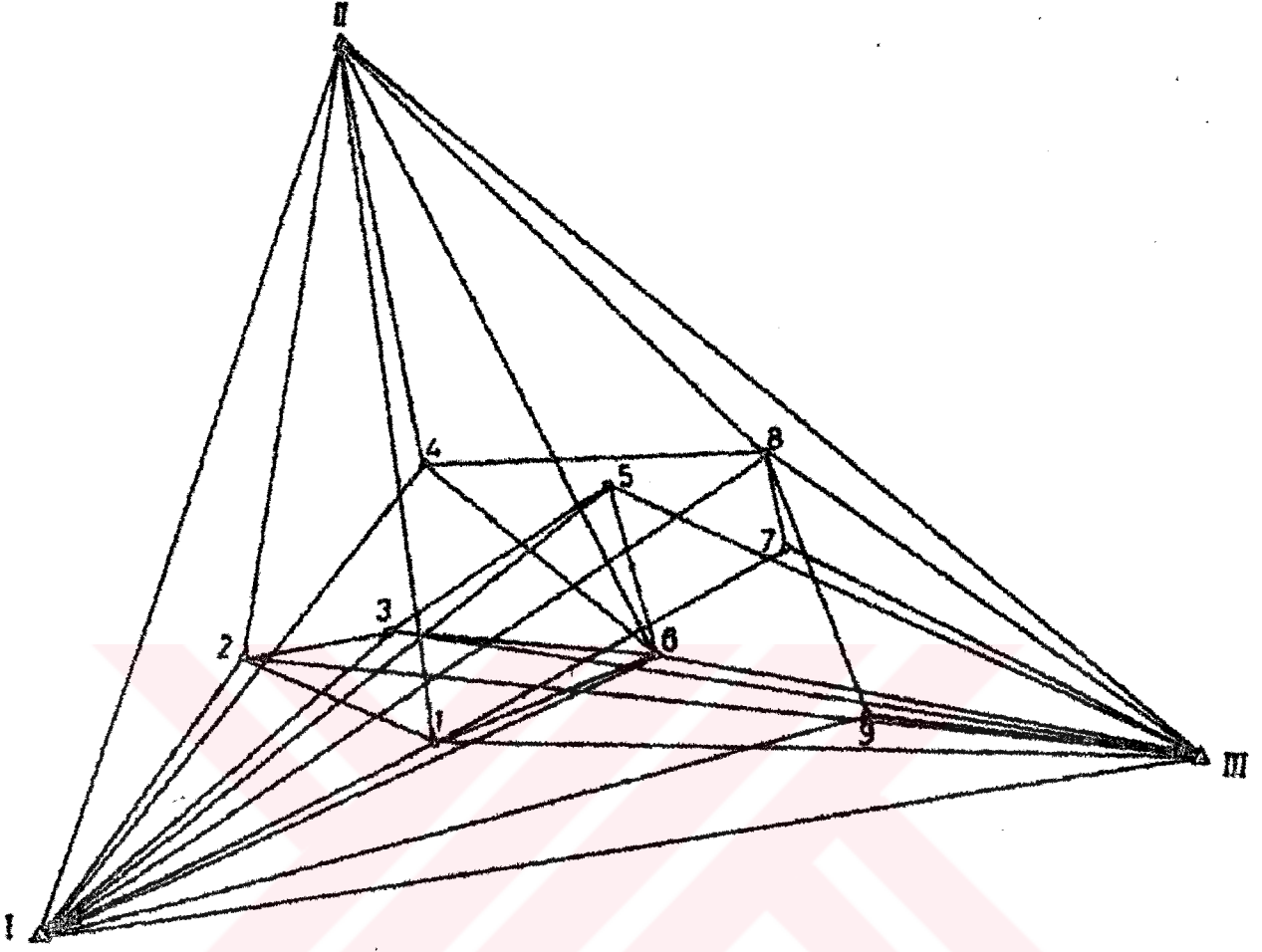
Dağılım Poligonu 4.1

4.10. Hatunsaray Test Ağı

Ülkemizde Büyük Ölçekli harita yapımına yeterli sıklıkta yüzey ağı bulunmadığından, bu amaca yönelik poligonlar seviyesinde bir ağ oluşturulmuştur. 31 Ocak 1988 Gün ve 19711 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği" hükümleri doğrultusunda, Konya iline 35 km uzaklıkta bulunan Hatunsaray kasabası, Karaağaç ve Sarıkız köyleri sınırları içerisinde Şekil (4.2) de görüldüğü gibi bir yüzey test ağı kurulmuştur. Bu yüzey test ağının üç noktası ülke nirengi ağına aittir. Bunların ikisi ikinci derece ikinci kademe, biri de ikinci derece birinci kademe noktası olup yaklaşık kenar uzunlukları 10 km civarındadır.

Bu üçgen içerisinde arazinin topoğrafik yapısı el verdiği aramesafeleri 897 m. ile 2535 m. arasında değişen dokuz adet noktadan oluşan bir yüzey ağı kurulmuştur. Bu yüzey test ağındaki noktalarda 66 adet yatay doğrultu yönetmeliğin 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 ve 28. maddelerinde belirtildiği gibi 8 tam silsile olarak Wild T₂ aleti ile ölçülmüştür. Oniki adet noktada yapılan istasyon dengelemelerinde bir doğrultunun ortalama hatası $m_r = \pm 5''$ yi aşmamasına dikkat edilmiştir. Bu şartı sağlamayan noktalarda ölçüler yenilenmiştir. Yine bu noktalarda dişey açılar yönetmeliğin 29 ve 30 uncu maddeleri gereğince iki silsile olarak ölçülmüştür.

