KARADENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEODEZİ ANA BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Numarası
Genel :
Ana Bilim Dalı :
Program :

EĞİK KENAR - EĞİK KENAR VE DÜŞEY AÇILARIN ÖLÇÜLDÜĞÜ NİRENGİ AĞLARININ ÜÇ BOYUTLU DENGELEMESİ

Ali Rıza İLGAMİ
Yöneten : Prof.Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ

Trabzon - 1987

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans Tezi olarak yapılmıştır.

Burada Temel Amaç "Eğik Kenar-Eğik Kenar ve Düşey Açıların Ölçüldüğü Nirengi Ağlarının Üç Boyutlu Dengelemesi" konusunu kapsamaktadır.

Bu amacı gerçekleştirmek için gerekli konular incelenmiş ve teorik bilgiler edinilmiştir. Daha sonra problemin çözümü için bir sayısal uygulama yapılmıştır. Gerekli program hazırlanmış ve Üniversitenin B.İ.M.'de Ağ Endirekt Ölçüler Yöntemine göre dengelenmiştir. Bu çalışmanın teorik ve sayısal bütün evreleri açıklanmış ve sonuçlar sergilenmiştir.

Çalışmamın her aşamasında bana yakından ilgi gösteren ve her türlü yardımı esirgemeyen değerli hocalarıma, başta tezimin yöneticisi olarak; Sayın Prof.Dr.Muzaffer ŞERBETÇİ'ye, Sayın Doç.Dr. Onur GÜRKAN'a, Sayın Doç.Dr. Ergün ÖZTÜRK'e ve Bölümümüzün diğer değerli elemanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ali Rıza İLGANİ

Ö Z E T

Bu çalışmanın amacı Eğik Kenar - Eğik Kenar ve Düşey Açıların Ölçüldüğü Nirengi Ağlarının Üç Boyutlu Dengelemesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için gerekli teorik bilgiler edindikten sonra ilgili yöntemlere dayanarak problemin çözümüne gidilmiştir. Teorik Bilgilerin değerlendirmesi amacı ile bir sayısal uygulama yapılmıştır. Uygulama sonucu elde edilen sonuçlar irdelenerek sergilenmiştir.

İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖNSÖZ

. GİRİŞ 1

. YAKLAŞIK KOORDİNAT HESABI 1

.1. Uzay Uzunluklar Geometrisi 3

.1.1. Uzay Uzunluklar ile Kestirme 4

.1.2. Genel Çözüm 4

.2. Uzunluklarla Üç Boyutlu Kestirme 8

.2.1. İkinci Dereceden Üç Bilinmeyenli Üç Denklemin Çözümü 9

. DENGELEME İŞLEMİ 11

.1. Endirekt Ölçüler Dengelemesi 11

.2. Eğik Kenarların Ölçüldüğü Nirengi Ağlarının Üç Boyutlu Dengelemesi 12

.2.1. Eğik Kenarlar İçin Yazılan Düzeltme Denklemlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi 12

.3. Eğik Kenar ve Düşey Açıların Ölçüldüğü Nirengi Ağlarının Üç Boyutlu Dengelemesi 13

.3.1. Düşey Açılar İçin Yazılan Düzeltme Denklemlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi 15

. SAYISAL UYGULAMA 16

.1. Verilerin Tanıtılması 16

.2. Yaklaşık Koordinat Hesabı 17

.3. Eğik Kenarlarla Üç Boyutlu Dengeleme Sonuçları 17

.4. Eğik Kenarlarla ve Düşey Açılarla Üç Boyutlu Dengeleme Sonuçları 21

.5. Yazılan Programların Akış Diyagramı 27

5. SONUÇ 28

KAYNAKLAR 30

ÖZ GEÇMİŞ

1. GİRİŞ

Jeodezi Ana Bilim dalının temel amaçlarından biri yeryüzeyinde tesis edilmiş sabit noktaların konumları hakkında bilgi vermektir. Bunları yatay olarak (X,Y), düşey olarakta (Z) sembolleri ile adlandırırsak, çeşitli yöntemlerle noktaların konumları hakkında bilgi edinmemiz olasıdır. Yatay ve düşey konumların ayrı ayrı bulunabileceği gibi her üç konumun bir arada da belirlenmesi mümkündür.

Günümüzde üç boyutlu dengeleme olarak adlandırılan bu yöntem çalışmanın temel konusunu kapsamaktadır.

Burada veri olarak ele alınan eğik kenarlarla bir dengeleme modeli kurulmuştur. Daha sonra açıklanacağı gibi yanlız eğik kenarlarla üç boyut hakkında yeteri derecede sağlam sonuçlar elde edilemediğinden bir sonraki aşamada ölçülmüş olan düşey açılarda modele eklenerek yeniden dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Böyle bir uygulamanın yapılabilmesi için gerekli olan yaklaşık koordinatların hesaplanması başlı başına bir problem oluşturmaktadır. Bu problemin çözümü için yapılan işlemler ilerde açıklanmaktadır.

Bu çalışmada üç boyutlu dengelemenin teorik bağıntıları ve bu bağıntılara göre gerçekleştirilen bir sayısal uygulamanın sonuçları sergilenmektedir.

2. YAKLAŞIK KOORDİNAT HESABI

Böyle bir ağın dengelenmesiiçin elde olan verilerden yararlanarak ilk önce ağdaki noktaların yaklaşık koordinatlarının hesaplanması gerekir. (Xo, Yo, Zo) veri olarak elimizde bulunan ağın ölçülmüş eğik kenarlarla beraber ağın serbestlik derecesininde bilinmesi gerekir. Ağın serbestlik derecesi şöyle belirlenir.(Ağdaki bilmemiz gereken büyüklük sayısı)

P: Nokta sayısı

n: Ölçülen kenar sayısı

n_g=u: Tek anlamda çözüm için gerekli kenar sayısı

n_m: P_i noktaları arasında ölçülebilen mümkün kenar sayısı

r: Fazla ölçü

f: Dış serbestlik derecesi

ise;

P	n_m	P	n_g
1	0	3	3
2	1	4	6
3	3	5	9
4	6	.	.
5	10	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
10	45	10	24

Buradan;

$$n_m = \frac{1}{2} P(P-1) \qquad (2.1)$$

ve,

$$n_g = 3(P-2) \qquad (2.2)$$

Bağıntıları elde edilir.

$r = nm - n_g$

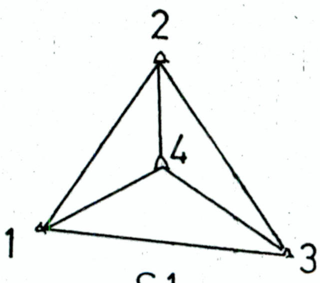
olduğundan

$$r = \frac{1}{2} P(P-1) - 3(P-2) = \frac{1}{2} (P-3)(P-4)$$

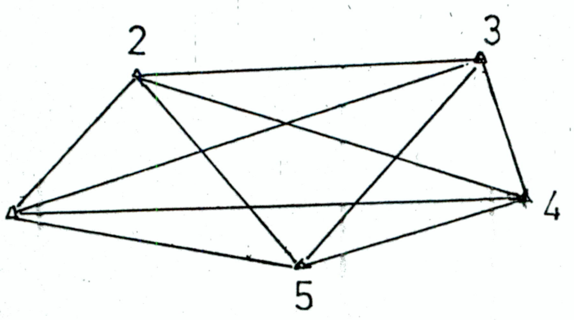
$$r = \frac{1}{2} (P-3)(P-4) \qquad (2.3)$$

Bağıntısı elde edilir ve bu fazla ölçü sayısını gösterir.

P= 0,1,2,3,4 için fazla ölçü sayısı söz konusu olmadığı açıkça görülmektedir.



S1



S2

P= 4 için;

$n_{\varepsilon} = u = 6$

$n_m = 6$

$r = \frac{1}{2}(P-3)(P-4) = 0$

$f = 3P - n_{\varepsilon} = 3P - u$

$f = 3P - 3(P-2)$

$f = 6$ dış serbestlik derecesi elde edilir.

Yukarıdaki açıklamadan sonra bilmemiz gereken bu altı büyüklük şöyle seçilebilir. Bir noktanın (X,Y,Z) koordinatları, ikinci noktanın (X,Y) koordinatları ve bir üçüncü noktanın (Z) koordinatı. (Bunlar sayısal uygulamada 104, 105, 107 noktaları olarak alınmıştır.)

Bu çalışmada yaklaşık koordinat hesabı için iki yöntem denenmiştir.

- Uzay Uzunluklarının Geometrisi (Vektör Analizi) ile Çözüm (Rinner,1958)
- Uzunluklarla Üç Boyutlu Kestirme; (Üç noktadan geçen üç kürenin denklemlerinin Taylor'a göre açılımı ile ikinci dereceden üç bilinmeyenli üç denklemin çözümü ile koordinat hesabı)

Birinci yöntemde üç noktadan yararlanarak uzayda bir dördüncü noktanın vektör hesabı ile nasıl kestirildiği teorik olarak anlatılmıştır. Ancak bu yöntemde her üç nokta demetlerinde vektörlerin yönü değiştiğinden dolayısı ile formüllerde değişiklik yapılması gereksinimi duyulur. Bu nedenle programlama açısından uygun görülmemiştir.

