

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**YATAY KONTROL AĞLARINDA  
DEFORMASYON ANALİZİ**

**Aykut KESKİN  
060227011**

**Erhan TÜRKÜRER  
060227024**

**BİTİRME ÇALIŞMASI**

**KOCAELİ  
Mayıs, 2010**

**YATAY KONTROL AĞLARINDA  
DEFORMASYON ANALİZİ**

**Aykut KESKİN  
060227011**

**Erhan TÜRKÜNER  
060227024**

**BİTİRME ÇALIŞMASI**

**Danışman : Yrd. Doç. Dr. Orhan KURT  
Üye : Prof. Dr. Ergün ÖZTÜRK  
Üye : Prof. Dr. Haluk KONAK**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGE LİSTESİ .....	iii
KISALTIMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET .....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATEMATİK MODELİN KURULMASI ve TEST EDİLMESİ.....	4
2.1 Yatay Kontrol Ağlarında Matematik Modelin Oluşturulması.....	4
2.2 Serbest Ağlarının Dengelenmesi .....	5
2.3 Duyarlık Hesapları.....	6
2.4 Hata ve Güven elipslerinin Hesaplanması .....	7
2.5 Matematik Model Testi.....	8
2.6 Uyuşumsuz Ölçü Testi.....	8
3. DEFORMASYON ANALİZİ.....	9
3.1 Nokta kümeleri için Eşdeğerlik Testi .....	9
3.2 Deformasyon Varlığının Belirlenmesi.....	9
3.3 S-Dönüşümü .....	10
3.4 Eşdeğer Olmayan Noktaların Belirlenmesi .....	11
3.5 Deformasyon Büyüklüklerinin ve Elipslerinin Belirlenmesi .....	13
3.6 Jeodezik Deformasyon Ağlarının İzlenmesinde İşlem Adımları.....	13
4. SAYISAL UYGULAMA .....	15
5. SONUÇLAR.....	21
KAYNAKLAR.....	22
EKLER .....	23
Ek 1 Serbest Dengeleme Sonuçları .....	24
Ek 2 Tüm iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri .....	25
Ek 3 Kısmi iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri .....	26

## SİMGE LİSTESİ

$b$	Ağın boyut sayısı
$p$	Ağdaki nokta sayısı
$\underline{x}_S$	Ağırlık merkezi koordinatları
$u$	Bilinmeyen sayısı
$\underline{A}$	Bilinmeyenlerin katsayılar matrisi
$\underline{x}$	Bilinmeyenler vektörü
$m_0$	Birim ölçünün karesel ortalama hatası
$\underline{Q}_x$	Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi
$x_o$	Bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri
$a, b$	Büyük yarı eksen, küçük yarı eksen
$\underline{d}_B$	Hareketli nokta bileşenlerinin toplandığı alt vektör
$i, k$	Durulan (DN) ve bakılan (BN) noktalar
$v$	Düzeltilmeler
$d$	Deformasyon vektörü
$\underline{P}_{dd}$	Deformasyon vektörünün ağırlık matrisi
$\underline{Q}_{dd}$	Deformasyon vektörünün ter ağırlık matrisi
$\underline{Q}_{\bar{l}}$	Dengeli ölçülerin ters ağırlık matrisi
$\underline{Q}_v$	Düzeltilmelerin ters ağırlık matrisi
$\alpha_i$	$i$ . Noktaya ait hata elipsinin dönüklüğü
$s_0$	İki periyot arasındaki birim ölçünün ağırlıklı karesel ortalama hatası
$\sigma^2$	Kuramsal varyans
$c$	Normlandırma elemanı
$x''$	Normlandırılmış koordinatlar
$n$	Ölçü sayısı
$\underline{l}$	Ölçüler
$x_i$	Ötelenmiş koordinatlar
$\underline{d}_F$	Sabit nokta bileşenlerinin toplandığı alt vektör
$f$	Serbestlik derecesi
$T$	Test büyüklüğü
$w$	Yardımcı parametre

## KISALTMA LİSTESİ

BÖHBÜY	Büyük Ölçekli Haritaların Basım ve Üretim Yönetmeliği
DOM	Dilim Orta Meridyeni
KAF	Kuzey Anadolu Fay Hattı
KAFKA	Kuzey Anadolu Fay Hattı Kenar Ağı
KOÜ	Kocaeli Üniversitesi
UTM	Universal Transversal Mercator
2B	İki Boyutlu
vd.	Ve diğerleri

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
ŞEKİL 1 Tipik bir jeodezik deformasyon ağı örneği (Öztürk, vd., 1987). .....	1
ŞEKİL 2 Hata elipsi elemanları.....	7
ŞEKİL 3 Kenar ölçülerinden oluşan deformasyon ağı (Kurt, vd., 2007). .....	15
ŞEKİL 4 Serbest dengeleme sonucunda elde edilen 0. 1. 2. Periyotlarında tüm iz minimum çözümlerinin çizilmiş hata elipsleri. (ÜST:0.Periyotu, ORTA:1.Periyotu, ALT: 2. Periyotu göstermektedir.) .....	17
ŞEKİL 5 0. ve 1. periyotlar arasında %95 güvenirlikli deformasyon araştırması (ÜSTE) ve %95 güvenirlikli deformasyon miktarları ( ALTA). Bütün ağ noktalarını esas alan tüm iz minimum çözümü ile deformasyon varlığının grafik olarak belirlenmesi (ÜSTE) ve N1, N2, N3, N4, N5 noktalarını esas alan kısmi iz minimum çözümü ile deformasyon miktarlarının grafik gösterimi ( ALTA). .....	18
ŞEKİL 6 0. ve 2. periyotlar arasında %95 güvenirlikli deformasyon araştırması (ÜSTE) ve %95 güvenirlikli deformasyon miktarları ( ALTA). Bütün ağ noktalarını esas alan tüm iz minimum çözümü ile deformasyon varlığının grafik olarak belirlenmesi (ÜSTE) ve N1, N2, N3, N4, N5 noktalarını esas alan kısmi iz minimum çözümü ile deformasyon miktarlarının grafik gösterimi ( ALTA). .....	19

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
ÇİZELGE 1 Güven elipslerinin güven aralıkları ve güven bölgesini genişletme katsayıları. {(bF <sub>{α,b,f}</sub> ) <sup>1/2</sup> , α=:yanılma olasılığı, b=2:boyut, f=4 :serbestlik derecesi} .....	7
ÇİZELGE 2 Yaklaşık Koordinatlar (3° UTM ve DOM=30°) .....	15
ÇİZELGE 3 İki yıl aralıklı kenar ölçüleri. ....	16
ÇİZELGE 4 Matematik model testleri özet tablosu. ....	16

## ÖNSÖZ

Bu bitirme çalışmasında yatay kontrol ağlarında deformasyon analizinin teorik aşamaları gösterilmiş ve bu aşamalar bir yatay kenar ağı üzerinde uygulanmıştır. Koordinat bilinmeyenleri dışında bilinmeyenlerinde yer aldığı doğrultu-kenar ağlarında yada genişletilmiş model ile kurulan kenar ölçüleri yapılmış yatay kontrol ağlarında, deformasyon analizi yaparken ek bilinmeyenler indirgenir. Bu aşamadan sonraki işlem adımları bitirme çalışmasında işlendiği biçimde yapılmaktadır.

Bütün üniversite hayatımız boyunca ve özellikle de bitirme çalışmamız esnasında bizden yardımlarını esirgemeyen değerli hocamız sayın Yrd.Doç.Dr.Orhan KURT 'a sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Aykut KESKİN ve Erhan TÜRKÜRER

Mayıs 2010, Kocaeli



## ÖZET

Mesleğimizde, bir noktanın jeodezik ölçmeler ile en az iki farklı zamanda ölçülmüş konum vektörleri arasındaki fark vektörlerinin normu deformasyon olarak adlandırılır.

Deformasyon analizi aşamasında veriler olarak kullanılan koordinatların fonksiyonları olan ölçülerin güvenilirliği jeodezik kontrol ağları ile artırılır. Geometrik büyüklüklerdeki değişimleri izlemek için kontrol ağları kullanılır. Deformasyon araştırmasında, geçmişte önemli bir yer tutan yatay kontrol ağları günümüzde de halen önemini korumaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada yatay kenar ağları üzerinde deformasyon analizi aşamaları ve yorumlaması konularına değinilmiştir.

Bitirme çalışmasında deformasyon analizi aşaması grafik veriler üzerinden yapılmıştır. Bunun nedeni, deformasyon kuşkusu olan bölgelerde sistematik hareketlerin varlığının araştırılması olduğundan, sistematik etkiler en iyi grafik analizle görülebilmektedir. Bazı durumlarda bölgesel nokta hareketleri yada ölçü hataları nedeni ile deformasyon beklenmeyen noktalarda da deformasyon varmış gibi görülebilir. Bu kısımlar incelirken yakın noktalarda benzer hareketlerin varlığı, deformasyon büyüklüklerine ve yönlerine göre incelenmelidir. Deformasyon büyüklükleri ve yönleri rastlantısal özellik gösteriyor ise, bu noktada deformasyon varlığından şüphe duyulmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** Kenar Ağları, Serbest Dengeleme, S-Dönüşümü, Deformasyon Analizi.

## 1. GİRİŞ

Mesleğimizde, bir noktanın jeodezik ölçmeler ile en az iki farklı zamanda ölçülmüş konum vektörleri arasındaki fark vektörlerinin normu DEFORMASYON olarak adlandırılır.

$t_1$  ve  $t_2$  : İki farklı zaman

$P_j(t_1), P_j(t_2)$  : Her iki zamanda elde edilen konum vektörleri

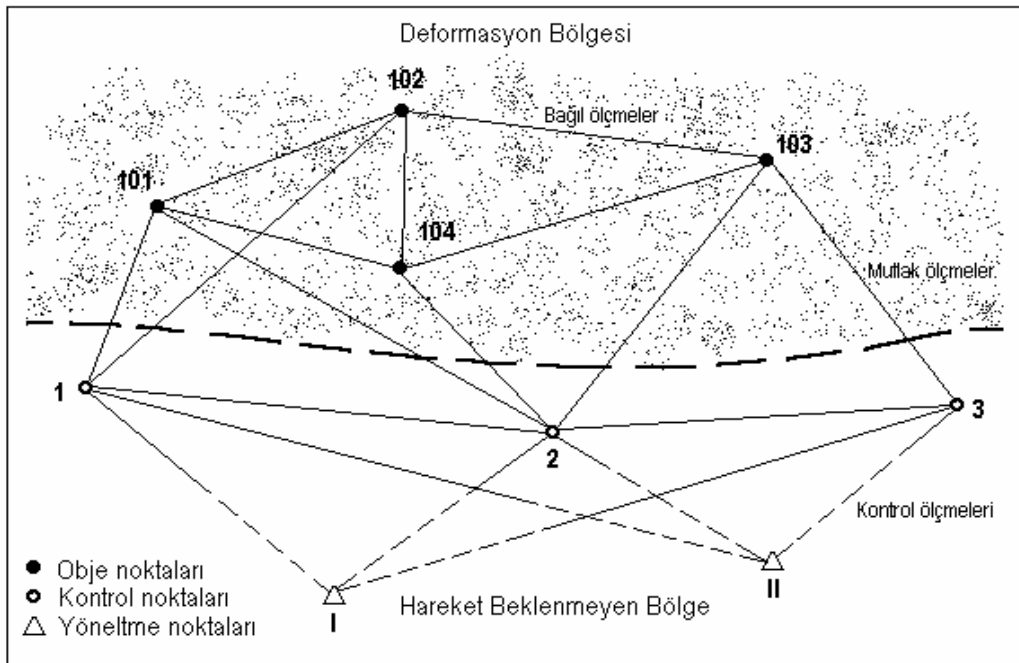
$d_j = \|P_j(t_2) - P_j(t_1)\|$  : Uzunluk vektörü (DEFORMASYON)

Genel anlamda üç deformasyon modeli vardır.