Bu ağda sekiz adet kenar ölçüsü Sokkisha Set2 aleti ile, yönetmeliğin 19 ve 20'nci maddeleri gereğince yapılmıştır. Bu aletin çevrel faz hatasının -1mm. ile +1mm. arasında kaldığı Öğretim Görevlisi M. Ali Büyükkaltunel tarafından yapılan "Elektro-optik uzaklık ölçerlerin kalibrasyonlarının kontrolü" adlı doktora semineri sonucu olarak görülmüştür. Alet firmasınca verilen incelik ise $m_s = \pm (3\text{mm.} + 2\text{ppm.D})$ 'dir. Bu ise 1km.de $\pm 5\text{mm}'$ dir. $\pm 1\text{mm.} < \pm 5\text{mm.}$ olduğundan aletin kalibrasyonunun bozulmadığı doğrultusundadır. Aletin prizma sabitesi 30mm., sıfır eki ise 0 olarak bilinmektedir.(15)



Şekil 4.2.

Δ : I, II, III noktaları ülke nirengi ağına ait noktalar,

o : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 noktaları yeni tesis edilen test ağına ait noktalardır.

4.11. Hatunsaray Test Ağı Ölçülerinin Elipsoid Yüzeyine, Oradan da Gauss - Krüger Projeksiyon Düzlemine İndirgenmesi

A- Yatay doğrultuların elipsoid yüzeyine oradan da Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmesi :

Fiziksel yeryüzünde ölçülmüş olan yatay doğrultular :

1- Hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme miktarları (2.2.1.2.1) eşitliği yardımıyla,

2- Normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarları (2.2.1.3.2) eşitliği yardımıyla hesaplanmışlardır.

Hesaplanan indirgeme miktarları işaretlerine göre fiziksel yeryüzünde ölçülen doğrultuya eklenerek, (2.2.1.3.3) eşitliği ile elipsoid yüzeyine indirgenmiş doğrultular elde edilmiştir. Elipsoid yüzeyindeki yatay doğrultular (2.4.5) ve (2.4.6) eşitlikleri kullanılarak Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmişlerdir.

Bu indirgemeler 66 doğrultu için daha önce söylendiği gibi Basic dilinde geliştirilen programla IBM PS/2 bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Tablo (4.7) da bu indirgemelerden birkaç örnek sunulmuştur.

Yatay doğrultuların elipsoid yüzeyine ve Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirilirken getirilecek indirgeme miktarları incelenmiş ve bu indirgeme miktarlarının minimum ve maksimum değerleri Tablo (4.8) da sunulmuştur.

Tablo 4.7.

D.N = 1	B.N = III	$\alpha_{ik} = 95^{\circ}.9077296$	Ö.D = $0^{\circ}.0000000$
$dl_2 = 0^{\circ}.038726$	$dl_3 = 0^{\circ}.000029$		E.D = $0^{\circ}.0000039$
$dt = -0^{\circ}.1545678$	$S_{ik} = 6368.6733 \text{ m.}$		D.D = $-0^{\circ}.0000193$
D.N = 1	B.N = 2	$\alpha_{ik} = 325^{\circ}.2694400$	Ö.D = $229^{\circ}.3609300$
$dl_2 = -0^{\circ}.184348$	$dl_3 = -0^{\circ}.000009$		E.D = $229^{\circ}.3609116$
$dt = -0^{\circ}.264453$	$S_{ik} = 1521.7352 \text{ m.}$		D.D = $229^{\circ}.3609380$
D.N = 3	B.N = I	$\alpha_{ik} = 247^{\circ}.3200436$	Ö.D = $0^{\circ}.0000000$
$dl_2 = 0^{\circ}.257564$	$dl_3 = 0^{\circ}.000143$		E.D = $0^{\circ}.0000258$
$dt = 1^{\circ}.6819105$	$S_{ik} = 5088.8845 \text{ m.}$		D.D = $-0^{\circ}.0001424$
D.N = 3	B.N = 6	$\alpha_{ik} = 49^{\circ}.8134909$	Ö.D = $202^{\circ}.4917000$
$dl_2 = 0^{\circ}.25915$	$dl_3 = 0^{\circ}.000012$		E.D = $202^{\circ}.4917259$
$dt = -0^{\circ}.44935$	$S_{ik} = 1449.9144 \text{ m.}$		D.D = $202^{\circ}.4917709$

Tablo 4.8.

		D.N	B.N	İND. MİKT. (cc)
DL ₂	MAX	8	II	-0.3267620
	MIN	8	9	-0.0041910
DL ₃	MAX	III	II	-0.0005140
	MIN	3	2	0.0000002
D _t	MAX	I	II	-4.2492605
	MIN	3	2	0.0057919

Tablo 4.9.

KENAR	δE (m)	δG (m)
1 - 2	-0.279988	0.060202
1 - 6	-0.247968	0.050958
1 - 7	-0.466327	0.094337
3 - 2	-0.168642	0.035816
3 - 5	-0.272475	0.055927
6 - 3	-0.312929	0.062646
6 - 4	-0.269663	0.053591
6 - 5	-0.208066	0.040884

B- Ölçülen kenar uzunluklarının elipsoid yüzeyine oradan da Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmesi :

Fiziksel yeryüzünde ölçülen kenar uzunlukları (2.2.4.1.7) eşitliği yardımıyla elipsoid yüzeyine, oradan da (2.4.7) ve (2.4.8) eşitlikleri yardımıyla Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmişlerdir. Bu işlem ağda ölçülen 8 adet kenar uzunluğu için yapılmıştır. İndirgeme miktarları Tablo (4.9) de sunulmuştur.