İkinci yöntem küre denklemlerinin doğrusallaştırılması ile sonuca ulaşmak için programlama tekniğine uygun ve daha pratik çözüm olduğundan tercih edilmiştir.

2.1. Uzay Uzunluklarının Geometrisi

2.1.1. Uzay Uzunluklar ile Kestirme

Verilmiş üç nokta P_i (i= 1,2,3) ve bir P noktasına S_i uzay uzunlukları ölçülmüş ise P noktasının konumu belirlenebilir. Her S_i uzaklığı merkezi P_i yarıçapı S_i kadar olan bir küre ile tanımlar. Bu durumda üç kürenin kesişmesi ile P noktası belirlenir. (Burada iki çözüm söz konusu olur. Yani diğer çözüm taban üçgenine göre simetrik olan bir noktadır. Bu noktaların hangisinin belirleneceği önceden tesbit edilmelidir.)

Bu nedenle bu probleme uzay uzunlukları ile kestirme denir.

2.1.2 Genel Çözüm

Pi'nin yer vektörü $\underline{X}_i$ ile gösterilirse bu durumda küre denklemi;

$$(\underline{X}-\underline{X}_i)^2 = \underline{S}_i^2 \qquad (i= 1,2,3) \tag{2.4}$$

olur.

İki kürenin ara kesiti bir çemberdir ve bu çemberin düzlemi (2.4) nolu denklemden kolaylıkla verilebilir. Üçüncü kürenin üç kesit düzlemi bir düzlem demeti oluşturur ve bunun ekseni her üç kürenin bir ortak noktasıdır ve her iki çözümüde içermektedir.

Ara kesit çemberlerinin denklemleri;

$$\begin{aligned} 2\underline{X}.(\underline{X}_1-\underline{X}_2)-\underline{X}_1^2 + \underline{X}_2^2 + \underline{S}_1^2 - \underline{S}_2^2 &= 0 \\ 2\underline{X}.(\underline{X}_2-\underline{X}_3)-\underline{X}_2^3 + \underline{X}_3^2 + \underline{S}_2^2 - \underline{S}_3^2 &= 0 \\ 2\underline{X}.(\underline{X}_3-\underline{X}_1)-\underline{X}_3^2 + \underline{X}_1^2 + \underline{S}_2^2 - \underline{S}_1^2 &= 0 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Simetri yüzünden her iki çözüm P_1, P_2, P_3 düzlemine simetriktir ve bu yüzden kolaylıkla fark edilir. (2.5) nolu denklemden her düzlemin taban üçgeninin $\underline{X}_{2+1}-\underline{X}_2$ kenarına dik olduğu görülür. Buradan her düzlemin dik olduğu kenardaki kestiği parçalar hesaplanabilir. (P_1, S_1) ve (P_2, S_2) küreleri birlikte bir düzlem oluştururlar ki bu düzlem P_1, P_2 doğrusuna diktir.

NOT: Metinde altı çizilmiş olan bütün harfler Vektörve Matrisleri göstermektedir.

$$\underline{X} = \underline{X}_1 + \varepsilon(\underline{X}_2 - \underline{X}_1) \tag{2.6}$$

arakesit düzleminin denklemidir. Parametreleri:

$$(\underline{X}_1 - \underline{X}_2)^2 (1 - 2\varepsilon) + S_1^2 - S_2^2 = 0 \tag{2.7}$$

bu ilişki ile tanımların düzlem N noktasından geçer (N dik noktası)

$\overline{P_1P_2}$, $\overline{P_1N}$ ve $\overline{NP_2}$ C, C1, C_2 ile gösterilirse o takdirde;

$$(\underline{X}_1 - \underline{X}_2)^2 = C^2$$

$$(\underline{X} - \underline{X}_1)^2 = C_1^2 = (\varepsilon C)^2 \tag{2.8}$$

$$C_1 + C_2 = C$$

Aynı şekilde:

$$C_1 = \frac{1}{2C}(C^2 + S_1^2 - S_2^2)$$

$$C_2 = \frac{1}{2C}(C^2 - S_1^2 + S_2^2) \tag{2.9}$$

Aynı şekilde $\overline{P_2P_3}$= a kenarında ve $\overline{P_3P_1}$= b kenarında bu kenarla dik düzlemin kestiği parçalar hesaplanabilir.

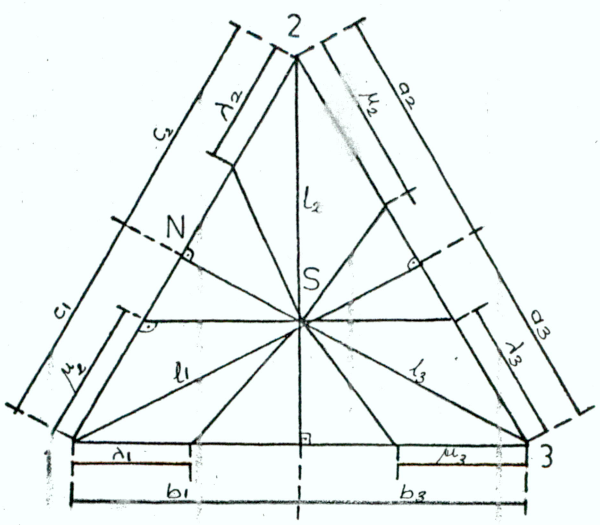
$$a_2 = \frac{1}{2a}(a^2 + S_2^2 - S_3^2)$$

$$a_3 = \frac{1}{2a}(a^2 - S_2^2 + S_3^2)$$

(2.10)

$$b_3 = \frac{1}{2b}(b^2 + S_3^2 - S_1^2)$$

$$b_1 = \frac{1}{2b}(b^2 - S_3^2 + S_1^2)$$



Ş.3

(2.9), (2.10) nolu formüller geometrik düşüncelerdende çıkarılabilir. C_1C_2 parçaları ki bu parçalar (P_1S_1) ve (P_2S_2) dairelerinin ortak kirişinin $C=\bar{P}_1P_2$ kenarından ayırdığı parçalardır. Taban üçgenin kenarlarının birim vektörü olarak (2.11) nolu formül yazılırsa;

$$\underline{a}=\frac{1}{a}(\underline{X}_3-\underline{X}_2),\quad \underline{b}=\frac{1}{b}(\underline{X}_1-\underline{X}_3),\quad \underline{c}=\frac{1}{c}(\underline{X}_2-\underline{X}_1) \qquad (2.11)$$

ve birde (2.5), (2.9), (2.10) nolu formüllerinin yardımıyla kürelerin kesit düzlemi (2.12) formüllerinden elde edilir.

$$\begin{array}{lll} (\underline{X}-\underline{X}_1).\underline{c}=c_1 & & (\underline{X}-\underline{X}_2).\underline{c}=-c_2 \\ (\underline{X}-\underline{X}_2).\underline{a}=a_2 & \text{veya} & (\underline{X}-\underline{X}_3).\underline{a}=-a_3 \\ (\underline{X}-\underline{X}_3).\underline{b}=b_3 & & (\underline{X}-\underline{X}_1).\underline{b}=-b_1 \end{array} \qquad (2.12)$$

Bu düzlemlerin ortak doğrusunun taban üçgeninin kestiği S noktası bu üç kürenin kuvvet merkezidir. Ve λ, μ eğik koordinatlarla $\underline{a}$, $\underline{b}$, $\underline{c}$ birim vektörü sisteminde gösterilebilir. X_s, S nin yer vektörü ise:

$$\underline{X}_s=\underline{X}_1-\lambda_1\underline{b}+\mu_1\underline{c}=\underline{X}_2-\lambda_2\underline{c}+\mu_2\underline{a}=\underline{X}_3-\lambda_3\underline{a}+\mu_3\underline{b} \qquad (2.13)$$

(2.13) nolu denklemdeki $\underline{X}_s$'nin ilk ifadesinin (2.12) denklemlerinin sonuncusunda yerine konulmasıyla

$$-\lambda_1+\underline{b}.\underline{c}\,\mu_1=-b_1$$
$$-\underline{b}.\underline{c}\,\lambda_1+\mu_1=-c_1$$

elde edilir. Ve buradan:

$$\lambda_1=\frac{b_1+\underline{b}.\underline{c}.c_1}{(\underline{b}\times\underline{c})^2} \qquad \mu_1=\frac{c_1+\underline{b}.\underline{c}.b_1}{(\underline{b}\times\underline{c})^2} \qquad (2.14)$$

Aynı şekilde $\lambda_2,\mu_2,\lambda_3,\mu_3$ elde edilir. Taban üçgeninin açıları için (2.15) bağıntıları yazılabilir.

$$\begin{array}{ll} \cos\alpha=-\underline{b}.\underline{c} & \sin\alpha=|\underline{b}\times\underline{c}| \\ \cos\beta=-\underline{c}.\underline{a} & \sin\beta=|\underline{c}\times\underline{a}| \\ \cos\gamma=-\underline{a}.\underline{b} & \sin\gamma=|\underline{a}\times\underline{b}| \end{array} \qquad (2.15)$$

Bunların gözönüne alınmasıyla aşağıdaki eğik açılı koordinatlar elde edilir.

$$\lambda_1 = \frac{1}{\sin^2}(b_1 - c_1 \cos\alpha) \qquad \mu_1 = \frac{1}{\sin^2}(c_1 - b_1 \cos\alpha)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{\sin^2}(c_2 - a_2 \cos\beta) \qquad \mu_2 = \frac{1}{\sin^2}(a_2 - c_2 \cos\beta) \qquad (2.16)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{\sin^2}(a_3 - b_3 \cos\gamma) \qquad \mu_3 = \frac{1}{\sin^2}(b_3 - a_3 \cos\gamma)$$

ve arasında aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.

$$\lambda_1 : \mu_2 = b:a , \qquad \lambda_2 : \mu_3 = c:b$$
$$\lambda_3 : \mu_1 = a:c \qquad (2.17)$$

Yukarıdaki ilişkiler (2.16) dan elde edilir ve şekilde de görülmektedir.