*1.STATİK DEFORMASYON MODELİ:* Deformasyon vektörlerinin zamandan ve etkiyen kuvvetlerden bağımsız olarak ele alınması ve ölçme anında konumu ölçülecek noktaların değişmediği kabul edilen modeldir.

*2.KİNEMATİK DEFORMASYON MODELİ:* Deformasyonların zamanın fonksiyonları olarak ya da ölçme anında konumu belirlenecek noktalarının konumlarının değiştiğinin varsayıldığı modeldir.

*3.DİNAMİK DEFORMASYON MODELİ:* Deformasyonların zamanın fonksiyonları olarak ya da ölçme anında konumu belirlenecek noktalarının konumlarının değiştiğinin varsayıldığı ve deformasyonu oluşturan kuvvetlerinde değerlendirildiği modeldir.



ŞEKİL 1 Tipik bir jeodezik deformasyon ağı örneği (Öztürk, vd., 1987).

Deformasyon araştırmasındaki veriler olan ölçüler FİZİKSEL ya da JODEZİK yöntemlerdir. Hem yapıda hem de çevredeki deformasyonları belirlemesine olanak sağlaması ve güvenilir olması nedeni ile jeodezik yöntemler daha yaygın uygulama alanı bulmaktadır.

Jeodezik yöntemler kullanılırken JEODEZİK AĞ YÖNTEMİ ya da DUYARLI NİRENGİ AĞI yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Jeodezik ağlar beklenen deformasyonun amacına göre düşey, yatay ya da üç boyutlu ağlar şeklin düzenlenir.

Söz konusu ağlar genellikle bölgesel olarak kurulmakta ve sağlam zemin tesisleri şeklinde kurulurlar. Bu tür ağlarda üç tür nokta grubu vardır.

*1.DEFORMASYON NOKTALARI (OBJE NOKTALARI):* Değişim beklenen noktalardır ve deformasyon bölgesinde amaca uygun olarak dağıtılırlar.

*2.SABİT NOKTALAR (REFERANS ya da KONTROL NOKTALARI):* Deformasyon beklenmeyen noktalar, deformasyon alanı dışına kurulan noktalardır.

*3.YÖNELTME NOKTALARI:* Objeye ve kontrol noktalarından oluşan ağın tümünü kontrol etmek amacıyla bu noktaların dışında sağlam zemine tesis edilen noktalardır (Şekil 1) (Öztürk, vd., 1987).

Ağın ilk konumunu belirlemek için yapılan ölçülere REFERANS ÖLÇÜSÜ ya da SIFIR ÖLÇÜSÜ denilmektedir. Diğer periyotlarda yapılan ölçüler de 1.ÖLÇME PERİYODU (ya da 2001 YILI ÖLÇÜLERİ) 2. ÖLÇME PERİYODU (2002 YILI ÖLÇÜLERİ) ....olarak adlandırılır. Teorik sınıflandırma sıfır ölçüsüne  $t_0$  diğerlerine de  $t_1, t_2, \dots$  ölçme periyotları denilmektedir (Öztürk, vd., 1987).

Jeodezik deformasyon belirleme yöntemlerinde; planlama, ölçme ve değerlendirme aşamalarında aşağıdaki maddelerin sağlanmasına özen gösterilmelidir.

Ölçme periyotları arasındaki zaman aralığı, deformasyonların hızına, büyüklüğüne ve yapıya etkiyen faktörlerin değişimine bağlı olarak belirlenmelidir.

Ağ noktaları ve ölçme planı; ağdan beklenen deformasyonları belirleyecek ve duyarlılık isteklerini sağlayacak şekilde OPTİMİZASYONLA belirlenmelidir.

Ölçme işlemlerinde kullanılan aletlerin çok hassas ve kontrolden geçmiş olmaları ve gözlemlerin çok iyi bir duyarlılıkla gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

Ölçme işlemleri daima aynı tarihlere denk gelmelidir.

Ağ noktaları ve ölçme planı mümkün olduğunca korunmalı, her periyottaki ölçme işlemleri aynı sırada gerçekleştirilmelidir.

Elde olmayan nedenlerle nokta sayısı ve/ya da ölçme planı korunamayabilir. Böyle durumlarda değerlendirmeye alınan ölçü periyotları arasında geçen süre içinde, yorumu yapılan ağdaki nokta sayısında herhangi bir değişiklik varsa I. DRERECE MULTİVARYAT yapı, ağın nokta sayısı aynı kalmakla birlikte ölçme planında bir değişiklik yapılmış ise II. DRERECE MULTİVARYAT yapı oluşmaktadır. Eğer ağın nokta sayısı ve ölçme planı tüm periyotlarda aynı kalıyorsa, ele alınan ağ UNİVARYAT özelliklidir denir.

Deformasyon analizinde, olabildiğince varsayımlardan kaçınılmalı ve bu ilkeye uygun olarak ağın datumu üzerinde varsayımlara olanak vermeyen ve ağın iç duyarlılığını gerçekçi biçimde yansıtan SERBEST AĞ DENGELMESİ yöntemi kullanılmalıdır.

Karşılaştırılacak olan iki periyoda ait veriler birlikte dengeleniyorsa ve bir noktaya ait iki grup dengeli koordinat bulunuyorsa MULTİVARYAT DENGEME, iki periyodun verileri ayrı ayrı dengeleniyorsa BİVARYAT DENGEME tanımları kullanılır.

Bitirme çalışmasının konusu yatay kontrol ağlarında deformasyon analizi olduğundan, önce yatay kontrol ağlarında matematik modelin oluşturulmasından bahsedilecektir. Daha sonra sırasıyla; serbest dengeleme, model testi, uyumsuz ölçüler testi ve deformasyon analizi konularından bahsedilecektir.

## 2. MATEMATİK MODELİN KURULMASI ve TEST EDİLMESİ

### 2.1 Yatay Kontrol Ağlarında Matematik Modelin Oluşturulması

Bitirme çalışmasında yatay deformasyon analizi üzerinde durulacaktır. Bu nedenle matematik modelin oluşturulması başlığı altında doğrultu ölçülerine göre daha basit olan kenar ölçülerinin matematik modeli üzerinden tartışılacaktır. Doğrultu ölçülerinin matematik modeli ile kenar ölçüleri karşılaştırıldığında; en önemli farkın yöneltme bilinmeyenlerinden kaynaklandığı kolayca görülmektedir. Bu olumsuz durum doğrultu ölçülerinin fonksiyonel modelindeki yöneltme bilinmeyenlerinin düzeltme denklemleri aşamasında indirgenmesi ile ortadan kaldırılabilir (Demirel, 1987). İndirgenmiş doğrultu ölçüleri ve kenar ölçüleri için serbest dengeleme ve deformasyon analizi kısımları benzer şekilde gerçekleştirilir. Doğrultu ölçüleri için kurulan düzeltme denklemlerinde yöneltme bilinmeyeninin indirgenmesi ile ilgili ayrıntılı bilgi (Öztürk ve Şerbetçi, 1989) kaynağından elde edilebilir.

Kenar ağlarının dengelenmesinde; ölçüler ile bilinmeyenler (nokta koordinatları) arasındaki fonksiyonel ilişki ve ölçülerin duyarlılıkları,

b	Ağın boyut sayısı
p	Ağdaki nokta sayısı
n	Ölçü sayısı
u	Bilinmeyen sayısı
i,k	Durulan (DN) ve bakılan (BN) noktalar

$$j=1,2,\dots,n$$

$$i,k=1,2,\dots,p \text{ ve } i \neq k$$

$$\bar{S}_j = \sqrt{(\bar{y}_k - \bar{y}_i)^2 + (\bar{x}_k - \bar{x}_i)^2} \quad \text{Fonksiyonel model} \quad (1a)$$

$$m_j = \pm(1.0 + 0.2\text{ppm}) = \pm(1.0 + 0.2 S_{ik}^{km}) \text{ mm} \quad \text{Stokastik model} \quad (1b)$$

Eşitlikleri ile elde edilir. Doğrusal olmayan fonksiyonel model bilinmeyenlerin yaklaşık değerlerine göre doğrusallaştırılır.

$$\begin{aligned} \bar{x}_i &= x_{i0} + x_i \\ \bar{y}_i &= y_{i0} + y_i \end{aligned} \quad \text{Dengeli bilinmeyenler} \quad (2a)$$

$$\bar{S}_i = S_j + v_j \quad \text{Dengeli ölçüler}$$

$$v_j = -a_{ik}x_i - b_{ik}y_i + a_{ik}x_k + b_{ik}y_k - (S_j - S_{j0}) \quad \text{Fonksiyonel model} \quad (2b)$$

$$a_{ik} = \frac{x_{k0} - x_{i0}}{S_{j0}}, \quad b_{ik} = \frac{y_{k0} - y_{i0}}{S_{j0}}, \quad S_{j0} = \sqrt{(y_{k0} - y_{i0})^2 + (x_{k0} - x_{i0})^2}$$

$$\sigma_0 = \pm 3.0 \text{mm} = \pm 0.3 \text{cm} \quad \text{10 km lik kenar ölçüsünün duyarlılığı}$$

$$p_j = \frac{\sigma_0^2}{m_j^2} \quad \text{j. ölçünün ağırlığı} \quad (2c)$$

Matematik model (1) ve (2) bağıntıları esas alınarak oluşturulur (Kurt, 2010).