4.12. Hatunsaray Test Ağındaki Ölçülerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

A- Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenmiş yatay doğrultuların ağırlıkları (3.3.4) eşitliğinden yararlanarak $P = 1$ olarak belirlenmiştir. Diğer bir deyişle tüm doğrultuların ağırlıkları $P = 1$ olarak alınmıştır.

B- Gauss-Krüger düzlemine indirgenmiş kenarların ağırlıklarının belirlenmesi : Kenarlar Sokkisha Set2 aleti ile ölçülmüştür. Bu aletin firmasınınca verilen kenar karesel ortalama hatası

Tablo 4.10.

KENAR	$m_s(\text{cm})$	P_s
1 - 2	0.6043799	41.318042
1 - 6	0.5695705	46.522686
1 - 7	0.8069521	23.177374
3 - 2	0.4794988	65..642456
3 - 5	0.5900153	43.354402
6 - 3	0.6284018	38.219488
6 - 4	0.5829967	44.404559
6 - 5	0.5183538	56.170361

$$m_s = I (3 + 2 \text{ ppm D})$$

dir. (3.3.8) eşitliğinden yararlanarak kenarların ağırlıkları belirlenmiştir. Burada $m_0 = \pm 3^{\text{cc}}.8849$ üçgen kapanmalarından yararlanılarak ve Ferrero eşitliğinden hesaplanmıştır. 8 adet kenar ölçüsünün ağırlıkları Tablo (4.10) de sunulmuştur.

4.13. Test Ağı'nın Serbest Dengelenmesi

Tes ağı 12 nokta, 66 doğrultu' ve 8 adet kenar ölçüsü olmak üzere, Basic dilinde geliştirilen dengeleme programı ile IBM PS/2 bilgisayarında, Gauss - Krüger projeksiyon düzleminde, serbest olarak dengelenmiştir. Bu dengelemede doğrultular için $P = 1$, kenar ölçüleri için Tablo (4.10) de verilen ağırlıklar kullanılmıştır. Bu dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = \pm 7^{\text{cc}}.6305$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.11.

UYUŞUMSUZ ÖLÇÜLER TESTİ				
DOĞRULTULAR				
DN	BN	T.BÜYÜK	T. KRİTERİ	T. SONUCU
II	III	0.097	2.738	UYUŞUMLU
II	8	0.200	2.738	UYUŞUMLU
II	6	-0.828	2.738	UYUŞUMLU
II	1	-0.039	2.738	UYUŞUMLU
II	2	0.440	2.738	UYUŞUMLU
II	1	0.205	2.738	UYUŞUMLU
I	II	-0.012	2.738	UYUŞUMLU
I	2	0.717	2.738	UYUŞUMLU
I	4	-1.331	2.738	UYUŞUMLU
I	3	-2.050	2.738	UYUŞUMLU
I	5	1.142	2.738	UYUŞUMLU
I	8	0.923	2.738	UYUŞUMLU
I	1	0.540	2.738	UYUŞUMLU
I	6	-0.026	2.738	UYUŞUMLU
I	9	0.323	2.738	UYUŞUMLU
I	III	-0.168	2.738	UYUŞUMLU
III	I	-1.502	2.738	UYUŞUMLU
III	1	-0.371	2.738	UYUŞUMLU
III	2	0.382	2.738	UYUŞUMLU
III	6	0.674	2.738	UYUŞUMLU
III	9	0.882	2.738	UYUŞUMLU
III	5	0.997	2.738	UYUŞUMLU
III	7	-0.100	2.738	UYUŞUMLU
III	8	-1.170	2.738	UYUŞUMLU
III	II	0.082	2.738	UYUŞUMLU
1	III	-0.027	2.738	UYUŞUMLU
1	I	1.317	2.738	UYUŞUMLU
1	2	-0.091	2.738	UYUŞUMLU
1	II	-0.984	2.738	UYUŞUMLU
1	7	-0.427	2.738	UYUŞUMLU
1	6	0.226	2.738	UYUŞUMLU
2	1	-0.029	2.738	UYUŞUMLU
2	I	1.087	2.738	UYUŞUMLU
2	II	0.295	2.738	UYUŞUMLU
2	3	-0.631	2.738	UYUŞUMLU
2	III	-0.660	2.738	UYUŞUMLU