Kestirilecek nokta'p' taban üçgeninin noktasındaki normalin üstündedir ve birim vektörü (2.18) bağıntısında gösterilmektedir.

$$\underline{n} = \frac{\underline{a} \times \underline{b}}{\sin\gamma} = \frac{\underline{b} \times \underline{c}}{\sin\alpha} = \frac{\underline{c} \times \underline{a}}{\sin\beta} \qquad (2.18)$$

(2.19) formülü denirse;

$$\overline{P_iS} = \ell_i = \sqrt{(\underline{Xs} - \underline{Xi})^2} \qquad (2.19)$$

noktasının verilen Pi noktalarında uzaklığı $\overline{Ps} = \upsilon$ (2.20) bağıntısından iki kere hesaplanabilir.

$$\upsilon = \pm \sqrt{Si^2 - Li^2} \qquad (2.20)$$

için (2.13), (2.16), (2.17) bağıntılarından ve bunlarla birlikte ve a_2, b_2, c_2'nin yardımlarıyla aşağıdaki ilişkiler yazılabilir.

$$L_1^2 = \lambda_1^2 + \mu_1^2 - 2\lambda_1\mu_1 \cos\alpha$$
$$L_2^2 = \lambda_2^2 + \mu_2^2 - 2\lambda_2\mu_2 \cos\beta \qquad (2.21)$$
$$L_3^2 = \lambda_3^2 + \mu_3^2 - 2\lambda_3\mu_3 \cos\gamma$$

$$(L_1 \sin\alpha)^2 = c_1^2 + b_1^2 - 2c_1b_1\cos\alpha$$
$$(L_2 \sin\beta)^2 = a_2^2 + c_2^2 - 2a_2c_2\cos\beta \qquad (2.22)$$
$$(L_3 \sin\gamma)^2 = b_3^2 + a_3^2 - 2b_3a_3\cos\gamma$$

Her iki çözümün yer vektörü (2.23) nolu formülde verilmiştir.

$$\underline{X} = \underline{X}s + \underline{\upsilon}n \qquad (2.23)$$

Burada (2.13), (2.18), (2.20) nolu bağıntılar dikkate alınmıştır.

Uzay kestirme böylelikle yaklaşık koordinata gereksinme olmadan hesaplanabilir. Bunun her iki çözümü taban üçgeninin iki tarafında olup kolaylıkla farkedilebilir.

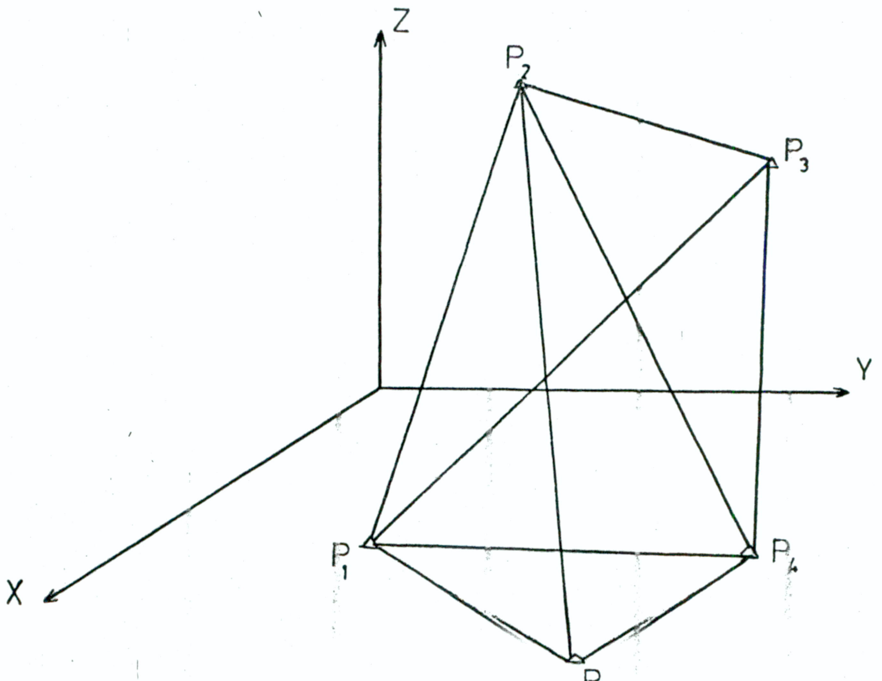
Numerik hesaplama önce $\underline{a}$, $\dot{\underline{b}}$, $\underline{c}$, $\underline{n}$ vektörleri ve taban üçgenin kenar ve açıları (2.11), (2.14), (2.15), (2.18) bağıntılarından hesaplanır. Bunda sonra a_i, b_i, c_i (2.9), (2.10) ve λ, μ (2.16), (2.17) bağıntılarından hesaplanabilir. Böylece $\underline{X}s$ (2.13) bağıntısından üç kere hesaplanır l_i'nin (2.19), (2.21), (2.22) bağıntılarından üç kere hesaplanması daha önceki hesapların bir kontrolu işlemidir. (2.20) bağıntısından kontrol edilmiş υ değeri bulunur.

$\underline{n}$, υ , $\underline{Xs}$ den (2.20) bağıntısına göre her iki çözüm elde edilir. (Rinner, 1958)

2.2 Uzunluklarla üç boyutlu kestirme

Bu çalışmada esas alınan bu yöntem teorik olarak örnek bir şekil üzerinde şöyle açıklanabilir:

Verilenler	Ölçülenler	İstenenler
$P_1(X_1, Y_1, Z_1)$	noktalar arası	$P_2(Z_2)$
$P_2(X_2, Y_2)$	-daki eğik kenarlar	$P_3(X_3, Y_3)$
$P_3(Z_3)$	l_{ik} ik,(1,2,3,4,5)	$P_i(X_i, Y_i, Z_i)$



Ş.4

Burada:

$$(X_2-X_1)^2+(y_2-y_1)^2+(Z_2-Z_1)^2= l_{12}^2 \qquad (2.24)$$

P_2 noktasının yüksekliği (Z_2) belirlenir.

$$Z_2= \sqrt{l_{12}^2-(X_1-X_2)^2-(Y_2-Y_1)^2} + Z_1 \qquad (2.25)$$

diğer taraftan;

$$\begin{aligned}(X_3-X1)^2 + (Y_3-Y1)^2 + (Z_3-Z_1)^2 &= l_{13}^2\\ (X_3-X_2)^2 + (Y_3-Y_2)^2 + (Z_3-Z_2)^2 &= l_{23}^2\end{aligned} \qquad (2.26)$$

buradan P_3 noktasının X ve Y koordinatları belirlenir. (İkinci dereceden iki bilinmeyenli denklemlerin çözümü)

Böylece verilen üç noktanın eksik büyüklükleri tamamlanmış olup bir üçlü nokta demeti oluşturulur. Bu üç nokta ve kestirilecek olan nokta arasında şu denklemler yazılabilir.

$$\begin{aligned}(X_4-X_1)^2 + (Y_4-Y_1)^2 + (Z_4-Z_1)^2 &= l_{14}^2\\ (X_4-X_2)^2 + (Y_4-Y_2)^2 + (Z_4-Z_2)^2 &= l_{24}^2\\ (X_4-X_3)^2 + (Y_4-Y_3)^2 + (Z_4-Z_3)^2 &= l_{34}^2\end{aligned} \qquad (2.27)$$

bu denklem takımının çözümü sonucu kestirilecek olan noktanın koordinatları (X_4, Y_4, Z_4) elde edilir.