## 2.2 Serbest Ağlarının Dengelenmesi

Ağa ait bütün noktaların koordinatlarının bilinmeyen seçildiği serbest ağ dengelemesinde normal denklemlerin katsayılar matrisinde rank bozukluğu oluşur. İki boyutlu doğrultu kenar ya da sadece kenar ağlarında rank bozukluğu 3 dür ve diferansiyel benzerlik dönüşümünde ötelemeler ile dönüklüğe karşılık gelir. Diferansiyel benzerlik dönüşümü katsayılar matrisi (3) bağıntısı ile elde edilir.

$$\underline{G}^T = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & \cdots & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & \cdots & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} \\ -y_1'' & x_1'' & -y_2'' & x_2'' & \cdots & -y_p'' & x_p'' \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$x_s = [x]/p, \quad y_s = [y]/p \quad \text{Ağırlık merkezinin koordinatları}$$

$$x_i^1 = x_i - x_s, \quad y_i^1 = y_i - y_s \quad \text{Ötelenmiş koordinatlar}$$

$$c = 1 / [(x_i^1)^2 + (y_i^1)^2]^{0.5} \quad \text{Normlandırma elemanı}$$

$$x_i'' = cx_i^1, \quad y_i'' = cy_i^1 \quad \text{Normlandırılmış koordinatlar}$$

Normal denklemlerin katsayılar matrisi (3) bağıntısı ile verilen matrisle aşağıdaki şekilde genişletilerek çözülür.

$$\underline{N} \underline{x} = \underline{n} \quad \text{Normal denklemler} \quad (4)$$

$$\underline{N} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{A}, \quad \underline{n} = \underline{A}^T \underline{P} \underline{\ell}$$

$$\underline{x} = \underline{N}^+ \underline{n} = \underline{Q}_x \underline{n} \quad \text{Dengeleme bilinmeyenleri} \quad (5)$$

$$\underline{Q}_x = \underline{N}^+ = (\underline{N} + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} - \underline{G} \underline{G}^T \quad \text{Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi} \quad (6)$$

$$\text{iz}\{\underline{Q}_x\} = \text{iz}\{\underline{N}^+\} = \min$$

$$\underline{v} = \underline{A} \underline{x} - \underline{\ell} \quad \text{Düzeltilmeler} \quad (7)$$

Bilinmeyenler ve dengeli ölçüler (2a) bağıntıları ile hesaplanır. Sonuç denetimleri (1a) bağıntısına göre gerçekleştirilir (Ek-1, Ek-2).

### 2.3 Duyarlık Hesapları

Bilinmeyenlerin, düzeltilmelerin, dengeli ölçülerin duyarlılıkları hesaplanır aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır.

$b = 2$	2B kenar ağlarında boyut
$p$	Ağdaki nokta sayısı
$n$	Ölçü sayısı
$u = b p$	2B kenar ağlarında bilinmeyen sayısı
$d = 3$	2B kenar ağlarında rank bozukluğu
$f = n - u + d$	Serbestlik derecesi

Birim kenara karşılık gelen birim ölçünün duyarlılığının soncul değeri hesaplanır.

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{\underline{v}^T \underline{P} \underline{v}}{f}} \quad \text{Birim ölçünün soncul duyarlılığı} \quad (8)$$

$$\underline{Q}_x = \underline{N}^+ = (\underline{N} + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} - \underline{G} \underline{G}^T \quad \text{Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi} \quad (6)$$

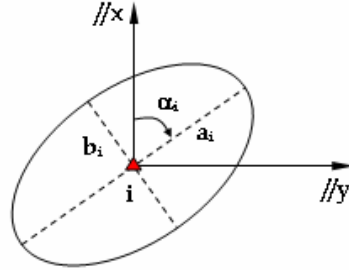
$$\underline{Q}_\ell = \underline{A} \underline{Q}_x \underline{A}^T \quad \text{Dengeli ölçülerin ters ağırlık matrisi} \quad (9)$$

$$\underline{Q}_v = \underline{P}^{-1} - \underline{Q}_\ell \quad \text{Düzeltilmelerin ters ağırlık matrisi} \quad (10)$$

Bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisleri hata elipslerinin hesaplanmasında kullanılırken, düzeltilmelerin ters ağırlık matrisi uyumsuz ölçüler testi aşamalarında kullanılır.

## 2.4 Hata ve Güven elipslerinin Hesaplanması

Ağın kalitesi hakkında bilgi veren hata elipsleri de (11) bağıntıları ile hesaplanır (ŞEKİL 1). Güven elipsleri hata elipslerinin ÇİZELGE 1 de verilen genişletme katsayıları yardımıyla elde edilir.



ŞEKİL 2 Hata elipsi elemanları.

$$(\underline{Q}_x)_i = \begin{bmatrix} q_{x_i x_i} & q_{x_i y_i} \\ q_{x_i y_i} & q_{y_i y_i} \end{bmatrix} \quad (11a)$$

$$w_i = \pm \sqrt{(q_{x_i x_i} - q_{y_i y_i})^2 + 4 q_{x_i y_i}^2} \quad a_i = \pm m_0 \sqrt{(q_{x_i x_i} + q_{y_i y_i} + w_i) / 2}$$

$$b_i = \pm m_0 \sqrt{(q_{x_i x_i} + q_{y_i y_i} - w_i) / 2} \quad \alpha_i = a \tan \{2 q_{x_i y_i} / (q_{x_i x_i} - q_{y_i y_i})\} / 2$$

Yada varyans-kovaryans matrisleri ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$(\underline{K}_x)_i = \begin{bmatrix} m_{x_i x_i} & m_{x_i y_i} \\ m_{x_i y_i} & m_{y_i y_i} \end{bmatrix} \quad (11b)$$

$$w_i = \pm \sqrt{(m_{x_i x_i} - m_{y_i y_i})^2 + 4 m_{x_i y_i}^2} \quad a_i = \pm \sqrt{(m_{x_i x_i} + m_{y_i y_i} + w_i) / 2}$$

$$b_i = \pm \sqrt{(m_{x_i x_i} + m_{y_i y_i} - w_i) / 2} \quad \alpha_i = a \tan \{2 m_{x_i y_i} / (m_{x_i x_i} - m_{y_i y_i})\} / 2$$

ÇİZELGE 1 Güven elipslerinin güven aralıkları ve güven bölgesini genişletme katsayıları.

{(bF<sub>{α,b,f}</sub>)<sup>1/2</sup>, α=:yanılma olasılığı, b=2:boyut, f=4 :serbestlik derecesi}

Güven aralığı (1-α)	%36	%50	%75	%95	%99
Çarpan	1.0000	1.2872	2.000	3.7267	6.000

Noktanın gerçek konumunun (11) bağıntıları ile hesaplanan hata elipslerinin içine düşme olasılığı 0.36 dır ve çarpanı 1.000 değerine karşılık gelir (ŞEKİL 2) (Kurt, 2010).



## 2.5 Matematik Model Testi

Stokastik model alet firması tarafından önerilen duyarlık bağıntısından yararlanarak belirlenen öncül standart sapma yada BÖHBÜY beklenen soncul standart sapmaya göre kurulmuş ise, serbest dengeleme aşamasında kurulan matematik model aşağıdaki gibi test edilir. Çalışmada alet firması tarafından önerilen duyarlık bağıntısı kullanıldığında (12) bağıntısı kullanılmıştır. Ayrıntılı bilgi için (Aksoy, 1987; Öztürk ve Şerbetçi, 1992) kaynağına bakınız.

$$P \left\{ \chi_{(\alpha, f)}^2 \leq T = f \frac{m_0^2}{\sigma_0^2} \leq \chi_{(1-\alpha, f)}^2 \right\} = 1 - \alpha \quad \text{Matematik model geçerli} \quad (12)$$

(12) bağıntısının sağlanmadığı, test büyüklüğünün yanılma olasılığı ( $\alpha$ ) alanına düştüğü durumlarda matematik model geçersizdir. Böyle bir durumda öncelikle stokastik model kontrol edilir ve yeniden düzenlenir. Düzenlenmiş stokastik model ile model testi tekrarlanır. Model testi hala geçersiz ise uyumsuz ölçüler testi uygulanır (Kurt, 2010).

## 2.6 Uyuşumsuz Ölçü Testi

Model testi öngörülen öncül bir değere göre gerçekleştirildiğinden, uyumsuz ölçüler testi de öngörülen bu öncül değer esas alınarak gerçekleştirilir.

$$P \left\{ T_i = \frac{|(\underline{P} \underline{v})_i|}{\sqrt{(\underline{P} \underline{\Sigma}_v \underline{P})_{ii}}} \leq Z_{(1-\alpha)} \right\} = 1 - \alpha \quad \text{i. ölçü uyumlu} \quad (13)$$

$$\underline{\Sigma}_v = \sigma_0^2 \underline{Q}_v \quad \text{Düzeltilmelerin kuramsal varyans-kovaryans mat.}$$

$$\underline{K}_v = m_0^2 \underline{Q}_v \quad \text{Düzeltilmelerin deneysel varyans-kovaryans mat.}$$

(13) bağıntısını sağlamayan ölçüler belirlenir. Kuşkulu uyumsuz ölçüler olarak adlandırılan bu ölçülerden test büyüklüğü en büyük olan ölçü gözlem planından çıkarılabilir, tekrarlanabilir yada sonuçlara etkisinin azaltılabilmesi için ölçünün ağırlığı değiştirtebilir. Bu işlem her bir periyotta uyumsuz ölçü kalmayıncaya kadar tekrar edilir (Kurt, 2010).

### 3. DEFORMASYON ANALİZİ

Bütün periyotlarda matematik modelin geçerliliği sağlandıktan sonra deformasyon analizi aşamasına geçilir.

*Ölçme Periyodu*

*Serbest Dengeleme Sonuçları*

$t_1$

$\bar{x}_1 \quad \underline{Q}_{x1} \quad m_{01}$

$t_2$

$\bar{x}_2 \quad \underline{Q}_{x2} \quad m_{02}$

Önce ağırlık ölçü periyotları arasında geçen zaman içinde konumu değişmeyen noktalar araştırılır. Sabit noktalar belirlendikten sonra bu noktalara ait koordinatlar ile oluşturulacak S-dönüşüm matrisi yardımı ile gerçekleştirilen datum dönüşümü sonucunda diğer hareketli noktalarda deformasyon olup olmadığı istatistik testler ile belirlenir.

#### 3.1 Nokta Kümeleri İçin Eşdeğerlik Testi

İki periyodun eşdeğerliği aşağıdaki testle gerçekleştirilir.

$$P\left\{T = \frac{m_{01}^2}{m_{02}^2} \leq F_{(f1, f2, 1-\alpha)}\right\} = 1 - \alpha \quad E\{m_{01}^2\} = E\{m_{02}^2\} = \sigma_0^2 \quad (14a)$$

$$P\left\{T = \frac{m_{01}^2}{m_{02}^2} > F_{(f1, f2, 1-\alpha)}\right\} = \alpha \quad E\{m_{01}^2\} \neq E\{m_{02}^2\} \quad (14b)$$

$H_0 : E\{m_{01}^2\} = E\{m_{02}^2\} = \sigma_0^2$  Yukarıdaki umut değer bağıntısı geçerli olduğu durumlarda aşağıdaki bağıntılar geçerlidir.

$H_A : E\{m_{01}^2\} \neq E\{m_{02}^2\}$  Nokta kümelerin eşdeğerliği herhangi bir periyodun kovaryansı ölçeklendirilerek sağlanır (Kurt, 2010).