DN	BN	T.BÜYÜK	T. KRİTERİ	T. SONUCU
3	I	-1.760	2.738	UYUŞUMLU
3	2	0.675	2.738	UYUŞUMLU
3	5	2.127	2.738	UYUŞUMLU
3	6	-0.901	2.738	UYUŞUMLU
4	6	0.851	2.738	UYUŞUMLU
4	I	-1.211	2.738	UYUŞUMLU
4	8	0.416	2.738	UYUŞUMLU
5	III	-0.174	2.738	UYUŞUMLU
5	6	-0.009	2.738	UYUŞUMLU
5	I	0.522	2.738	UYUŞUMLU
5	3	-0.366	2.738	UYUŞUMLU
6	I	0.065	2.738	UYUŞUMLU
6	1	1.223	2.738	UYUŞUMLU
6	3	-2.017	2.738	UYUŞUMLU
6	4	-0.524	2.738	UYUŞUMLU
6	5	0.084	2.738	UYUŞUMLU
6	II	0.539	2.738	UYUŞUMLU
6	III	0.671	2.738	UYUŞUMLU
7	III	-0.239	2.738	UYUŞUMLU
7	I	0.662	2.738	UYUŞUMLU
7	8	-0.410	2.738	UYUŞUMLU
8	III	0.117	2.738	UYUŞUMLU
8	9	0.247	2.738	UYUŞUMLU
8	7	0.579	2.738	UYUŞUMLU
8	I	0.719	2.738	UYUŞUMLU
8	4	-1.994	2.738	UYUŞUMLU
8	II	0.276	2.738	UYUŞUMLU
9	III	-0.441	2.738	UYUŞUMLU
9	I	0.538	2.738	UYUŞUMLU
9	8	-0.113	2.738	UYUŞUMLU
KENARLAR				
DN	BN	T.BÜYÜK	T. KRİTERİ	T. SONUCU
1	2	1.280	2.738	UYUŞUMLU
1	6	0.885	2.738	UYUŞUMLU
1	7	0.603	2.738	UYUŞUMLU
3	2	-0.885	2.738	UYUŞUMLU
3	5	-0.660	2.738	UYUŞUMLU
6	3	-1.968	2.738	UYUŞUMLU
6	4	-0.180	2.738	UYUŞUMLU
6	5	2.131	2.738	UYUŞUMLU

4.14. Hatunsaray Test Ağında Uyuşumsuz Ölçüler Testi

Serbest dengeleme sonucunda Pope'ye göre uyuşumsuz ölçü testi yapılmıştır. 66 doğrultu ve 8 adet kenar ölçüsü için (3.2.2.2.6) eşitliği ile test büyüklükleri, (3.2.2.2.7) eşitliği ile de test kriteri değeri hesaplanarak karşılaştırılmış, uyuşumsuz ölçü olmadığı görülmüştür. Sonuçlar Tablo (4.11) de sunulmuştur.

4.15. Hatunsaray Test Ağının Dayalı Dengelenmesi

Ülke koordinat sisteminde olan test ağı Şekil (4.2) de görüldüğü üzere I, II, III, noktaları sabit alınmak suretiyle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, numaralı noktaların koordinatları dayalı dengeleme ile E.D. 50 Datumunda 3° lik Gauss - Krüger projeksiyon düzleminde elde edilmiştir. Dayalı dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = \pm 8^{\text{cc}}.1670$ olarak hesaplanmıştır.

4.16. Hatunsaray Test Ağına İlişkin Duyarlık ve Güvenilirlik Ölçütleri

A- Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin ortalama hatalar : Dayalı dengeleme sonucunda koordinat bilinmeyenleri hesaplanan 9 adet nokta için koordinat bilinmeyenlerine ilişkin m_{x_i} , m_{y_i} ortalama hataları (3.2.1.1.1) eşitliği yardımıyla hesaplanarak Tablo (4.12) de sunulmuştur.

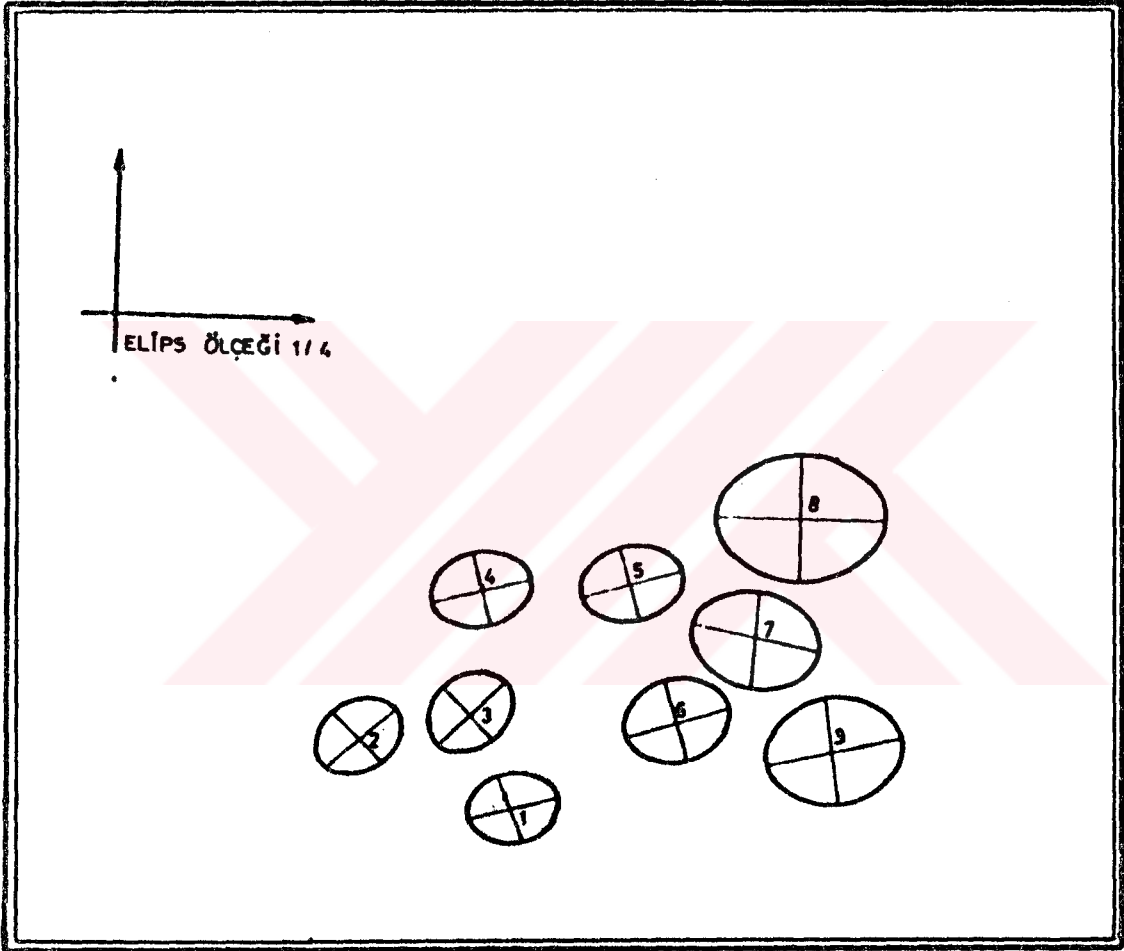
B- Noktaların koordinat bilinmeyenlerine ilişkin konum hataları : Dayalı dengeleme ile koordinatları hesaplanan 9 adet yeni noktaya ilişkin m_p konum hataları (3.2.1.2.1) eşitliği yardımıyla hesaplanarak Tablo (4.12) de sunulmuştur.