2.2.1. Üç Bilinmeyenli İkinci Dereceden Üç Denklemin Çözümü:

Üç sabit ve kestirilecek olan nokta arasında şu denklemler yazılabilir.

$$\begin{aligned}F_1&= (X-X_1)^2 + (Y-Y_1)^2 + (Z-Z_1)^2 - l_1^2 = 0\\ F_2&= (X-X_2)^2 + (Y-Y_2)^2 + (Z-Z_2)^2 - l_2^2 = 0\\ F_3&= (X-X_3)^2 + (Y-Y_3)^2 + (Z-Z_3)^2 - l_3^2 = 0\end{aligned} \qquad (2.28)$$

Bu denklemler şöyle doğrusallaştırılır;

$$\begin{aligned}F(X,Y,Z) &= F(Xo + x,\ Yo + y,\ Zo + Z)\\ &= F(Xo,\ Yo,\ Zo) + \frac{\partial f}{\partial x}\Delta x + \frac{\partial f}{\partial y}\Delta y + \frac{\partial f}{\partial z}\Delta z = \ell^2\end{aligned}$$

Buradan:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} & \frac{\partial f_1}{\partial z} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} & \frac{\partial f_2}{\partial y} & \frac{\partial f_2}{\partial z} \\ \frac{\partial f_3}{\partial x} & \frac{\partial f_3}{\partial y} & \frac{\partial f_3}{\partial z} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1^2 \\ l_2^2 \\ l_3^2 \end{bmatrix}$$

O halde;

$$\begin{aligned} F_1 &= 2(X_o-X_1)\,dx + 2(Y_o-Y_1)dy + 2(Z_o-Z_1)dz = L_1^2 - L_{01}^2 \\ F_2 &= 2(X_o-X_2)dx + 2(Y_o-Y_2)dy + 2(Z_o-Z_2)dz = L_2^2 - L_{02}^2 \\ F_3 &= 2(X_o-X_3)dx + 2(Y_o-Y_3)dy + 2(Z_o-Z_3)dz = L_3^2 - L_{03}^2 \end{aligned} \qquad (2.29)$$

Buradan;

$$\begin{bmatrix} (X_o-X_1) & (Y_o-Y_1) & (Z_o-Z_1) \\ (X_o-X_2) & (Y_o-Y_2) & (Z_o-Z_2) \\ (X_o-X_3) & (Y_o-Y_3) & (Z_o-Z_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix} = 1/2 \begin{bmatrix} l_1^2-l_{o1}^2 \\ l_2^2-l_{o2}^2 \\ l_3^2-l_{o3}^2 \end{bmatrix}$$

bu denklemin çözümü sonucu dx, dy, dz değeri elde edilerek

$$\begin{aligned} X &= X_o+dx \\ Y &= Y_o+dy \\ Z &= Z_o+dz \end{aligned} \qquad (2.30)$$

koordinatları belirlenir.

Burada "x" ve "y" için ilk yaklaşık değerler şöyle seçilebilir.

$$X_o = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}\ , \qquad Y_o = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3}{3}$$

Ancak; Zo'ın hesabı her zaman üç noktanın yüksekliklerinin ortalaması alınarak doğru sonuç vermez. Bu nedenle en uygun olarak;

$$Z_o = Z_i + \sqrt{L_1^2 - (Y_o-Y_1)^2 - (X_o-X_1)^2}$$

şeklinde belirlenir.

Uygun bir sınır değeri seçilerek iteratif çözüm sonucu ilgili yaklaşık değerler hesaplanır.

Sayısal uygulamada problemin çözümü için ilgili program hazırlanarak bilgisayarda noktaların yaklaşık koordinatları hesaplanmıştır.

3. DENGELEME İŞLEMİ

Bir ağın üç boyutlu dengelemesi uzun hesaplama işlemlerinin gerektirdiğinden zorunlu olarak bilgisayarların kullanılması söz konusu olmuştur. Proğramlama tekniğine en uygun dengeleme türü olan Endirekt Ölçüler Dengelemesi tercih edilmektedir. Bu çalışmada da bu yöntem kullanılarak problemin çözümüne gidilmiştir. Bundan dolayı kısaca Endirekt Ölçüler Dengelemesinin açıklanmasında yarar görülmektedir.

3.1. Endirekt Ölçüler Dengelemesi

Bilinmeyenlerin değil de bunların bir fonksiyonunun ölçülmesi durumunda Endirekt Ölçüler Dengelemesi söz konusu olur. (BEKTAŞ, S. 1986)

Böyle bir dengeleme işleminin matematik modeli, fonksiyonel ve stokastik olarak ikiye ayrılmaktadır.

$\underline{l} + \underline{v} = \underline{A}.\underline{x}$ (3.1) fonksiyonel model

$\underline{P} = \underline{C}_{ll}^{-1}$ (3.2) stokastik model

$\underline{V}^T\underline{P}\underline{V} =$ min. Dengeleme ilkesinden

$\underline{A}^T\underline{P}\underline{A}\underline{x} - \underline{A}^T\underline{p}\underline{l} = \underline{0}$ (3.3) Normal denklemler

$\underline{X} = (\underline{A}^T\underline{P}\underline{A})^{-1}\underline{A}^T\underline{p}\underline{l}$ (3.4) Normal denklemlerin çözümü

$\underline{V} = \underline{A}\underline{x} - \underline{l}$ (3.5) Düzeltmeler

hesaplanır. (ŞERBETÇİ, M. 1985)

Burada;

$\underline{l}$: Ölçüler (gözlemler) vektörü

$\underline{V}$: Dengeleme sonunda ölçülere getirilecek düzeltmeler vektörü

$\underline{A}$: Düzeltme denklemleri katsayılar matrisi

$\underline{X}$: Bilinmeyenler vektörü

$\underline{C}_{ll}$: Ölçülerin ters ağırlık matrisi'ni

göstermektedir.

3.2. Eğik Kenarlarla Üç Boyutlu Ağ Dengelemesi

Eğik kenarlar;

$$l_{ij} = f_i(Xi,\ Yi,\ Zi,\ Xj,\ Yj,\ Zj) \qquad (3.6)$$

şeklinde gösterilirse, görüldüğü gibi i,j noktalarının X,Y,Z koordinatlarının bir fonksiyonu şeklinde ifade edilebilir.

$$l^o_{ij} = \sqrt{(X^o_i - X^o_j)^2 + (Y^o_i - Y^o_j)^2 + (Z^o_i - Z^o_j)^2} \qquad (3.7)$$

yaklaşık koordinatlardan hesaplanan kenarı göstermektedir.

l_{ij} ölçülen eğik kenar ise;

$$l_{ij} + V_{ij} = adx_i - adx_j + bdy_i - bdy_j + cdz_i - cdz_j - l^o_{12} \qquad (3.8)$$

(3.8) bağıntısından hareket ederek eğik kenarlar için hata denklemleri şöyle yazılabilir:

$$V_{ij} = adx_i - adx_j + bdy_i - bdy_j + cdz_i - cdz_j + l^o_{ij} - l_{ij}$$

Burada;

$$a = \frac{X_i^o - X_j^o}{l^o_{ij}}$$

$$b = \frac{Y_i^o - Y_j^o}{l^o_{ij}} \qquad (3.10)$$

$$c = \frac{Z_i^o - Z_j^o}{l^o_{ij}}$$

Hata denklemlerinin katsayılarıdır. Ölçülen her kenar için bir hata denklemi yazılır. Böylece problemin fonksiyonel modeli oluşturulmuş olur. (3.1. bağıntısı.)

3.2.1. Ağırlıkların Belirlenmesi

Stokastik modelin oluşturulması için, ölçülen bütün kenarların ortalama hatalar,

$$M_s = \pm(a + k.s)^{*} \qquad (3.11)$$

bağıntısından hesaplanır.

(*) Elektronik Uzaklık Ölçer aletleri ile yapılan ölçülerin ortalama hatasını veren bağıntıdır.

Burada:

a: 5-3 mm.

K: Katsayı 10^{-6} - 10^{-7}

s: Ölçülen uzunluk

tur.

Daha sonra genel ağırlık bağıntısından:

$$P_i = \frac{m_o^2}{m_i^2} = \frac{m_o^2}{m_s^2} \qquad (3.12)$$

ağırlıklar belirlenir.

m_o hesaplanan m_s değerlerinin en fazla tekrar olanıdır. Bu çalışmada m_o= 5 mm. alınmıştır.

Stokastik model'de oluştuktan sonra, dengelemenin diğer aşamaları uygulanır. Bilinmeyenler, düzeltmeler hesaplanır. Dengeli koordinatlar ve dengeli ölçüler saptanır, denetim işleri yapılır. Son olarak duyarlılık hesapları yapılarak ortalama hata (m_o) ve bilinmeyenlerin ortalama hataları belirlenir. (m_x, m_y, m_z)

Böyle bir dengelem işleminin ne derecede doğru sonuçlar verebileceği ve uygulamada kullanılıp kullanılamayacağı ilerki aşamada açıklanacaktır.

3.3. Eğik Kenarlar ve Düşey Açıların Ölçüldüğü Nirengi Ağlarının Üç Boyutlu Dengelemesi

Düşey açı gözlemlerine ait

$$Z_{ij} = F_i(X_i, Y_i, Z_i, X_j, Y_j, Z_j) \qquad (3.12)$$

eşitliği yazılırsa açıların, noktaların (X,Y,Z) konumlarının bir fonksiyonu olduğu şeklinde ifade edilebilir.

$$Z^{o}_{ij} = \arc\cos\left(\frac{Z_j^{o} - Z^{o}_i}{l^{o}_{ij}}\right) \qquad (3.14)$$

Yaklaşık koordinatlardan hesaplanan açıyı göstermektedir.

Z_{ij}: Ölçülen düşey açı ise:

$$Z_{ij}+V_{ij}= -adx_i-bdy_i-cdz_i+adx_j+bdy_j+cdz_j-l_{ij} \qquad (3.15)$$

(3.15) bağıntısından; düşey açılara ait düzeltme denklemi şöyle yazılabilir:

$$V_{ij} = -adx_i-bdy_i-cdz_i+adx_j+bdy_j+cdz_j-l_{ij} \qquad (3.16)$$

Burada:

$$a= \frac{\cos Z^{o}_{ij} \cos t^{o}_{ij}}{l^{o}_{ij}} \cdot \rho$$

$$b= \frac{\cos Z^{o}_{ij} \sin t^{o}_{ij}}{l^{o}_{ij}} \cdot \rho \qquad (3.17)$$

$$c= - \frac{\sin Z^{o}_{ij}}{l^{o}_{ij}} \cdot \rho$$

Düzeltme denklemlerinin katsayılarıdır.