#### 3.2 Deformasyon Varlığının Belirlenmesi

İki periyot arasında deformasyon olup olmadığı aşağıdaki  $\theta^2$  bağıntısı ile kontrol edilir.

$$P\left\{T = \frac{\underline{d}^T \underline{P}_d \underline{d}}{h s_0^2} \leq F_{(h, f1+f2, 1-\alpha)} | H_0\right\} = 1 - \alpha \quad E\{\underline{d}\} = \underline{0} \quad (15a)$$

$$\mathbf{P} \left\{ T = \frac{\underline{d}^T \underline{P}_d \underline{d}}{h s_0^2} > F_{(h, f_1 + f_2, 1 - \alpha)} | H_A \right\} = \alpha \quad E\{\underline{d}\} \neq \underline{0} \quad (15b)$$

$$\underline{d} = \bar{x}_2 - \bar{x}_1$$

Deformasyon vektörü

$$\underline{P}_d = \underline{Q}_d^+ = (\underline{Q}_{x_2} + \underline{Q}_{x_1})^+$$

Deformasyon vektörünün ağırlık matrisi

$$\underline{P}_d = \underline{Q}_d^+ = (\underline{Q}_d + \underline{G} \underline{G}^T)^{-1} - \underline{G} \underline{G}^T$$

$$h = \text{rang}\{\underline{P}_d\} = \text{rang}\{\underline{Q}_d^+\} = u - d$$

$$s_0^2 = \frac{f_1 m_{01}^2 + f_2 m_{02}^2}{f_1 + f_2}$$

$H_0$  :  $E\{\underline{d}\} = \underline{0}$  ağda deformasyon yoktur. Deformasyon analizi bu aşamada biter.

$H_A$  :  $E\{\underline{d}\} \neq \underline{0}$  ise ağda deformasyon vardır ve bir sonraki aşamaya geçilir.

(Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Kurt, 2010).

### 3.3 S-Dönüşümü

Serbest dengeleme ile yada herhangi bir zorlamasız dengeleme ile elde edilen bir jeodezik ağın herhangi bir datuma dönüştürülmesinde kullanılan benzerlik dönüşüm türünün adıdır. S-dönüşümü sonucunda ağın iç geometrisi değişmez sadece ağın diferansiyel datum parametreleri değiştirilmiş olur (Kurt, 2010).

D ve H indisleri sırasıyla datum belirleyen sabit noktaları ve hareket beklenen obje noktalarını temsil etmektedir.

$$\underline{d} = \begin{bmatrix} \underline{d}_D \\ \underline{d}_H \end{bmatrix} \quad \underline{Q}_d = \begin{bmatrix} \underline{Q}_D & \underline{Q}_{DH} \\ \underline{Q}_{HD} & \underline{Q}_H \end{bmatrix} \quad (16a)$$

$$\underline{P}_d = \underline{Q}_d^+ = \begin{bmatrix} \underline{P}_D & \underline{P}_{DH} \\ \underline{P}_{HD} & \underline{P}_H \end{bmatrix} \quad (16b)$$

Ağda bir kısım noktanın datum belirleyen nokta olarak düşünüldüğü durumlardaki S-dönüşüm matrisi (17) bağıntısına göre oluşturulur ve bu dönüşüm matrisi ile çarpılan vektör ve matrisler datum belirleyen noktalara göre kısmi olarak minimumlaştırılır.

$$\underline{S}_D = \underline{I} - \underline{G} (\underline{B}_D^T \underline{G})^{-1} \underline{B}_D^T \quad \underline{B}_D = \begin{bmatrix} \underline{I} \\ \underline{0} \end{bmatrix} \underline{G} = \begin{bmatrix} \underline{G}_D \\ \underline{0}_H \end{bmatrix} \quad (17)$$

S-Dönüşümü ağ sonuçlarına uygulanırsa datum belirleyen noktalarda  $\underline{x}_D^T \underline{x}_D \rightarrow \min$  ve eğer deformasyon vektörlerine uygulanırsa datum belirleyen noktalarda  $\underline{d}_D^T \underline{d}_D \rightarrow \min$  olur.

$$\underline{d}_K = \underline{S}_D \underline{d} \quad \underline{Q}_K = \underline{S}_D \underline{Q}_d \underline{S}_D^T \quad (18)$$

Burada  $\underline{d}$  ,  $\underline{Q}_d$  ; minimum sabitle yada serbest dengelene ile türetilmiş deformasyon vektörünü ve bunların ters ağırlık matrisini temsil etmektedir. Bütün noktaların datum belirleyen noktalar olarak seçilmesi durumunda ( $\underline{B}_D = \underline{G}$ ) S-dönüşüm matrisi tüm iz minimum dönüşür.

$$\underline{S} = \underline{I} - \underline{G} (\underline{G}^T \underline{G})^{-1} \underline{G}^T \quad \underline{x}^T \underline{x} \rightarrow \min \text{ yada } \underline{d}^T \underline{d} \rightarrow \min \quad (19)$$

S-dönüşümü ile ilgili ayrıntılı bilgi Demirel, 1987 ve genelleştirilmiş tersler ile ilgili ayrıntılı bilgi Koch, 1999 kaynağından elde edilebilir (Kurt, 2010).

### 3.4 Eşdeğer Olmayan Noktaların Belirlenmesi

Ağda deformasyon varlığı belirlendikten sonra (15b), ağda her iki periyot sonucundaki elde edilen koordinatların eşdeğerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu işlem her iki periyottaki koordinatların farklarından oluşan deformasyon vektörü üzerinden gerçekleştirilir.(Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Kurt, 2010).

Ağda deformasyon oluşan noktaları tek tek belirleyebilmek için  $\underline{d}$  fark vektörü ve onun ters ağırlık matrisi

$$\underline{d} = \begin{bmatrix} \underline{d}_B \\ \underline{d}_F \end{bmatrix} \quad \underline{Q}_{dd}^+ = \underline{P}_{dd} = \begin{bmatrix} \underline{P}_{BB} & \underline{P}_{BF} \\ \underline{P}_{FB} & \underline{P}_{FF} \end{bmatrix} \quad (20)$$

$\underline{d}_B$  Hareketli nokta bileşenlerinin toplandığı alt vektör

$\underline{d}_F$  Sabit nokta bileşenlerinin toplandığı alt vektör

alt matrislere ayrılır. Bu alt matrisler GAUSS eliminasyon yöntemi ile indirgenerek  $\underline{P}_{dd}$  matrisi köşegenleştirilir.

$$\bar{\underline{d}}_B = \{ \underline{d}_B + \underline{P}_{BB}^{-1} \underline{P}_{BF} \underline{d}_F \} \quad (21a)$$

$$\bar{\underline{P}}_{FF} = \underline{P}_{FF} - \underline{P}_{FB} \underline{P}_{BB}^{-1} \underline{P}_{BF} \quad (21b)$$

$$\underline{R} = \underline{d}^T \underline{P}_{dd} \underline{d} = \begin{bmatrix} \bar{\underline{d}}_B^T & \underline{d}_F^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{P}_{BB} & \underline{0} \\ \underline{0} & \bar{\underline{P}}_{FF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\underline{d}}_B \\ \underline{d}_F \end{bmatrix} = \bar{\underline{d}}_B^T \underline{P}_{BB} \bar{\underline{d}}_B + \underline{d}_F^T \bar{\underline{P}}_{FF} \underline{d}_F \quad (22)$$

Ağdaki bütün noktalar tek tek hareketli kabul edilerek her nokta için R değerleri hesaplanır (Kurt, 2010).

$$R_i = (\bar{\underline{d}}_B^T \underline{P}_{BB} \bar{\underline{d}}_B)_i \quad (i=1,2,\dots,p)$$

p Ağdaki nokta sayısı

Bunlardan toplam aykırılık R'deki payı en büyük olan

$$R_{\max} = \max(R_i) \quad (i=1,2,\dots,p)$$

noktada  $S=1-\alpha$  kadar bir güvenle deformasyon oluştuğuna karar verilir. Ağda başka deformasyon noktalarının olup olmadığı, koordinat fark vektörü  $\underline{d}$ 'ye ve bunun ters ağırlık matrisi  $\underline{Q}_{dd}$ 'ye bir S dönüşümü ile geriye kalan (p-1) adet nokta ile yeni datum verilir (Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Kurt, 2010).  $\underline{G}$  katsayılar matrisi geriye kalan noktaların ağırlık merkezine göre oluşturulur.

$$\underline{S}_i = \underline{I} - \underline{G}(\underline{B}_i^T \underline{G})^{-1} \underline{B}_i^T \quad \underline{G} = \begin{bmatrix} \underline{G}_F \\ \underline{G}_B \end{bmatrix} \quad \underline{B}_i = \begin{bmatrix} \underline{G}_F \\ \underline{0} \end{bmatrix}$$

$$\underline{d}_i = \begin{bmatrix} \underline{d}_D \\ \underline{d}_N \end{bmatrix} = \underline{S}_i \underline{d} = \underline{S}_i \begin{bmatrix} \underline{d}_F \\ \bar{\underline{d}}_B \end{bmatrix} \quad \underline{Q}_{d_i} = \underline{S}_i \underline{Q}_{dd} \underline{S}_i^T = \begin{bmatrix} \underline{Q}_{DD} & \underline{Q}_{DN} \\ \underline{Q}_{ND} & \underline{Q}_{NN} \end{bmatrix}$$

$$R_{\text{kalan}} = \underline{d}_D^T \underline{Q}_{DD}^+ \underline{d}_D$$

$$h_D = h - m$$

$R_{\text{kalan}}$ 'ın serbestlik derecesi.

m

Deformasyon noktalarının sayısı

$$P\{T = \underline{d}_D^T \underline{Q}_{DD}^+ \underline{d}_D / ms_0^2 \leq F_{\{h_D, f_1 + f_2, \alpha\}} | H_0\} = 1 - \alpha \quad \{\underline{d}_D\} = \underline{0}$$

Yeni eşdeğerlik testi sonucunda ağda deformasyon oluşan başka noktaların da bulunduğu ortaya çıkarsa, (i+1). belirleme adımına geçilir. Bu durumda S-dönüşümü aşamasından işlemler yinelenir. Ağda sabit kalan noktalar, deformasyonun belirlendiği noktalar ve

deformasyon büyüklükleri belirlenir (Öztürk ve Şerbetçi, 1992; Kurt, 2010) .

Uygulamada kullanılan ağ, yer kabuğu hareketi izleme amaçlı kurulduğundan hareket beklenen noktalar bilinmektedir. Uygulamada KAF (Kuzey Anadolu Fayı) ın güney bölümüne düşen 6, 7 ve 8 numaralı noktalarda hareket beklenmektedir.

Hareketli noktaların iyi bilindiği bu tür ağlar da bu aşama atlanarak bir sonraki aşamaya geçilebilir.