Tablo 4.12.

KOORDİNATLAR İÇİN DOĞRULUK KRİTERLERİ						
NOKTA NO	m_x (m)	m_y (m)	m_p (m)	HATA ELİPSİ		
				AÇIKLIK (g)	A (m)	B (m)
1	0.023	0.028	0.036	73.1575	0.029	0.022
2	0.024	0.027	0.037	63.9321	0.029	0.022
3	0.024	0.028	0.037	69.3413	0.029	0.022
4	0.025	0.032	0.040	75.8166	0.033	0.023
5	0.024	0.030	0.039	82.7529	0.031	0.023
6	0.023	0.028	0.036	80.3135	0.029	0.022
7	0.028	0.033	0.043	101.2798	0.033	0.028
8	0.027	0.036	0.045	95.0935	0.036	0.027
9	0.035	0.037	0.051	83.6651	0.038	0.035

C- Noktaların ortalama koordinat duyarlılığı hesabı : Jeodezik ağı tamamı için tanımlanan, duyarlık ölçütü olan ortalama koordinat duyarlılığı (3.2.1.3.1) eşitliği yardımıyla, $m_x, m_y = 2.8796$ cm. olarak hesaplanmıştır.

D- Jeodezik ağda hata elipsleri : Hata elipsleri elemanları A, B, θ değerleri (3.2.1.4.1), (3.2.1.4.2), (3.2.1.4.3) ve (3.2.1.4.4) eşitlikleri ile hesaplanarak Tablo (4.12) de, hata elipsleri 1:4 ölçeğinde çizilerek Şekil (4.3) de sunulmuştur.



Şekil 4.3.

E- Model Hipotez Testi : Model hipotez testinde ağın serbest dengelenmesinde elde edilen $m_0 = \pm 7^{cc}.6305$ değeri ile dayalı dengelemede elde edilen $m_0 = \pm 8.1670$ değeri karşılaştırılmıştır.

$$F_H = (8.1670)^2 / (7.6305)^2 = 1.146$$

$$F_T \text{ } f_{s01} , f_{s02} \text{ } 1-\alpha/2 = F_{48, 38} \text{ } 1-\alpha/2 = 1.685$$

$F_H = 1.146 < F_T = 1.685$ olduğundan model hipotez testinin kabul edildiği görölmüşür.

Benzer bir çalışma İstanbul'da, Kartal Belediyesi tarafından yapılmıştır. Kartal Nirengi Ağı olarak isimlendirilen bu sıklaştırma ağı 12 adedi Ülke Nirengisi ve 186'sı yeni tesis olmak üzere 198 noktadan oluşmuştur. 1063 adet doğrultu, 250 adet kenar ölçölmüşür. Dengeleme sonucu en büyük konum hatası ± 2.60 cm., uyuşumsuz ölçölerin bulunmadığı son dengelemede, birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = \pm 7^{cc}.0318$ olarak bulunmuştur. (5)

4.17. Hatunsaray Test Ağı'nın Alternatifli Dengelenmesi ve Sonuçlarının Karşılaştırılması

Hatunsaray test ağı dokuzuncu poligon'a dayalı olarak aşağıdaki şekilde dengelenerek koordinat değerleri elde edilmiştir.

- 1- Dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemeli olarak dengelenmiştir. Bu dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = 8^{\text{cc}}.1670$ olarak bulunmuştur.
- 2- Dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemesiz olarak dengelenmiştir. Bu dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = 8^{\text{cc}}.4401$ olarak bulunmuştur.
- 3- Dokuzuncu poligon değerleri indirgemesiz, test ağı değerleri indirgemesiz olarak dengelenmiştir. Bu dengeleme sonucunda ortalama hata $m_0 = 8^{\text{cc}}.4599$ olarak bulunmuştur.

Bu dengelemeler sonucunda elde edilen dengelenmiş koordinat farklarından elde edilen "δs" değerleri tablo (4.13)'de sunulmuştur.

Bu tabloda;

- 1-2: Dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemeli olarak elde edilen koordinatlar ile, dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemesiz olarak elde edilen koordinatlar arasındaki δs değerini göstermektedir.
- 1-3 : Dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemeli olarak elde edilen koordinatlar ile, dokuzuncu poligon değerleri indirgemesiz, test ağı değerleri indirgemesiz olarak elde edilen koordinatlar arasındaki δs değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.13.