$-l$; sabit terim ise:

$$-l= Z^{o}_{ij} + l^{o}_{ij} K^{o} - Z_{ij} \qquad (3.18)$$

bağıntısından hesaplanır.

Refreksiyon ve küresellik düzeltmesi olarak;

$$K^{o}= (1-k) /2r \qquad (3.19)$$

$k= 0,13$

$r= 6370$ km.

bağıntısından hesaplanarak sabit terime eklenir. (3.17) bağıntısında geçen, t^{o}_{ij} ve l^{o}_{ij} açı ve kenarları,

$$t^{o}_{ij}= \arctan\left(\frac{y^{o}_j - y^{o}_i}{x^{o}_j - x^{o}_i}\right)$$

$$l^{o}_{ij} = \sqrt{(x^{o}_j-x^{o}_i)^2+(y^{o}_j-y^{o}_i)^2+(z^{o}_j-z^{o}_i)^2} \qquad (3.20)$$

bağıntılarından hesaplanır.(ATASOY V. , 1986)

Bu denklemler bir önceki aşamada kurulan fonksiyonel modele eklenerek yeni fonksiyonel model oluşturulur.

3.3.1. Düşey Açılar İçin Yazılan Düzeltme Denklemlerinin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Genel Ağırlık bağıntısından hareket ederek;

$$P_{Ai}= \frac{m_o^2}{m^2_A} \quad \left[\frac{cm^2}{cc^2}\right] \qquad \text{birimli}$$

$$P_{ki}= \frac{m_o^2}{m^2_k} \quad \left[\frac{cm^2}{cm^2}\right] \qquad \text{birimsiz} \qquad (3.21)$$

Yeni kurulan dengeleme modeli için kenarlar ve açıların düzeltme denklemlerine ait ağırlıklar belirlenmiş olur. (ÖZTÜRK E. 1983)

Bu çalışmada ;

$m_o= 5$ mm

$m_A= 12^{cc}$

olarak alınmıştır.

m_A: Ölçülen düşey açıların ortalama hatasıdır.

Böyle dengeleme modellerin oluşturulmasında ağırlıkların bir grubunun birimli diğerlerinin birimsiz alınmasının nedeni şöyle açıklanır:

$$\begin{aligned}[Pvv] &= [Pvv]_k + [Pvv]_A \\ &= [cm^2] + \left[\frac{cm^2}{cc^2} \cdot cc^2\right] \qquad (3.22) \\ &= [cm^2]\end{aligned}$$

Stokastik bodelin oluşturulmasından sonra bir önceki aşamada (Bölüm 3.2) yapılan işlemler tekrarlanır ve problem çözülür.

4. SAYISAL UYGULAMA

Daha önceki bölümlerde açıklanan teorik bilgiler ışığı altında nirengi ağlarının üç boyutlu dengelemesine ait bilgileri içeren uygulamalar, FORTRAN 77 dilinde programlanarak, K.Ü. B.İ.M.'de gerçekleştirilmiştir.

4.1. Verilerin Tanıtılması:

Uygulamada temel olarak alınan veriler Kuzey Anadolu fay kuşağı üzerinde kurulan Akyazı/ADAPAZARI test ağından alınmıştır.

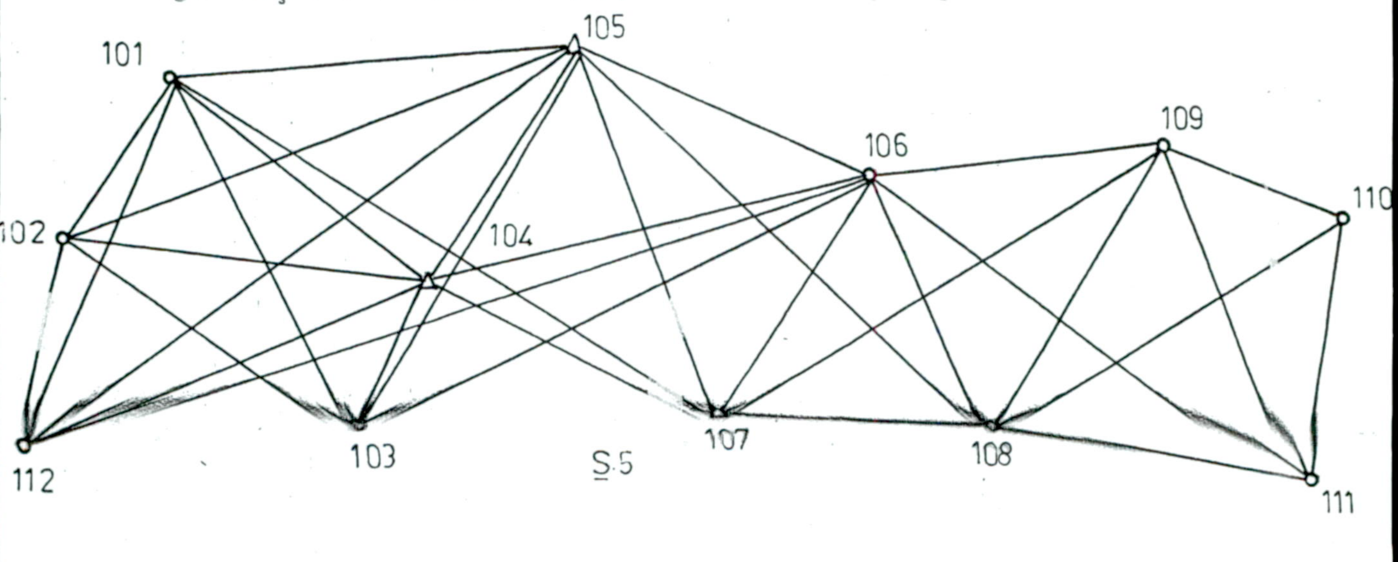
Işık kenarlarla yapılan üç boyutlu dengeleme bölümünde kullanılan kenar sayısı 40 dır. Ancak bu 40 kenardan yalnız 28 tanesi RANGE MASTER - II uzaklık ölçerle karşılıklı altışar kez ölçülmüştür. (ATASOY, 1986)

Diğer kenarlar bu uygulamaya mahsus olarak ağda ölçülmüş diğer büyüklüklerden üretilmiştir.

Dengelemede kulanılan düşey açıların sayısı, beş tanesi tek yönlü olmak üzere toplam altmışüç adettir.(ATASOY, 1986)

Ağa ait temel bilgilerin özeti:

Ağdaki toplam nokta sayısı	:	12
Bazı büyüklükleri sabit alınan nokta sayısı	:	3
Ağın toplam ölçü sayısı	:	103
Ölçülen kenar sayısı	:	40
Ölçülen düşey açı sayısı	:	63
Koordinat bilinmeyenlerin sayısı	:	30
Ağın dış serbestlik derecesi	:	6



△ : Bazı koordinatları sabit alınan noktalar (104, 105, 107)

O : Koordinatları sabit alınmayan noktalar

4.2. Yaklaşık Koordinat Hesabı

Uygulamaya temel olarak gereken yaklaşık koordinatlar, Bölüm (2.2) de açıklandığı gibi üç boyutlu kestirme sonucu elde edilmiştir. Bu işlem programlanarak bilgisayarda yapılmıştır.

Nokta No	X	Y	Z
104	(4493650.3684)	(559763.4632)	(572.7005)
107	(4490597.4944)	(563790.4088)	916.5888
105	4498777.6000	563211.6500	(1047.2500)
101	4497089.4262	556259.4812	337.1594
102	4494478.7447	555155.6639	734.1593
103	4490830.2390	558182.3582	824.0495
106	4495645.3419	566924.9091	671.2496
108	4489995.8688	570423.6773	1060.4373
109	4495966.6000	574805.3795	961.0852
110	4494930.3545	577634.3771	720.6001
111	4489043.5141	576236.4795	1544.8686
112	4489342.6617	554476.4390	1267.4721

4.3. Eğik Kenarlarla Üç Boyutlu Ağ Dengelemesinin Sonuçları

Sayısal uygulamanın bu kısmında Bölüm (3.2)'deki anlatılan teorik bilgilerin ışığı altında ilgili program yazılmıştır. Dengeleme işleminde koordinat bilinmeyenlerinin sırası şöyledir: (dz_{107}, dx_{105}, dy_{105}, dx_{101}, dy_{101}, dz_{101}, dx_{102}, dy_{102}, dz_{102}, ... dx_{112}, dy_{112}, dz_{112})

Uygulamanın sonuçları satır satır düzenlenerek aşağıda sergilenmektedir.

NOT: Parantez içerisine alınan koordinatlar, sabit büyüklüklerdir.