### 3.5 Deformasyon Büyüklüklerinin ve Elipslerinin Belirlenmesi

Hareketli olmayan noktalar belirlendikten sonra, bu noktalar datum belirleyen noktalar olarak seçilir ve bu noktalara göre kısmi iz minimum dönüşümü yapılır. Bu dönüşüm sonucunda elde edilen deformasyon vektörü  $\underline{d}$  ve bunların varyans kovaryans matrisleri kullanılarak deformasyon büyüklükleri ve deformasyon elipsleri aşağıdaki bağıntılar ile hesaplanır (Kurt, 2010).

$$\underline{d}_i = \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{bmatrix}_i \quad \text{i. noktanın deformasyon vektörü} \quad (23)$$

$$|\underline{d}_i| = \sqrt{\delta_{xi}^2 + \delta_{yi}^2} \quad \text{i. noktadaki deformasyon büyüklüğü}$$

$$\beta = \text{atan} \left\{ \frac{\delta_{yi}}{\delta_{xi}} \right\} \quad \text{i. noktadaki deformasyonun yönü}$$

Deformasyon elipsleri (11) bağıntıları kullanılarak deformasyon vektörü ve deformasyon vektörünün varyans-kovaryans matrisi yardımıyla hesaplanır (ŞEKİL 2).

$$\underline{d} \quad \text{Deformasyon vektörü}$$

$$\underline{K}_d = s_0^2 \underline{Q}_d = s_0^2 (\underline{Q}_{x2} + \underline{Q}_{x1}) \quad \text{Deformasyon vektörünün var.-kov. Matrisi}$$

### 3.6 Jeodezik Deformasyon Ağlarının İzlenmesinde İşlem Adımları

Planlama ve ölçme:

- Deformasyon kuşkusuz olan bölgede; deformasyon beklenmeyen bölgelere kontrol noktaları , deformasyon beklenen bölgelerde de yeterli sayıda obje noktaları tesis edilir.
- Tesis işlemi sırasında noktaların yerleri deformasyonun niteliğini belirleyebilecek nitelikte sağlam zeminlerde yapılmalıdır. Tesisi yapılan noktaların, kendi civarındaki yerel

deformasyonlardan mümkün olduğunca uzak kalmasına özen gösterilmelidir.

- Deformasyon ağı kullanılan ölçme yöntemine göre duyarlık ve güvenilirlik yönünden en uygun hale getirilir (Duyarlık ve güven optimizasyonu).
- Ölçme periyotları beklenen deformasyonun niteliğine göre seçilmelidir.
- Ölçme planı mümkün olduğunca korunmalı ve bütün periyot ölçüleri aynı atmosferik koşullar altında gerçekleştirilmeye çalışılmalıdır.

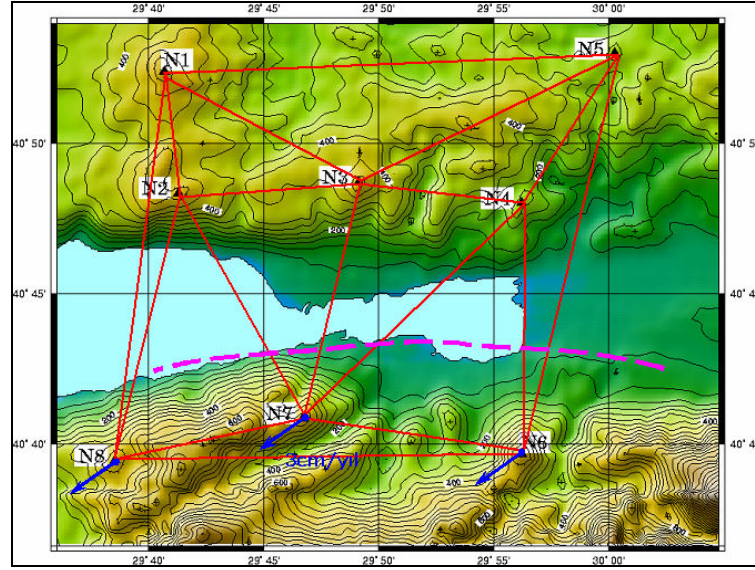
Deformasyon analizi aşağıdaki aşamalardan oluşur.

- *0. periyot* ölçüleri serbest olarak dengelenir. Model ve uyumsuz ölçüler testi yapılır. Geçerli matematik model ile bulunan serbest dengelenmiş *0. periyot* koordinatları bütün periyotlarda datum belirleyen koordinatlar olarak ele alınır.
- *k. periyot* serbest olarak dengelenir, model hataları ve uyumsuz ölçüler belirlenir ve giderilir.
- *0. periyot* ile *k. periyot*'ların eşdeğerliği sınanır. *0. periyot* ile eşdeğer olmayan periyotlar *0. periyot*'a stokastik olarak eşdeğer hale getirilir.
- İstatiksel olarak eşdeğer periyotlara da deformasyon varlığı araştırılır.
- Deformasyon varlığı belirlendikten sonra, deformasyon noktaları belirlenir.
- Deformasyon olmayan noktalara bağlı olarak kısmi iz minimum çözümü ile deformasyon miktarları hesaplanır.
- Deformasyon elipsleri ve deformasyon miktarları çizilir.

(Kurt, 2010).

#### 4. SAYISAL UYGULAMA

Sayısal uygulama bölümünde KAF (Kuzey Anadolu Fayı) ın kuzey (5 nokta) ve güneyine (3 nokta) düşen bir kenar ağında 2 yıl aralıklı olarak ölçülen 3 periyotluk kenar ölçülerinin deformasyon analizi aşamaları gösterilmiştir. Söz konusu ağın nokta dağılımı ve ölçme planı öngörülen deformasyon büyüklükleri ile birlikte ŞEKİL 3 de gösterilmektedir (Kurt, vd., 2007; Kurt, 2010).



ŞEKİL 3 Kenar ölçülerinden oluşan deformasyon ağı (Kurt, vd., 2007).

Söz konusu ağ bitirme çalışmasında KAFKA (Kuzey Anadolu Fayı Kenar Ağı) kısaltması ile temsil edilecektir. KAFKA'nın yaklaşık nokta koordinatları ÇİZELGE 2 de verilmektedir. Bu ağda 2 yıl aralıklı olarak gerçekleştirilen kenar ölçüleri de ÇİZELGE 3 de verilmiştir (ÇİZELGE 2 ve ÇİZELGE 3).

ÇİZELGE 2 Yaklaşık Koordinatlar (3° UTM ve DOM=30°)

NN	x [m]	y [m]	H <sub>ort</sub> [m]
N1	4526560.25	472860.21	575.52
N2	4519064.99	473691.09	512.75
N3	4519717.48	484730.38	509.24
N4	4518411.90	494664.12	253.77
N5	4527620.88	500369.41	334.85
N6	4502961.03	494662.71	562.93
N7	4505182.66	481274.52	524.14
N8	4502606.11	469745.96	531.89



Bütün periyotlarda serbest ağ dengelemesi yapılmış ve matematik model test edilmiştir. Periyotların hepsinde matematik modeller geçerli çıkmıştır (ÇİZELGE 4)ve ŞEKİL 4 de serbest dengeleme sonucunda (11) bağıntıları ile hesaplanan hata elipsleri gösterilmektedir (ŞEKİL 4 ve Ek 1).

ÇİZELGE 3 İki yıl aralıklı kenar ölçüleri.

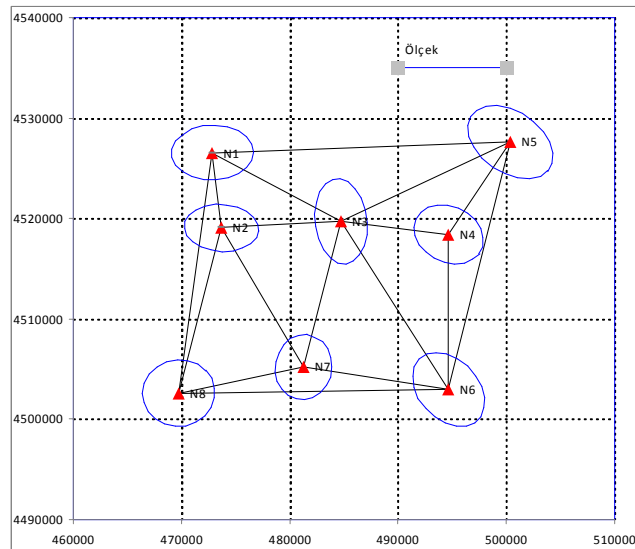
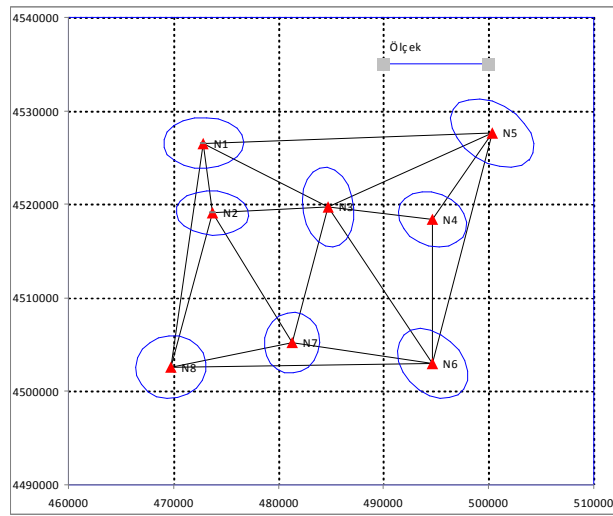
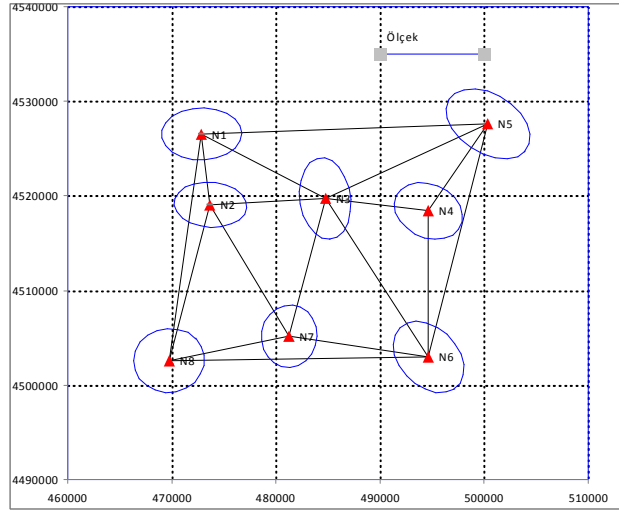
SN	DN	BN	0.YIL	2.YIL	4.YIL
1	N1	N2	7541.17797	7541.17441	7541.17400
2	N1	N3	13701.25834	13701.24944	13701.26021
3	N1	N5	27529.63665	27529.63993	27529.64082
4	N1	N8	24155.72851	24155.76373	24155.76890
5	N2	N3	11058.56366	11058.55736	11058.55457
6	N2	N7	15818.58247	15818.59101	15818.58557
7	N2	N8	16925.09499	16925.13138	16925.12816
8	N3	N4	10019.16929	10019.17304	10019.17489
9	N3	N5	17522.64050	17522.64882	17522.64535
10	N3	N7	14940.01669	14940.04574	14940.05076
11	N4	N5	10833.08795	10833.08883	10833.08402
12	N4	N6	15450.87412	15450.90182	15450.90401
13	N4	N7	18822.70131	18822.75927	18822.74849
14	N5	N6	25311.55177	25311.58878	25311.58517
15	N6	N7	13571.26657	13571.26717	13571.26743
16	N6	N8	24919.27695	24919.27398	24919.28124
17	N7	N8	11812.97134	11812.96954	11812.96795

Serbest dengeleme aşamasında öncül değer alet firması tarafından verilen  $m_s = \pm(1+0.2\text{ppm})$  bağıntısından yararlanılarak 10km kenar uzunluğuna karşılık gelen birim ölçünün öncül duyarlığı  $\sigma_0 = 0.3\text{cm}$  olarak hesaplanmıştır. Her bir periyotta elde edilen birim ölçünün soncul değeri bu öncül değere göre test edilmiştir (ÇİZELGE 4).