N.N	δs (cm)		
	1-2	1-3	2-3
1	1.80	2.09	1.49
2	1.78	2.17	1.52
3	1.78	2.10	1.49
4	1.89	2.05	1.45
5	1.87	2.06	1.44
6	1.83	2.00	1.44
7	1.92	1.93	1.44
8	1.89	1.70	1.45
9	2.15	1.77	1.47

2-3.: Dokuzuncu poligon değerleri indirgemeli, test ağı değerleri indirgemersiz olarak elde edilen koordinat değerleri ile, dokuzuncu poligon değerleri indirgemersiz test ağı değerleri indirgemersiz olarak elde edilen koordinatlar arasındaki δs değerini göstermektedir.

Raslantı olarak dokuzuncu poligona ait yani test ağım dayalı olarak dengelerken dokuzuncu poligona ait üç adet Ülke Nirengi Ağı'ndan olan nokta koordinatları tüm indirgemeler yapılarak elde edilen koordinatları ile indirgemersiz olarak elde edilen koordinatları arasında Y değerlerinde 0.35 - 0.37 - 0.41 cm., X değerlerinde ise 0.70 - 1.05 - 1.97 cm. farkların olduğu görülmüştür. Bu farkların küçük değerler olduğu görülmektedir. Buna göre dokuzuncu poligon değerlerinin indirgemeli veya indirgemersiz olarak test ağında değişmez noktalar olarak alınmaları çok büyük farklar yaratmaya-

caktır. Bu 2-3 alternatifinde görülebilir, 1-3 alternatifindeki değerlerin diğerlerine nazaran büyük çıkmaları ise gayet normaldir. Çünkü burada hem ana ağ indirgemeli hem de test ağı inidirgemeli değerler ile ana ağ ve test ağı indirgemesiz değerlerle elde edilen koordinatlar arasındaki δs farklarıdır. 1-2 alternatifinde ise ana ağ her iki durumda indirgemeli test ağı ise ikinci durumda indirgemesizdir. Buradaki δs farkları test ağının ölçülerinin indirgenmemesinden meydana gelmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, çalışmanın diğer bölümlerinde elde edilen değer ve bulgular özetlenerek, çalışmanın amacı doğrultusunda, Büyük Ölçekli Haritaların Ülke Nirengi Ağına dayalı olarak üretilmelerindeki sonuç ve öneriler verilecektir.

1- Jeodezik ağların kendilerinden beklenen görevleri yerlerine getirebilmeleri için belli bir hassasiyet ve incelikte olmaları gerekir. Türkiye birinci derece yatay kontrol ağında zamanın şartlarında yapılan ölçülerin yeterli duyarlılıkta olduğu görülmektedir.

2- Yine jeodezik ağlarda belli bir duyarlılığa erişilebilmesi için fiziksel yeryüzünde yapılan ölçülerin hesap yüzeyi olan elipsoide tam ve doğru olarak indirgenmeleri gerekir. Bu indirgemeleri yapabilmek için jeodezik ağı oluşturan noktalara ilişkin çekül sapması bileşenleri ve jeoid yükseklikleri bilinmelidir. Bu ise Türkiye Jeoidinin Astrogravimetrik veya Astrojeodezik olarak belirlenmesini gündeme getirmektedir. Ülkemizde bu çalışmalar halen devam etmekte olduğundan, bu çalışmada olduğu gibi, noktalara ilişkin topoğrafik ve izostatik çekül sapması bileşenleri hesaplanarak kullanılabilir.

3- İndirgemeler bölümünde Tablo (4.2) de görüleceği üzere çekül sapmalarından dolayı indirgeme miktarı $5^{\circ}.77$ ye, hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme miktarı $0^{\circ}.63$ ye, normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarı $0^{\circ}.009$ ye ulaştığı görülmüştür. Bu miktarların önemli oldukları ortadadır. Yine bazların (kenar ölçülerinin) elipsoid yüzeyine indirgenmelerinde 1.52 m. ye varan indirgeme miktarları hesaplanmıştır. Bu miktarların dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca ölçülen baz ve kenarların elipsoid yüzeyine indirgenmelerinde her kenar için (2.2.4.1.4) eşitliğinden yararlanarak ayrı ayrı

$$\frac{1}{R\alpha} = \frac{\text{Cos}^2 \alpha_{ik}}{M} + \frac{\text{Sin}^2 \alpha_{ik}}{N}$$

eğrilik yarıçapları hesaplanarak kullanılmalıdır. Tüm bölge için birtek hesaplanan Gauss ortalama eğrilik yarıçapı ile indirgemelerin yapılması uygun değildir.

4- Çalışmanın amacı, Türkiye nirengisinin büyük ölçekli harita yapımına uygun olup olmadığının araştırılmasıdır. Bu durumda nokta konum hataları karşımıza çıkmaktadır. Harita Genel Komutanlığının, Türkiye birinci derece yatay kontrol ağının 1954 yılı dengelemesi sonuçları 1988 yılında yayımlanmıştır. Burada Dokuzuncu Poligon değerlerine bakılacak olursa maksimum nokta konum hatasının 76.47 cm. minimum nokta konum hatasının ise 61.89 cm. olduğu görülecektir. Amaç büyük ölçekli harita yapımı olduğuna göre, daha somut bir şekilde örneğin 1:1000 ölçekli bir harita yapımında kabul edilebilecek maksimum konum hatası 20 cm. ile sınırlandırılırsa yukarıda sözü edilen konum hatalarının çok büyük oldukları görülecektir. Bu çalışmada ise uygulama alanı olarak seçilen dokuzuncu poligon ve yüzey ağının dengelenmesinde Tablo (4.5) de görüleceği üzere maksimum nokta konum hatası 30.6470 cm. minimum nokta konum hatası ise 4.1472 cm. dir. Ne varki bu dengelemenin sadece dokuzuncu poligon ve yüzey ağında yapıldığı gözden uzak tutulmamalıdır.