** SABIT TERIM **

0.6160	-0.5893	-0.9364	-0.8223	1.9416
0.2084	1.0277	-1.9923	0.1489	-0.1708
1.1695	-0.3058	0.0005	-1.4617	2.4277
-0.4038	0.4934	1.8890	-4.0452	-0.8025
0.5940	-0.3800	-0.3206	-0.2786	0.0948
0.0000	0.2791	0.2444	-1.4330	-1.4245
0.7939	1.5358	-0.4854	-0.3620	1.5824
-0.7651	-0.9366	-0.2703	-1.1523	0.4059

** AGIRLIKLAR **

0.9989	0.9974	0.9980	0.9971	0.9957
0.9968	0.9981	0.9981	0.9964	0.9953
0.9962	0.9979	0.9987	0.9962	0.9960
0.9978	0.9984	0.9975	0.9970	0.9980
0.9955	0.9973	0.9981	0.9967	0.9955
0.9952	0.9949	0.9976	0.9973	0.9969
0.9957	0.9954	0.9973	0.9962	0.9970
0.9965	0.9976	0.9988	0.9972	0.9976

** BILINMEYENLER (CM) **

-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0000
-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
-0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000

** DÜZELTMELER (CM) **

0.6160	-0.5893	-0.9364	-0.8223	1.9416
0.2084	1.0277	-1.9923	0.1489	-0.1708
1.1695	-0.3058	0.0005	-1.4617	2.4277
-0.4038	0.4934	1.8890	-4.0452	-0.8025
0.5940	-0.3800	-0.3206	-0.2786	0.0948
0.0000	0.2791	0.2444	-1.4330	-1.4245
0.7939	1.5358	-0.4854	-0.3620	1.5824
-0.7651	-0.9366	-0.2703	-1.1523	0.4059

** SONUÇ DENETIMLERI **

VTPV = 55.27
VTPL = 55.27
PVV = 55.27
PLL = 55.27
ATPLX = -0.00

** ORTALAMA HATA ** = 2.3509

** BILINMEYENLERIN ORT.HATASI **

28.7163	2.0877	4.6395	3.8705	2.7275
38.0241	4.1662	1.7711	40.0333	2.7767
1.5576	30.1867	3.1110	1.9858	37.4890
5.7075	2.9511	86.3774	7.9174	3.4819
105.3173	10.6824	2.7477	130.9664	12.9594
8.3413	152.4313	5.3590	2.9186	44.2458

SIRA	DN	BN	ÖLÇ.EĞİK KENAR(M)	DÜZELTME(CM)	DENGELİ KENAR(M)	KOOR.HES.KENAR(M)
1	101	102	2862.1110	0.616	2862.1172	2862.1172
2	101	103	6566.0010	-0.589	6565.9951	6565.9951
3	101	104	4915.3320	-0.936	4915.3226	4915.3226
4	101	105	7189.3540	-0.822	7189.3458	7189.3458
5	101	106	10767.7790	1.942	10767.7984	10767.7984
6	101	112	3003.5750	0.208	8003.5771	8003.5771
7	102	103	4741.3370	1.028	4741.3473	4741.3473
8	102	104	4684.4520	-1.992	4684.4321	4684.4321
9	102	105	9136.5800	0.149	9136.5815	9136.5815
10	102	106	11826.9930	-0.171	11826.9913	11826.9913
11	102	107	9468.6960	1.169	9468.7077	9468.7077
12	102	112	5208.1780	-0.306	5208.1749	5208.1749
13	103	104	3242.8690	0.000	3242.8690	3242.8690
14	103	105	9407.6640	-1.462	9407.6494	9407.6494
15	103	106	9981.9420	2.428	9981.9663	9981.9663
16	103	107	5613.6410	-0.404	5613.6370	5613.6370
17	103	112	4017.8300	0.493	4017.8349	4017.8349
18	104	105	6197.1750	1.889	6197.1939	6197.1939
19	104	106	7434.7790	-4.045	7434.7385	7434.7385
20	104	107	5065.0360	-0.802	5065.0280	5065.0280
21	104	108	11279.7450	0.594	11279.7509	11279.7509
22	104	112	6855.0470	-0.380	6855.0432	6855.0432
23	105	106	4872.4440	-0.321	4872.4408	4872.4408
24	105	107	8201.7210	-0.279	8201.7182	8201.7182
25	105	108	11363.6400	0.095	11363.6409	11363.6409
26	105	109	11929.9490	0.000	11929.9490	11929.9490
27	105	112	12859.6450	0.279	12859.6478	12859.6478
28	106	107	5946.9360	0.244	5946.9384	5946.9384
29	106	108	6656.5300	-1.433	6656.5157	6656.5157
30	106	109	7892.3380	-1.425	7892.3238	7892.3238
31	106	110	10733.4220	0.794	10733.4299	10733.4299
32	106	111	11447.7450	1.536	11447.7604	11447.7604
33	107	108	6662.0490	-0.485	6662.0441	6662.0441
34	107	112	9404.7450	-0.362	9404.7414	9404.7414
35	108	109	7406.6720	1.582	7406.6878	7406.6878
36	108	110	3744.0740	-0.765	8744.0663	8744.0663
37	108	111	5910.1880	-0.937	5910.1786	5910.1786
38	109	110	3022.3940	-0.270	3022.3913	3022.3913
39	109	111	7093.5160	-1.152	7093.5045	7093.5045
40	110	111	6106.4250	0.406	6106.4291	6106.4291

** DENGELI KOORDINATLAR **

NOKTA NO	X	Y	Z
++++++++++	+++++++++++++	+++++++++++++	+++++++++++++
104	4493650.3684	559763.4632	572.7005
107	4490597.4944	563790.4088	916.4706
105	4498777.7241	563211.6857	1047.2500
101	4497089.4860	556259.5759	336.8178
102	4494478.8634	555155.7033	734.0958
103	4490830.3733	558182.3428	825.4561
106	4495645.3781	566924.8582	671.1671
108	4489995.9625	570423.6773	1060.4844
109	4495966.6707	574805.3853	958.9814
110	4494930.3347	577634.3399	718.4136
111	4489043.7739	576236.5057	1544.3134
112	4489342.8997	554476.3707	1268.3902

4.4. Eğik Kenar ve Düşey Açılarla Üç Boyutlu Ağ Dengelemesinin Sonuçları

Bu uygulamanın yapılması için Bölüm (3.3)'de anlatılan teorik bilgilere dayanarak, ilgili program hazırlanmıştır. Düzeltme denklemlerinin ilk 40 adedi kenarlara ait olup, diğer 63 adet açılar için yazılmıştır. Uygulamanın sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

** SABIT TERIMLER **

0.3946	-0.8162	0.0446	-1.0527	1.3953	
-0.0506	1.1840	-1.9499	0.1586	0.0166	
0.8862	-0.4921	-0.8447	-0.0737	2.8617	
0.1786	1.7997	1.2203	-5.1719	-0.3772	K
1.0039	-0.8335	3.6337	-1.9725	-1.9785	
-1.1528	0.8200	1.2118	1.4706	-1.7603	
3.3671	-0.0268	-0.9103	-1.5344	2.4674	
-3.2855	0.8138	-1.0729	-1.8545	1.7430	
-16.2643	-20.2179	0.2195	6.7375	0.2045	
-10.1522	-0.2669	14.9984	-8.6968	4.0687	
21.4337	17.6769	14.5496	5.7632	5.3520	
18.4234	-0.5657	-12.2106	-6.9589	-28.5290	
-9.7302	-24.8012	11.6467	-32.1772	-1.2560	
3.9077	3.6111	-11.0749	14.0791	-6.5475	
24.7453	-0.5790	15.1765	30.0895	-6.9444	A
29.4452	-3.0679	8.6907	-30.7312	-0.4133	
-29.7041	16.9078	-21.6562	-10.3150	5.2686	
-3.5291	13.2457	-2.2101	5.5284	-0.9211	
-27.0182	0.2151	-2.1737	-0.9095	-23.7559	
-29.7502	-16.9087	-12.6676	-13.1128	11.3265	
7.4912	-5.2074	4.0134			

** AGIRLIKLAR **

0.9886	0.9742	0.9806	0.9719	0.9583	
0.9687	0.9813	0.9815	0.9644	0.9543	
0.9632	0.9795	0.9872	0.9634	0.9612	
0.9779	0.9841	0.9757	0.9709	0.9800	K
0.9564	0.9731	0.9808	0.9680	0.9560	
0.9539	0.9505	0.9766	0.9739	0.9692	
0.9584	0.9557	0.9739	0.9634	0.9710	
0.9659	0.9768	0.9880	0.9722	0.9760	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	A
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	0.0017	
0.0017	0.0017	0.0017			

** BILINMEYENLER (CM) **

0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0000	-0.0000
-0.0004	-0.0001	-0.0000	-0.0007	-0.0000
0.0000	-0.0003	0.0000	-0.0000	0.0006
0.0000	0.0000	-0.0004	0.0001	-0.0000
0.0013	0.0001	-0.0000	0.0009	0.0002
-0.0001	0.0019	-0.0001	-0.0001	-0.0015

** DÜZELTMELER (KENAR) (CM) **

0.3946	-0.8162	0.0446	-1.0527	1.3953
-0.0506	1.1840	-1.9499	0.1587	0.0166
0.8862	-0.4921	-0.8447	-0.0737	2.8617
0.1786	1.7996	1.2202	-5.1719	-0.3772
1.0039	-0.8335	3.6337	-1.9725	-1.9784
-1.1528	0.8201	1.2118	1.4706	-1.7602
3.3671	-0.0268	-0.9103	-1.5344	2.4674
-3.2856	0.8138	-1.0729	-1.8545	1.7430