ÇİZELGE 4 Matematik model testleri özet tablosu.

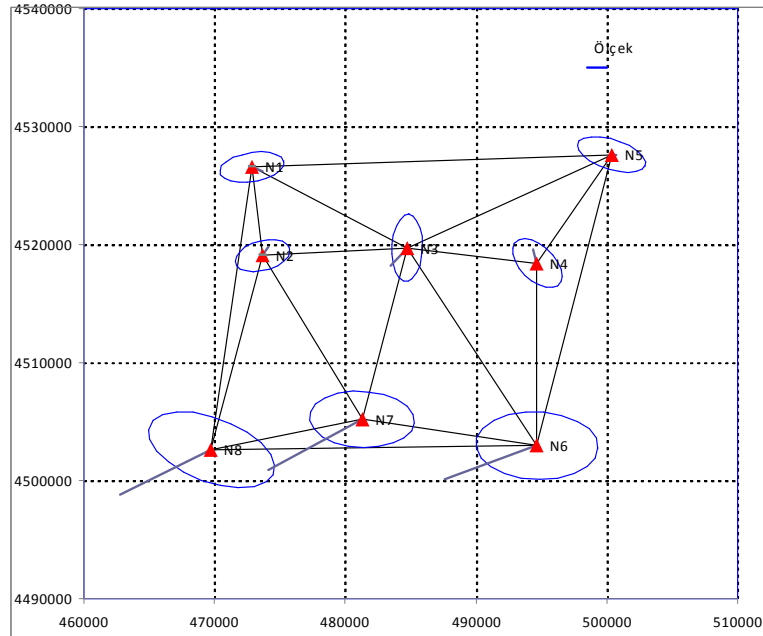
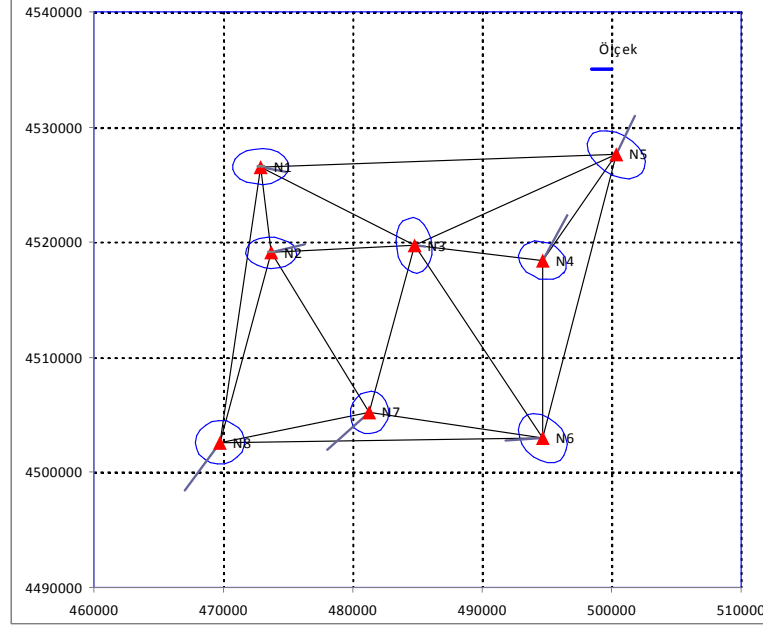
Periyot	Yıl	$m_0[\text{cm}]$	f	$\chi^2_{\{\alpha, f\}}$	$>T=f(m_0/\sigma_0)^2>$	$\chi^2_{\{1-\alpha, f\}}$
0	0	0.328	4	9.488	4.619	0.711
1	2	0.325	4	9.488	4.686	0.711
2	4	0.322	4	9.488	4.787	0.711

ÇİZELGE 4'de görüldüğü üzere test büyüklükleri sınır değerlerin arasında kalmaktadır ve Matematik Model geçerlidir.

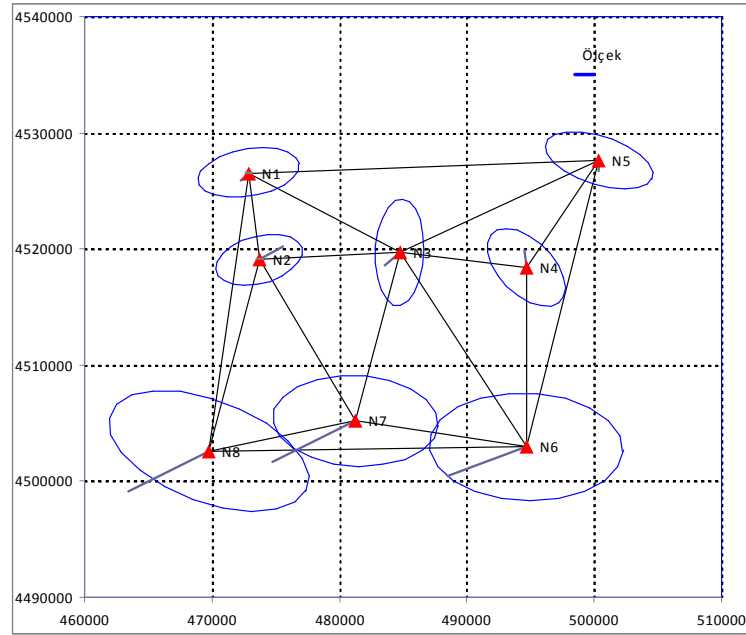
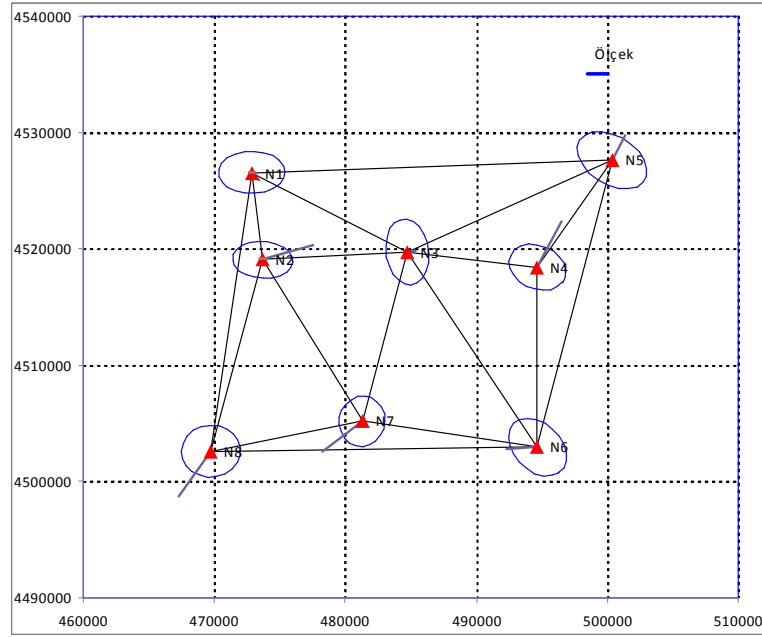


ŞEKİL 4 Serbest dengeleme sonucunda elde edilen 0. 1. 2. Periyotlarında tüm iz minimum çözümlerinin çizilmiş hata elipsleri. (ÜST:0.Periyotu, ORTA:1.Periyotu, ALT: 2. Periyotu göstermektedir.)

ŞEKİL 4'te bütün periyot ölçülerinin serbest dengeleme sonuçlarının hata elipsleri üzerinden gösterilmiştir. Periyotların eşdeğer oldukları ŞEKİL 4 üzerinden kolayca görülmektedir. Bunun nedeni her bir periyotta ölçme planının aynı kalması ve her bir periyotun soncul birim ölçü duyarlıklarının aynı bir öncül değere (0.3cm) eşdeğer olmasından kaynaklanmaktadır (ÇİZELGE 4).



ŞEKİL 5 0. ve 1. periyotlar arasında %95 güvenirlilikli deformasyon araştırması (ÜSTE) ve %95 güvenirlilikli deformasyon miktarları ( ALTA). Bütün ağ noktalarını esas alan tüm iz minimum çözümü ile deformasyon varlığının grafik olarak belirlenmesi (ÜSTE) ve N1, N2, N3, N4, N5 noktalarını esas alan kısmi iz minimum çözümü ile deformasyon miktarlarının grafik gösterimi ( ALTA).



ŞEKİL 6 0. ve 2. periyotlar arasında %95 güvenilirlikli deformasyon araştırması (ÜSTE) ve %95 güvenilirlikli deformasyon miktarları ( ALTA). Bütün ağ noktalarını esas alan tüm iz minimum çözümü ile deformasyon varlığının grafik olarak belirlenmesi (ÜSTE) ve N1, N2, N3, N4, N5 noktalarını esas alan kısmi iz minimum çözümü ile deformasyon miktarlarının grafik gösterimi ( ALTA).

ŞEKİL 5; 5 0.-1. periyotlar arasındaki ve ŞEKİL 6; 0.-2. periyotlar arasındaki %95 güvenilirlikle deformasyon varlığının belirlenmesini ve bu periyotlar arasında oluşan %95 güvenilirlikli deformasyon büyüklüklerini göstermektedir (ŞEKİL 5 ve 6). ŞEKİL 5 ve 6 da üste yer alan şekillerde deformasyon vektörlerinin bazıları güven elipslerinin dışına taşmıştır. Bu durum

her iki periyot arasında deformasyon olduğunu göstermektedir. Hareketli ve sabit noktaların iyi bilindiği uygulama ağında N1, N2, N3, N4, N5 noktalarını esas alan kısmi iz minimum çözümlü S-dönüşümü ile yapılmıştır (ŞEKİL 5 ve 6). ŞEKİL 5 ve 6 da alta yer alan şekillerde %95 güvenilirlikli deformasyon büyüklükleri görölmektedir. %95 güvenilirlikli deformasyon büyüklükleri deformasyon elipslerinin dışına taşan kısımlardır.