5- Hatunsaray test ağının dayalı dengelenmesinde, değişmez (sabit) olarak alınan ülke nirengi ağındaki üç noktanın dokuzuncu poligon ve yüzey ağının dengelenmesinde konum hataları Tablo (4.5) de görüleceği üzere,

N.No	m_y (cm)	m_x (cm)	m_p (cm)
I	10.8562	11.4210	15.7574
II	9.1946	8.8020	12.7286
III	10.8502	9.3533	14.3252

olarak hesaplanmıştır. Buradaki nokta konum hatalarının büyük ölçekli harita yapımına uygun olduğu görülmektedir.

6- Bu çalışmada dokuzuncu poligon ve yüzey ağıının dengelenmesinde 2217 adet doğrultu ve 6 adet kenar ölçüsünün de, yapılan testler sonucunda uyumsuz ölçünün olmadığı, ancak 95 adet birinci derece nokta kümesinden 32 sinin uyumsuz olduğu sonucuna varılmıştır. Ağıın konumlandırılıp yönlendirilmesi geriye kalan 63 nokta ile yapılmıştır. ayrıca model hipotez testinin doğrulandığı ve nokta konum hatalarının dağılımları istatistiki olarak incelendiğinde normal dağılımda oldukları görülmüştür.

7- Test ağıındaki yatay doğrultu ölçülerinin elipsoid yüzeyine indirgenmelerinde hedef noktası yüksekliğinden dolayı indirgeme miktarlarının maksimum $0^{\circ}.3267$, normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarının yine maksimum $0^{\circ}.000514$, ölçülen kenar uzunluklarının elipsoid yüzeyine indirgeme miktarı ise maksimum 46.6327 cm. ye ulaştığı hesaplanmıştır.

8- Test ağıının serbest dengeleme sonucunda Pope yöntemine göre yapılan uyumsuz ölçüler testinde uyumsuz ölçünün olmadığı ve kurulan model hipotez testinin doğrulandığı görülmüştür.

9- Test ağıının dayalı dengelenmesi sonucunda birim ağırlıklı ölçünün karesel ortalama hatası $8^{\circ}.1670$ olarak hesaplanmıştır. Yine bu dengeleme sonucunda maksimum nokta konum hatası 9 numaralı noktada 5.1 cm. minimum nokta konum hatası 1 ve 6 numaralı noktalarda 3.6 cm olarak bulunmuştur. Noktaların ortalama koordinat duyarlılıkları, $m_x, m_y = 2.88$ cm. olarak hesaplanmıştır. Şekil (4.3) den görüleceği üzere noktalara ilişkin hata elipslerinden, test ağıının homojen bir yapıya sahip olduğu kanaatine varılmıştır.

10- Bu çalışmada dokuzuncu poligon ve yüzey ağı uygulama alanı olarak seçilmiştir. Ölçüler 2.2 başlığı altında sunulduğu üzere elipsoid yüzeyine olabildiğince tam ve doğru olarak indirgenmeye çalışılmıştır. Elipsoid yüzeyinden Gauss - Krüger projeksiyon düzlemine indirgenerek 3.1 başlığı altında sunulan dengeleme modeli ku-

rularak düzlemde dengelenmişlerdir. Yine 3.2 başlığı altında sunulduğu gibi bu ağda duyarlık ve güvenilirlik ölçütleri hesaplanmıştır.

11- Test ağı sonuçları bu bölgede izlenen çalışma ve hesaplama yöntemleri ile ağın büyük ölçekli harita yapımına, uygun hale getirilebileceği sonucuna götürmüştür.



6. KAYNAKLAR

- (1) AKSOY, A., 1983, Jeodezi I Ders Notu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi No : 3, İstanbul.
- (2) AKSOY, A., GÜNEŞ, İ.H., 1983, Jeodezi II, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, No : 5, İstanbul.
- (3) AKSOY, A., 1984, Uyuşumsuz Ölçüler Testi, Harita Dergisi, Sayı : 93, s. 1-27, Ankara.
- (4) AKSOY, A., 1987, Jeodezik Değerlerin Matematik İstatistik Testlerle İrdelenmesi, Türkiye I. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s. 559, Ankara.
- (5) AKSOY, A., 1991, Alım İçin Sıklaştırma Ağlarının Oluşturulmasına Bir Örnek Kartal Nirengi Ağı, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı:69, s.16-30, Ankara.
- (6) ALBERDA, J.E., 1980, A Review of Analysis Techniques for Engineering Survey Control Schemes, Industrial and Engineering Survey Conference, London.
- (7) ARSLAN, E., 1988, Harita - Kadastro 88 Sempozyumu, İstanbul.
- (8) ATEŞ, T., 1958, Harita Tarihi ve Türkiye'de Harita İşleri, harita Dergisi, Sayı: 54 - 55 - 56, Ankara.
- (9) AYAN, T., 1976, Astrogeodatische Geoidberechnung für das Gebiet der Türkei, Dissertation, Karlsruhe.
- (10) BAARDA, W., 1977, Measures for the Accuracy of Geodetic Networks, IAG-Symp., Sopron.
- (11) BALKAN, H., 1973, Gravimetrik Şakül Sapması Hesabı, Harita Dergisi, Sayı : 10, Ankara.
- (12) BARIŞKANER, A., 1988, Hatalar Bilgisi ve İstatistik, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Konya.
- (13) BARIŞKANER, A., 1988, Mühendislik Ölçmeleri, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, s. 138-140, Konya.