** DÜZELTMELER (AÇI) (CC) **

-16.2646	-20.2180	0.2204	6.7382	0.2040
-10.1531	-0.2676	14.9979	-8.6973	4.0697
21.4337	17.6762	14.5494	5.7637	5.3514
18.4233	-0.5643	-12.2101	-6.9589	-28.5395
-9.7293	-24.8006	11.6467	-32.1779	-1.2558
3.9077	3.6118	-11.0744	14.0795	-6.5472
24.7462	-0.5781	15.1771	30.0900	-6.9449
29.4460	-3.0676	8.6906	-30.7317	-0.4132
-29.7036	16.9076	-21.6572	-10.3165	5.2676
-3.5295	13.2433	-2.2106	5.5298	-0.9205
-27.0177	0.2159	-2.1747	-0.9102	-23.7552
-29.7478	-16.9081	-12.6666	-13.1138	11.3257
7.4904	-5.2083	4.0120		

** ORTALAMA HATA (CM) **= 1.40150

** BILINMEYENLERIN ORT.HATASI (CM) **

10.3242	1.0061	1.7679	1.6666	1.5187
8.6945	1.8974	0.9398	8.6915	1.2585
0.9256	7.9745	1.6289	1.0837	9.7396
2.7247	1.3220	15.2093	4.0369	1.4319
18.3387	5.0232	1.3806	20.1742	4.6432
2.3045	20.1070	2.2614	1.3984	11.7060

** SONUÇ DENETIMLERI **

VTPV = 143.39
VTPL = 143.39
PVV = 143.39
PLL = 143.39
ATPLX = -0.00

SIRA	DN	BN	ÖLÇ.EGIK KENAR(M)	DÜZELTME(CM)	DENGELI KENAR(M)	KOOR.HES.KENAR(M)
1	101	102	2862.1110	0.395	2862.1149	2862.1149
2	101	103	6566.0010	-0.816	6565.9928	6565.9928
3	101	104	4915.3320	0.045	4915.3324	4915.3324
4	101	105	7189.3540	-1.053	7189.3435	7189.3435
5	101	106	10767.7790	1.395	10767.7930	10767.7930
6	101	112	8003.5750	-0.051	8003.5745	8003.5745
7	102	103	4741.3370	1.184	4741.3488	4741.3488
8	102	104	4684.4520	-1.950	4684.4325	4684.4325
9	102	105	9136.5800	0.159	9136.5816	9136.5816
10	102	106	11826.9930	0.017	11826.9932	11826.9932
11	102	107	9468.6960	0.886	9468.7049	9468.7049
12	102	112	5208.1780	-0.492	5208.1731	5208.1731
13	103	104	3242.8690	-0.845	3242.8606	3242.8606
14	103	105	9407.6640	-0.074	9407.6633	9407.6633
15	103	106	9981.9420	2.862	9981.9706	9981.9706
16	103	107	5613.6410	0.179	5613.6428	5613.6428
17	103	112	4017.8300	1.800	4017.8480	4017.8480
18	104	105	6197.1750	1.220	6197.1872	6197.1872
19	104	106	7434.7790	-5.172	7434.7273	7434.7273
20	104	107	5065.0360	-0.377	5065.0322	5065.0322
21	104	108	11279.7450	1.004	11279.7550	11279.7550
22	104	112	6855.0470	-0.833	6855.0387	6855.0387
23	105	106	4872.4440	3.634	4872.4803	4872.4803
24	105	107	8201.7210	-1.972	8201.7013	8201.7013
25	105	108	11363.6400	-1.978	11363.6202	11363.6202
26	105	109	11929.9490	-1.153	11929.9375	11929.9375
27	105	112	12859.6450	0.820	12859.6532	12859.6532
28	106	107	5946.9360	1.212	5946.9481	5946.9481
29	106	108	6656.5300	1.471	6656.5447	6656.5447
30	106	109	7892.3380	-1.760	7892.3204	7892.3204
31	106	110	10733.4220	3.367	10733.4557	10733.4557
32	106	111	11447.7450	-0.027	11447.7447	11447.7447
33	107	108	6662.0490	-0.910	6662.0399	6662.0399
34	107	112	9404.7450	-1.534	9404.7297	9404.7297
35	108	109	7406.6720	2.467	7406.6967	7406.6967
36	108	110	8744.0740	-3.286	8744.0411	8744.0411
37	108	111	5910.1880	0.814	5910.1961	5910.1961
38	109	110	3022.3940	-1.073	3022.3833	3022.3833
39	109	111	7093.5160	-1.855	7093.4975	7093.4975
40	110	111	6106.4250	1.743	6106.4424	6106.4424

SIRA	DN	BN	ÖLÇ.DÜŞEY AÇI(G)	DÜZELTME(CC)	DENGELI AÇI(G)	KOOR.HES.AÇI(G)
41	101	105	93.73320	-16.26	93.70032	93.70032
42	101	103	95.29300	-20.22	95.26243	95.26243
43	101	112	92.61042	0.22	92.57565	92.57565
44	101	102	91.14868	6.74	91.13691	91.13691
45	101	104	96.96728	0.20	96.94593	96.94593
46	102	104	102.21619	-10.15	102.19481	102.19481
47	102	101	108.87563	-0.27	108.86316	108.86316
48	102	105	97.85632	15.00	97.81810	97.81810
49	102	103	98.79965	-8.70	98.77817	98.77817
50	102	112	93.48226	4.07	93.46002	93.46002
51	103	101	104.76404	21.43	104.73764	104.73764
52	103	104	104.97356	17.68	104.96123	104.96123
53	103	105	98.53646	14.55	98.49702	98.49702
54	103	102	101.24194	5.76	101.22190	101.22190
55	103	106	101.02865	5.35	100.98579	100.98579
56	104	107	95.69528	18.42	95.67510	95.67510
57	104	112	93.55915	-0.56	93.52929	93.52929
58	104	101	103.07673	-12.21	103.05414	103.05414
59	104	105	95.14798	-6.96	95.12034	95.12034
60	104	106	99.19685	-28.54	99.16167	99.16167
61	104	102	97.82660	-9.73	97.80526	97.80526
62	104	103	95.05542	-24.80	95.03884	95.03884
63	105	107	101.04920	11.65	101.01471	101.01471
64	105	106	104.95045	-32.18	104.92605	104.92605
65	105	103	101.54408	-1.26	101.50306	101.50306
66	105	104	104.90628	3.91	104.87973	104.87973
67	105	112	98.96140	3.61	98.90586	98.90586
68	105	102	102.22280	-11.07	102.18197	102.18197
69	105	101	106.32960	14.08	106.29975	106.29975
70	105	108	99.97450	-6.55	99.92444	99.92444
71	106	108	96.29315	24.75	96.26669	96.26669
72	106	112	97.33560	-0.58	97.27483	97.27483
73	106	103	99.05616	15.18	99.01428	99.01428
74	106	104	100.86771	30.09	100.83840	100.83840
75	106	109	97.71255	-6.94	97.67754	97.67754
76	106	105	95.09226	29.45	95.07402	95.07402
77	107	101	103.75019	-3.07	103.70658	103.70658
78	107	105	99.02015	8.69	98.98536	98.98536
79	107	106	102.66237	-30.73	102.63344	102.63344
80	107	104	104.34703	-0.41	104.32497	104.32497