## 5. SONUÇLAR

Bitirme çalışmasında 2B yatay kontrol ağlarında deformasyon analizi işlem aşamaları teorik olarak anlatılmış ve bir sayısal örnek üzerinde uygulama yapılmıştır. Kullanılan sayısal örnek 2B kenar ağları üzerinden seçilmiştir. Bunun nedeni deformasyon analizinin koordinat bilinmeyenleri ve bunların varyans-kovaryans matrislerinden yararlanarak gerçekleştirilmesidir. Kenar ağlarında bilinmeyen parametreler sadece koordinat bilinmeyenleri iken, doğrultu-kenar ağlarında bilinmeyenler arasında yöneltme bilinmeyenleri de yer almaktadır. Eğer doğrultu-kenar ağlarındaki yöneltme bilinmeyenleri indirgenirse, geriye koordinat bilinmeyenleri kalır ve bu aşamadan sonraki işlem adımları kenar ağlarındaki deformasyon analizine benzer hale dönüşür.

Deformasyon varlığının araştırılmasında hata ve güven elipsleri üzerinden grafik deformasyon analizi tercih edilmiştir. Bunun nedeni uygulama bölümündeki sayısal örnekten açıkça görülebilir. Deformasyon kuşkusu olan bölgelerde sistematik bir hareketin varlığının araştırılması gerektiğinden, bu durum en iyi grafik analizle sağlanabilmektedir. Şöyle ki, bazı durumlarda bölgesel nokta hareketleri yada ölçü hataları nedeni ile deformasyon beklenmeyen noktalarda da deformasyon varmış gibi görülebilir. Bu kısımlar incelerken yakın noktalarda benzer hareketlerin varlığı deformasyon büyüklüklerine ve yönlerine göre incelenmelidir. Deformasyon büyüklükleri ve yönleri rastlantısal özellik gösteriyor ise, bu noktada deformasyon varlığında şüphe duyulmalıdır.

Deformasyon kuşkusunun kesimleştirilebilmesi için bulunan bulguların diğer kaynaklar ile desteklenmesi ve en az üç yada daha fazla periyotta ölçü tekrarı yapılması gerekmektedir.

**KAYNAKLAR**

- AKSOY, Ahmet, (1987), “Jeodezik Değerlerin Matematik–İstatistik Testlerle İrdelenmesi”, TMMOB, HKMO, Türkiye I.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s.559-593, 23-27 Şubat, Ankara.
- DEMİREL, Hüseyin, (1987), “S–Transformasyonu ve Deformasyon Analizi”, TMMOB, HKMO, Türkiye I.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s.593–609, 23-27 Şubat, Ankara.
- KOCH, Karl-Rudolf (1999), Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models, Springer-Verlag Berlin Heidelberg Newyork, ISBN-540-65257-4.
- KURT, Orhan, İNCE, Cankut D., KONAK, Haluk, ÇEPNİ ve Murat S. (2007), Monitoring of Crustal Movements By Using Kalman Filter, International Earthquake Symposium Kocaeli 2007.
- KURT, Orhan, (2010), Deformasyon Analizi, Ders Notları, KOÜ, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kocaeli.
- ÖZTÜRK, Ergün, ATASOY, Veysel, BEKTAŞ, Sabahattin, KARAHAN, Zeki ve UYSAL, K., (1987), Akyazı-Dokurcun Vadisinde Kurulan Jeodezik Ağda Yatay Kabuk Hareketlerinin Araştırılması, TMMOB, HKMO, Türkiye I.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, s.293-304, 23-27 Şubat, Ankara.
- ÖZTÜRK, Ergün ve ŞERBETÇİ, Muzaffer (1989), Dengeleme Hesabı, Cilt II, KTÜ, MMF, Genel Yayın No:144, Fakülte Yayın No:40, Trabzon.
- ÖZTÜRK, Ergün ve ŞERBETÇİ, Muzaffer (1992), Dengeleme Hesabı, Cilt III, KTÜ, MMF, Genel Yayın No:144, Fakülte Yayın No:40, Trabzon.

**EKLER**

- Ek 1 Serbest dengeleme sonuçları.  
Ek 2 Tüm iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri.  
Ek 3 Kısmi iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri.



## Ek 1 Serbest Dengeleme Sonuçları

0.,1. ve 2. periyotlarda elde edilen katsayılar matrisi, ötelenmiş gözlemler ve ağırlık vektörü.

A															$l_0$ [cm]	$l_1$ [cm]	$l_2$ [cm]	P	
0.99	-0.11	-0.99	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.14	0.18	1.43	
0.50	-0.87	0.00	0.00	-0.50	0.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.34	-0.73	0.64	
-0.04	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.23	0.19	0.10	0.21	
0.99	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.99	-0.13	-0.32	3.72	3.20	0.26
0.00	0.00	-0.06	-1.00	0.06	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74	-0.17	0.11	0.87	
0.00	0.00	0.88	-0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.88	0.48	0.00	0.17	0.48	1.03	0.52	
0.00	0.00	0.97	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.97	-0.23	0.17	3.49	3.81	0.47
0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	-0.99	-0.13	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.68	0.49	1.00	
0.00	0.00	0.00	0.00	-0.45	-0.89	0.00	0.00	0.45	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.17	0.31	0.66	0.44	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.97	-0.23	0.00	0.46	3.87	3.37	0.57	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.85	-0.53	0.85	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.29	0.77	0.90	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	3.39	3.18	0.54	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.70	-0.71	0.00	-0.25	4.47	5.54	0.40	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	0.23	-0.97	-0.23	0.00	0.00	0.00	0.05	3.39	3.75	0.24	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.16	0.99	0.16	-0.99	0.00	0.02	0.10	0.08	0.65	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.00	0.00	0.00	-0.01	-1.00	-0.07	0.36	-0.37	0.25
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.98	-0.22	-0.98	-0.06	-0.40	-0.24	0.80

0., 1 ve 2. periyotlar da ters ağırlık matrisi.

$Q_{xx}$															
0.71	0.01	0.29	-0.24	-0.17	-0.27	-0.20	-0.20	-0.15	-0.30	-0.29	0.37	-0.17	0.25	-0.01	0.38
0.01	1.39	-0.20	-0.15	-0.71	0.05	0.34	-0.10	0.55	-0.29	0.48	-0.26	-0.31	-0.30	-0.15	-0.34
0.29	-0.20	0.54	-0.05	-0.11	-0.16	-0.24	-0.10	-0.13	-0.30	-0.30	0.29	-0.06	0.19	0.02	0.33
-0.24	-0.15	-0.05	1.13	-0.16	0.30	0.02	0.10	0.42	-0.41	0.14	-0.33	-0.24	-0.24	0.10	-0.40
-0.17	-0.71	-0.11	-0.16	1.73	-0.13	-0.31	-0.15	-0.71	0.46	-0.56	0.11	0.57	0.21	-0.42	0.37
-0.27	0.05	-0.16	0.30	-0.13	0.57	0.03	0.35	0.45	-0.19	0.19	-0.39	-0.03	-0.30	-0.10	-0.39
-0.20	0.34	-0.24	0.02	-0.31	0.03	0.84	-0.19	-0.07	0.55	0.35	-0.26	-0.20	-0.20	-0.17	-0.29
-0.20	-0.10	-0.10	0.10	-0.15	0.35	-0.19	1.00	0.58	-0.33	0.06	-0.38	0.07	-0.27	-0.06	-0.37
-0.15	0.55	-0.13	0.42	-0.71	0.45	-0.07	0.58	1.29	-0.54	0.02	-0.46	-0.38	-0.38	0.12	-0.62
-0.30	-0.29	-0.30	-0.41	0.46	-0.19	0.55	-0.33	-0.54	1.50	0.43	-0.14	0.20	-0.12	-0.51	-0.02
-0.29	0.48	-0.30	0.14	-0.56	0.19	0.35	0.06	0.02	0.43	1.32	-0.40	-0.35	-0.41	-0.19	-0.50
0.37	-0.26	0.29	-0.33	0.11	-0.39	-0.26	-0.38	-0.46	-0.14	-0.40	1.07	-0.03	0.28	0.38	0.16
-0.17	-0.31	-0.06	-0.24	0.57	-0.03	-0.20	0.07	-0.38	0.20	-0.35	-0.03	1.01	0.03	-0.42	0.31
0.25	-0.30	0.19	-0.24	0.21	-0.30	-0.20	-0.27	-0.38	-0.12	-0.41	0.28	0.03	0.66	0.30	0.29
-0.01	-0.15	0.02	0.10	-0.42	-0.10	-0.17	-0.06	0.12	-0.51	-0.19	0.38	-0.42	0.30	1.07	0.03
0.38	-0.34	0.33	-0.40	0.37	-0.39	-0.29	-0.37	-0.62	-0.02	-0.50	0.16	0.31	0.29	0.03	1.07

## Ek 2 Tüm iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri

a) 0. ve 1. periyotlar arasında deformasyon büyüklükleri

$Q_{dd}$															$d[cm]$	
1.42	0.03	0.58	-0.47	-0.35	-0.54	-0.40	-0.41	-0.31	-0.59	-0.57	0.73	-0.35	0.50	-0.03	0.75	0.04
0.03	2.77	-0.41	-0.30	-1.42	0.11	0.68	-0.19	1.09	-0.58	0.96	-0.53	-0.63	-0.60	-0.29	-0.69	1.27
0.58	-0.41	1.07	-0.10	-0.23	-0.31	-0.48	-0.21	-0.26	-0.59	-0.61	0.58	-0.13	0.38	0.04	0.66	0.39
-0.47	-0.30	-0.10	2.27	-0.32	0.61	0.03	0.21	0.84	-0.83	0.28	-0.67	-0.47	-0.48	0.20	-0.81	1.23
-0.35	-1.42	-0.23	-0.32	3.45	-0.25	-0.63	-0.30	-1.42	0.92	-1.13	0.22	1.13	0.42	-0.84	0.74	0.40
-0.54	0.11	-0.31	0.61	-0.25	1.14	0.07	0.70	0.91	-0.38	0.39	-0.78	-0.05	-0.61	-0.20	-0.79	0.67
-0.40	0.68	-0.48	0.03	-0.63	0.07	1.68	-0.38	-0.13	1.10	0.70	-0.52	-0.39	-0.39	-0.35	-0.58	2.26
-0.41	-0.19	-0.21	0.21	-0.30	0.70	-0.38	2.00	1.16	-0.67	0.11	-0.76	0.13	-0.54	-0.12	-0.74	1.34
-0.31	1.09	-0.26	0.84	-1.42	0.91	-0.13	1.16	2.58	-1.08	0.04	-0.93	-0.75	-0.77	0.25	-1.23	2.51
-0.59	-0.58	-0.59	-0.83	0.92	-0.38	1.10	-0.67	-1.08	3.00	0.86	-0.28	0.40	-0.24	-1.01	-0.03	0.96
-0.57	0.96	-0.61	0.28	-1.13	0.39	0.70	0.11	0.04	0.86	2.64	-0.79	-0.70	-0.81	-0.37	-1.00	-0.57
0.73	-0.53	0.58	-0.67	0.22	-0.78	-0.52	-0.76	-0.93	-0.28	-0.79	2.14	-0.06	0.56	0.76	0.33	-1.79
-0.35	-0.63	-0.13	-0.47	1.13	-0.05	-0.39	0.13	-0.75	0.40	-0.70	-0.06	2.02	0.06	-0.84	0.61	-2.18
0.50	-0.60	0.38	-0.48	0.42	-0.61	-0.39	-0.54	-0.77	-0.24	-0.81	0.56	0.06	1.32	0.60	0.58	-2.04
-0.03	-0.29	0.04	0.20	-0.84	-0.20	-0.35	-0.12	0.25	-1.01	-0.37	0.76	-0.84	0.60	2.14	0.06	-2.85
0.75	-0.69	0.66	-0.81	0.74	-0.79	-0.58	-0.74	-1.23	-0.03	-1.00	0.33	0.61	0.58	0.06	2.15	-1.64

b) 0. ve 2. periyotlar arasında deformasyon büyüklükleri.