- (14) BİLİMSEL RAPOR NO : 1, 1988, Türkiye Birinci Derece Yatay Kontrol Ağının 1954 Yılı Dengelemesine Göre Konum Hataları, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- (15) BÜYÜKALTUNEL, M.A., 1990, Elektro- Optik Uzaklık Ölçerlerin Kalibrasyonlarının Kontrolü, Doktora Semineri I, s. 22, Konya.
- (16) BÜYÜK ÖLÇEKLİ HARİTALARIN YAPIM YÖNETMELİĞİ, 1989, T.M.M.O.B. Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul.
- (17) DEMİREL, H., 1987, Nirengi Ağlarının Dengelenmesi ve Sonuçların Test Edilmesi, harita Genel Komutanlığı Harita Dergisi, Sayı : 98, s. 1-!8, Ankara.
- (18) EROKAN, İ., 1966, Türkiye Ana Nirengi Şebekesi, Harita ve Kadastro Müh. Der., Sayı : 4, s. 26-41, Ankara.
- (19) ERBUDAK, M., TUĞLUOĞLU, A., 1976, Fiziksel Jeodezi, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, Sayı : 129, İstanbul.
- (20) GÜNEŞ, İ.H., 1979, Jeodezik Ağların Dolaylı Ölçmeler Yöntemine Göre Hesaplanmasında Düzeltme ve Koşul Denklemlerinin Oluşturulması, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, No : 8, İstanbul .
- (21) GÜRKAN, O., 1985, Ülke Nirengi Ağlarına Olan Gereksinim ve Kurmada İşlem Sırası, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- (22) GÜRKAN, O., 1984, Fiziksel Jeodezi, Heiskanen, W., Moritz, H., den çeviri, Karadeniz Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Trabzon.
- (23) GÜRKAN, O., 1979, Astrojeodezik Ağların Deformasyonu ve Türkiye I. Derece Triyangülasyon Ağı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, 104, Trabzon.
- (24) GÜRKAN, O., 1977, Topoğrafik - İzostatik Çekül Sapması Monograf No : 1, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon.
- (25) HARİTA TAPU VE KADASTRO, 1990, Harita Tapu ve Kadastro Dergisi, Ankara.
- (26) HEİSKANEN, A.W., MORİTZ, H., 1967, Pyhsical Geodesy, San Fransisco.
- (27) I.U.G.G., 1957, Report of Geodetic Works in Turkey, By The Turkish Geodetic Survey, Toronto.
- (28) MIERLO, J., 1981, A Review of Model Checks and Reliability, Karlsruhe, Fe-

deral Republic of Germany, Munich.

- (29) ÖZTÜRK, E., ŞERBETÇİ, M., 1989, Dengeleme Hesabı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik mimarlık Fakültesi, Cilt II, 144, Trabzon.
- (30) ÖZTÜRK, E., 1982, Jeodezik Ağlarda Güven Ölçütleri ve Ölçme Planının Enuygunlaştırılması, K.T.Ü. Basımevi, 149, Trabzon.
- (31) ÖZTÜRK, E., 1991, Doğrusal Hipotez Testleri, Harita Genel Komutanlığı Harita Dergisi, Sayı : 106, s. 1-21, Ankara.
- (32) ÖZTÜRK, E., 1987, Jeodezik Ağlarda Duyarlık ve Güven Ölçütleri, Türkiye I. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s. 641, Ankara.
- (33) PELZER, H., 1980, Beurteilung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit geodatischer Netze. Geodatische Netze in Landes - und Ingenieurvermessung, Wittwer - Verlag, Stuttgart.
- (34) SAKATOW, P., 1967, Lehrbuch der höheren Geodesie, Berlin.
- (35) TUĞLUOĞLU, A., Fiziksel Jeodezi Ders Notu, Basılmadı, Yıldız Üniversitesi, İstanbul.
- (36) TUĞLUOĞLU, A., 1975, Geodezik Ölçülerin Elipsoid Yüzeyine İndirgenmesi, İstanbul.
- (37) ULSOY, E., 1977, Matematiksel Geodezi, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi, No : 144, İstanbul.
- (38) ULSOY, E., 1974, Dengeleme Hesabı, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi, No : 87, İstanbul.
- (39) ÜLKEKUL, C., 1986, Harita Genel Komutanlığı ve Türk Haritacılığı, Harita Dergisi, Sayı : 96, s. 1-25, Ankara.
- (40) ÜNAL, T., 1981, Ülke Nirengi Ağlarını Yerleştirme Yöneltilme ve Dengeleme Yöntemleri, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Harita - Kadastro Fakültesi, İstanbul.
- (41) WELSCH, W.M., 1982, Network Densification Problems and Solitions, Federal Republic of Germany, Munich.
- (42) YERÇİ, M., 1984, Matematik İstatistik, S.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, s. 14-17, 38-39, 60, Konya.