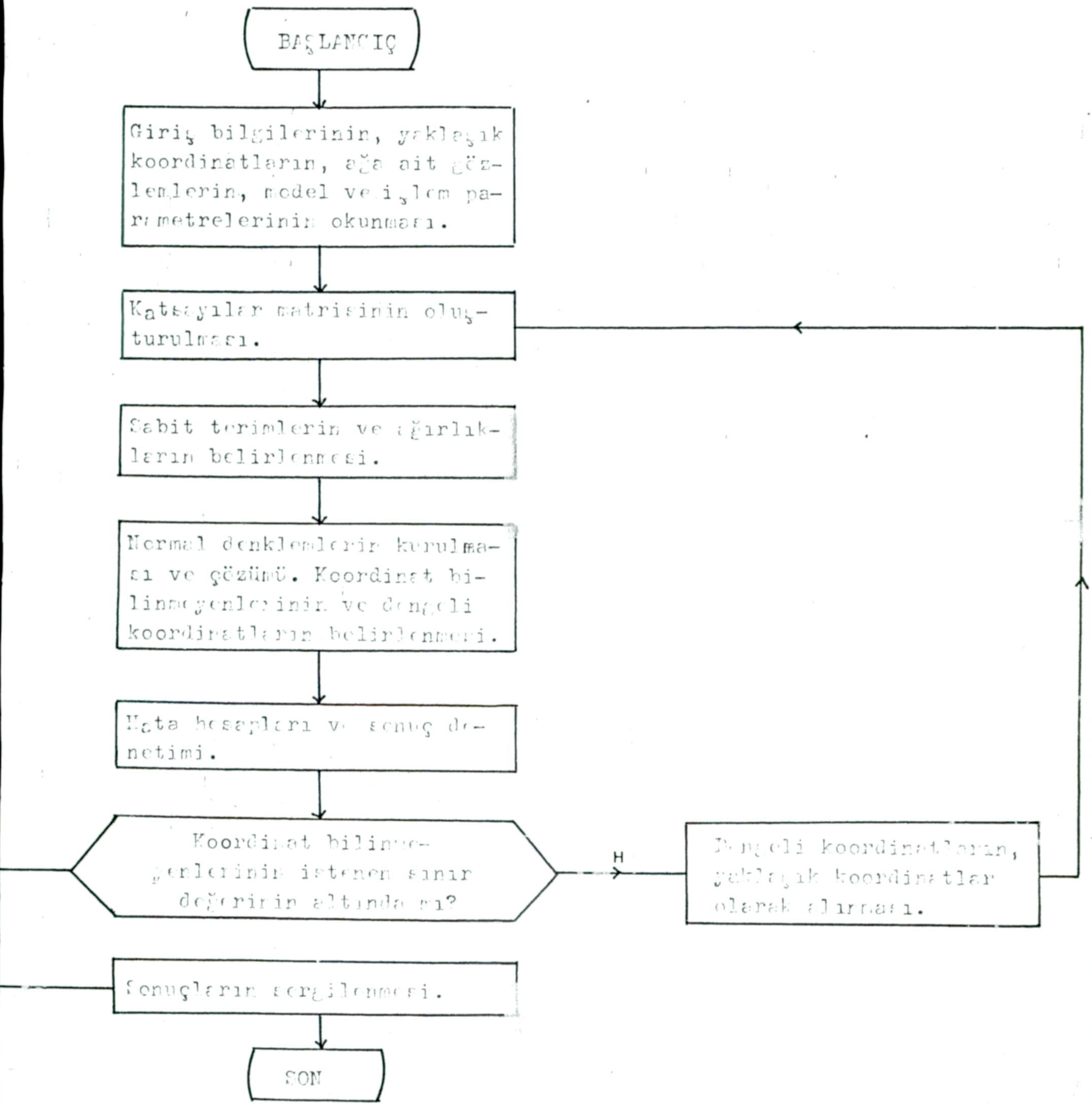
SIRA	DN	BN	ÖLÇ.DÜŞEY AÇI(G)	DÜZELTME(CC)	DENGELI AÇI(G)	KOOR.HES.AÇI(G)
81	107	108	98.65380	-29.70	98.62187	98.62187
82	108	105	100.12334	16.91	100.07563	100.07563
83	108	106	103.76449	-21.66	103.73339	103.73339
84	108	109	100.91239	-10.32	100.87916	100.87916
85	108	110	102.52898	5.27	102.49149	102.49149
86	108	107	101.40752	-3.53	101.37820	101.37820
87	108	111	94.78081	13.24	94.75644	94.75644
88	109	111	94.74316	-2.21	94.71210	94.71210
89	109	108	99.15256	5.53	99.12091	99.12091
90	109	107	100.27125	-0.92	100.21789	100.21789
91	109	106	102.35954	-27.02	102.32253	102.32253
92	109	110	105.07033	0.22	105.05721	105.05721
93	110	111	91.36405	-2.17	91.33729	91.33729
94	110	109	94.95609	-0.91	94.94286	94.94286
95	111	106	104.93063	-23.76	104.87849	104.87849
96	111	108	105.27230	-29.75	105.24363	105.24363
97	111	109	105.32050	-16.91	105.28797	105.28797
98	111	110	108.69060	-12.67	108.66279	108.66279
99	112	102	106.56400	-13.11	106.54005	106.54005
100	112	105	101.14899	11.33	101.09422	101.09422
101	112	101	107.45847	7.49	107.42442	107.42442
102	112	106	102.78648	-5.21	102.72524	102.72524
103	112	104	106.50018	4.01	106.47078	106.47078

** DENGELI KOORDINATLAR **

NOKTA NO	X	Y	Z
104	4493650.3684	559763.4632	572.7005
107	4490597.4944	563790.4088	916.5332
105	4498777.7089	563211.6963	1047.2500
101	4497089.5001	556259.5648	336.9841
102	4494478.8601	555155.7647	734.1663
103	4490830.3570	558182.3421	825.1616
106	4495645.3582	566924.8597	670.6052
108	4489995.9585	570423.6684	1060.7432
109	4495966.6608	574805.3814	958.4658
110	4494930.2420	577634.3589	718.6264
111	4489043.9762	576230.3880	1546.9933
112	4489342.8768	554476.3785	1268.2624

4.5. Akış Diyagramı

Bölüm (4.3) ve (4.4) anlatılan uygulamaların FORTRAN 77 dilinde yazılmış olan proğramların genel olarak akış diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



5. SONUÇ VE YAPILAN İŞLEMLERİN İRDELENMESİ

Yapılan teorik çalışma ve sayısal uygulamanın sonuçları özetle şöyle irdelenebilir;

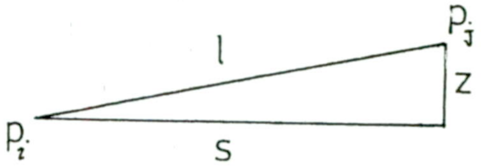
Eğik kenarlarla üç boyutlu dengeleme sonuçlarına bakıldığında, yükseklik hakkında elde edilen bilgilerin ortalama hatasının çok büyük olduğu görülmektedir. Burada yatay bilgilerle düşey konumu belirleme işlemine gidildiğinde böyle bir durum ortaya çıkmaktadır.

Bu da kısaca şöyle açıklanabilir;

L: Ölçülen eğik kenar

Z: Yükseklik

ise,



Ş.6

$$Z^2 = L^2 - S^2$$

Hata yayılma kuralı uygulanarak;

$$dZ = \frac{L}{Z} \cdot dL - \frac{S}{Z} \cdot dS$$

'S' hatasız kabul edilirse;

$$m_Z = \frac{L}{Z} \cdot m_L$$

olduğu açıkça görülmektedir. Gerçekten (L) çok büyük bir sayı, (Z) ise küçük olduğundan m_Z'nin büyük bir değere sahip olacağı kaçınılmazdır. Ayrıca iki dengeleme sonucunda elde edilen dengeli koordinatlar karşılaştırıldığında 'Z' konumlarındaki farklılık 'X, Y' konumlarındaki farklılıklardan daha büyük olduğu görülmektedir.

Yukarıda özet olarak açıklanan bilgilere ve elde edilen sonuçlara dayanarak, Eğik Kenarlarla Üç Boyutlu Ağ Dengelemesi her ne kadar teorik olarak mümkün görülürse de uygulamada iyi bir çalışma için yeteri derecede uygun olmadığı açıkça görülmektedir.

Bu nedenle Eğik Kenarlara dayanarak kurulan dengeleme modelin düşey açılarla desteklenmesi yoluna gidilmiştir. Burada kullanılan düşey açıların çok hassas ölçülmesi gerekmektedir. Açıların ortalama hatalarının küçük olması kurulacak olan düzeltme denklemlerinin ağırlıklarının büyük olmasını sağladığından, çok hassas ölçülmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada eğik kenar ve düşey açılarla yapılan dengeleme sonuçlarının çok daha sağlıklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yapılan sayısal uygulamada kenarların ortalama hataları $m_S= 5$ mm, açıların ortalama hatası $m_A= 12$ cc. olarak alınmıştır. Bunun sonucu olarak kenarların ağırlığı 1'e yakın olduğu yerde açılar için yazılan düzeltme denklemlerin ağırlıkları 0.0017 değerini almıştır.

Bu ağırlığı arttırarak düşey konumun ortalama hatasını küçültmek olası görülmektedir.

Genel olarak probleme bakıldığında yanlız eğik kenarlarla dengeleme yapılması tavsiye edilmediğinden, eğik kenar ve düşey açılarla yapılan işlem daha uygun görülmektedir.

K A Y N A K L A R

/1/ ATASOY, V. : Yerel Yöntemlerle Ölçülen Jeodezik Ağların Üç Boyutlu Dengelemesi. K.Ü. , F.B.E. Doktora Semineri, Trabzon-1986, (Yayımlanmadı)

/2/ BEKTAŞ, S. : Parça Parça Dengelenen Nirengi Ağlarının Birleştirilmesi. K.Ü., F.B.E. Yüksek Lisans Tezi, Trabzon -1986, (Yayımlanmadı)

/3/ GÜRKAN, O., DEMİREL, H. : Ağ Dengelemesinde Tanı Dengelemesinin İşlevleri, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği Bülteni, Mayıs 1986 , Sayı 14

/4/ ÖZTÜRK, E. : Dengeleme Hesabı Ders Notları, Trabzon -1983 (Yayımlanmadı)

/5/ RİNNER, V.K. : Geometrie Mit Raumstrecken Zeitschrift für Vermessungswesen, München - 1958, Sayfa 91

- ÖZ GEÇMİŞ

1960 yılında Tebriz'de doğdum. 1978 - 1979 döneminde Tebriz Necat Lisesini bitirdim. 1980 yılında yüksek öğrenim görmek için Türkiye've geldim. 1984 yılında K.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünü bitirdim. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü'nün programına kayıt oldum. Halen Yüksek Lisans Programına devam etmekteyim.