$Q_{dd}$															$d[cm]$	
1.42	0.03	0.58	-0.47	-0.35	-0.54	-0.40	-0.41	-0.31	-0.59	-0.57	0.73	-0.35	0.50	-0.03	0.75	0.22
0.03	2.77	-0.41	-0.30	-1.42	0.11	0.68	-0.19	1.09	-0.58	0.96	-0.53	-0.63	-0.60	-0.29	-0.69	0.22
0.58	-0.41	1.07	-0.10	-0.23	-0.31	-0.48	-0.21	-0.26	-0.59	-0.61	0.58	-0.13	0.38	0.04	0.66	0.55
-0.47	-0.30	-0.10	2.27	-0.32	0.61	0.03	0.21	0.84	-0.83	0.28	-0.67	-0.47	-0.48	0.20	-0.81	1.57
-0.35	-1.42	-0.23	-0.32	3.45	-0.25	-0.63	-0.30	-1.42	0.92	-1.13	0.22	1.13	0.42	-0.84	0.74	0.98
-0.54	0.11	-0.31	0.61	-0.25	1.14	0.07	0.70	0.91	-0.38	0.39	-0.78	-0.05	-0.61	-0.20	-0.79	0.69
-0.40	0.68	-0.48	0.03	-0.63	0.07	1.68	-0.38	-0.13	1.10	0.70	-0.52	-0.39	-0.39	-0.35	-0.58	1.91
-0.41	-0.19	-0.21	0.21	-0.30	0.70	-0.38	2.00	1.16	-0.67	0.11	-0.76	0.13	-0.54	-0.12	-0.74	1.35
-0.31	1.09	-0.26	0.84	-1.42	0.91	-0.13	1.16	2.58	-1.08	0.04	-0.93	-0.75	-0.77	0.25	-1.23	1.89
-0.59	-0.58	-0.59	-0.83	0.92	-0.38	1.10	-0.67	-1.08	3.00	0.86	-0.28	0.40	-0.24	-1.01	-0.03	0.68
-0.57	0.96	-0.61	0.28	-1.13	0.39	0.70	0.11	0.04	0.86	2.64	-0.79	-0.70	-0.81	-0.37	-1.00	-1.05
0.73	-0.53	0.58	-0.67	0.22	-0.78	-0.52	-0.76	-0.93	-0.28	-0.79	2.14	-0.06	0.56	0.76	0.33	-1.38
-0.35	-0.63	-0.13	-0.47	1.13	-0.05	-0.39	0.13	-0.75	0.40	-0.70	-0.06	2.02	0.06	-0.84	0.61	-1.81
0.50	-0.60	0.38	-0.48	0.42	-0.61	-0.39	-0.54	-0.77	-0.24	-0.81	0.56	0.06	1.32	0.60	0.58	-1.77
-0.03	-0.29	0.04	0.20	-0.84	-0.20	-0.35	-0.12	0.25	-1.01	-0.37	0.76	-0.84	0.60	2.14	0.06	-2.69
0.75	-0.69	0.66	-0.81	0.74	-0.79	-0.58	-0.74	-1.23	-0.03	-1.00	0.33	0.61	0.58	0.06	2.15	-1.35

### Ek 3 Kısmi iz minimum çözümü sonucunda elde edilen deformasyon büyüklükleri

a) 0. ve 1. periyotlar arasında deformasyon büyüklükleri.

$Q_{kk}$																$d_k[cm]$
0.69	0.36	0.05	0.12	-0.97	0.05	-0.24	0.22	0.47	-0.75	-0.07	-0.16	-0.43	-0.19	0.38	-0.33	-0.27
0.36	2.41	-0.10	-0.67	-1.29	-0.31	0.36	-0.58	0.67	-0.86	0.42	-0.56	-0.52	-0.64	0.23	-0.76	0.53
0.05	-0.10	0.74	0.37	-0.77	0.17	-0.38	0.29	0.35	-0.73	-0.17	-0.50	-0.12	-0.49	0.64	-0.61	0.48
0.12	-0.67	0.37	1.75	0.04	0.05	-0.42	-0.33	-0.12	-0.80	-0.39	0.06	-0.31	0.10	0.51	-0.03	0.29
-0.97	-1.29	-0.77	0.04	3.21	0.11	-0.40	0.10	-1.07	1.04	-0.58	0.97	1.06	1.10	-1.15	1.44	-1.01
0.05	-0.31	0.17	0.05	0.11	0.56	-0.35	0.12	0.02	-0.42	-0.25	-0.16	0.13	-0.13	0.15	-0.13	-0.84
-0.24	0.36	-0.38	-0.42	-0.40	-0.35	1.70	-0.80	-0.68	1.21	1.03	0.28	-0.14	0.22	-0.43	0.28	0.81
0.22	-0.58	0.29	-0.33	0.10	0.12	-0.80	1.43	0.20	-0.63	-0.54	0.05	0.32	0.11	0.16	0.12	-0.21
0.47	0.67	0.35	-0.12	-1.07	0.02	-0.68	0.20	0.93	-0.77	-0.20	-0.59	-0.37	-0.64	0.55	-0.79	-0.02
-0.75	-0.86	-0.73	-0.80	1.04	-0.42	1.21	-0.63	-0.77	2.71	0.76	0.60	0.38	0.56	-1.04	0.81	0.23
-0.07	0.42	-0.17	-0.39	-0.58	-0.25	1.03	-0.54	-0.20	0.76	3.27	-0.24	-0.12	-0.45	-0.11	-0.39	-1.90
-0.16	-0.56	-0.50	0.06	0.97	-0.16	0.28	0.05	-0.59	0.60	-0.24	8.73	-0.43	6.35	-1.94	7.20	-4.69
-0.43	-0.52	-0.12	-0.31	1.06	0.13	-0.14	0.32	-0.37	0.38	-0.12	-0.43	2.31	-0.25	-0.29	0.14	-2.83
-0.19	-0.64	-0.49	0.10	1.10	-0.13	0.22	0.11	-0.64	0.56	-0.45	6.35	-0.25	6.41	-1.69	6.62	-4.76
0.38	0.23	0.64	0.51	-1.15	0.15	-0.43	0.16	0.55	-1.04	-0.11	-1.94	-0.29	-1.69	4.11	-2.89	-2.51
-0.33	-0.76	-0.61	-0.03	1.44	-0.13	0.28	0.12	-0.79	0.81	-0.39	7.20	0.14	6.62	-2.89	9.31	-4.61

b) 0. ve 2. periyotlar arasında deformasyon büyüklükleri.

$Q_{kk}$																$d_k[cm]$
1.37	0.72	0.11	0.24	-1.94	0.10	-0.49	0.43	0.94	-1.50	-0.15	-0.31	-0.87	-0.37	0.76	-0.65	-0.43
0.72	4.83	-0.20	-1.34	-2.58	-0.62	0.71	-1.16	1.35	-1.72	0.84	-1.11	-1.04	-1.29	0.45	-1.52	-0.38
0.11	-0.20	1.48	0.75	-1.53	0.33	-0.76	0.57	0.70	-1.45	-0.35	-1.00	-0.23	-0.98	1.29	-1.21	0.79
0.24	-1.34	0.75	3.49	0.08	0.11	-0.84	-0.67	-0.24	-1.60	-0.78	0.13	-0.62	0.21	1.01	-0.06	1.27
-1.94	-2.58	-1.53	0.08	6.41	0.22	-0.80	0.21	-2.15	2.07	-1.15	1.94	2.12	2.20	-2.30	2.88	-0.75
0.10	-0.62	0.33	0.11	0.22	1.11	-0.69	0.24	0.04	-0.84	-0.50	-0.32	0.27	-0.25	0.29	-0.27	-0.81
-0.49	0.71	-0.76	-0.84	-0.80	-0.69	3.39	-1.61	-1.35	2.42	2.06	0.55	-0.27	0.43	-0.86	0.56	1.02
0.43	-1.16	0.57	-0.67	0.21	0.24	-1.61	2.86	0.40	-1.27	-1.08	0.10	0.64	0.22	0.33	0.24	-0.09
0.94	1.35	0.70	-0.24	-2.15	0.04	-1.35	0.40	1.86	-1.55	-0.41	-1.18	-0.75	-1.28	1.11	-1.57	-0.63
-1.50	-1.72	-1.45	-1.60	2.07	-0.84	2.42	-1.27	-1.55	5.42	1.52	1.20	0.76	1.11	-2.09	1.62	0.01
-0.15	0.84	-0.35	-0.78	-1.15	-0.50	2.06	-1.08	-0.41	1.52	6.55	-0.48	-0.24	-0.90	-0.23	-0.78	-1.70
-0.31	-1.11	-1.00	0.13	1.94	-0.32	0.55	0.10	-1.18	1.20	-0.48	17.45	-0.87	12.70	-3.87	14.39	-4.10
-0.87	-1.04	-0.23	-0.62	2.12	0.27	-0.27	0.64	-0.75	0.76	-0.24	-0.87	4.62	-0.50	-0.58	0.28	-2.34
-0.37	-1.29	-0.98	0.21	2.20	-0.25	0.43	0.22	-1.28	1.11	-0.90	12.70	-0.50	12.82	-3.37	13.24	-4.33
0.76	0.45	1.29	1.01	-2.30	0.29	-0.86	0.33	1.11	-2.09	-0.23	-3.87	-0.58	-3.37	8.23	-5.79	-2.31
-0.65	-1.52	-1.21	-0.06	2.88	-0.27	0.56	0.24	-1.57	1.62	-0.78	14.39	0.28	13.24	-5.79	18.62	-4.18

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı ve Soyadı	Erhan TÜRKÜRER	
Doğum tarihi	03.06.1989	
Doğum yeri	Manchester / İngiltere	
Lise	2005 - 2006	Eyüboğlu Koleji
	2003 - 2005	Kalamış Lisesi
Lisans	2006-2010	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü

**Akademik ve Mesleki Deneyimler**

2008-2008	TÜBİTAK Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü (20gün)
2009-2009	MARMARAY CR1 Projesi (30gün)

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı ve Soyadı	Aykut KESKİN	
Doğum tarihi	02.09.1989	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	2003 - 2006	Nevzat Ayaz Lisesi
Lisans	2006-2010	Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü

**Akademik ve Mesleki Deneyimler**

2008-2008	Kuzey Mühendislik (24gün)
2009-2009	Ümraniye Belediyesi İmar Bürosu(30gün)