

2183

FOTOGRAMETRİK VE FOTOGRAMETRİK OLMAYAN
ÖLÇMELERİN
BİRLİKTE DEĞERLENDİRİLMESİ
VE
UYGULAMASI

(DOKTORA TEZİ)

Yük.Müh. Sıtkı KÜLÜR

Tezin Fen Bilimleri Ens. Verildiği Tarih : 5 Temmuz 1985
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ekim 1985

Doktorayı Yöneten Öğretim Üyesi : Prof. Mustafa AYTAÇ
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr.Tahsin TOKMANOĞLU
: Doç.Dr. M.Orhan ALTAN

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
İNŞAAT FAKÜLTESİ MATBAASI

1985

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ZUSAMMENFASSUNG	vii
GÖSTERİLİMLER	xii
 BÖLÜM I	
1- GİRİŞ VE AMAÇ	1
 BÖLÜM II	
2- FOTOGRAMETRİK NOKTA BELİRLEMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	3
2.1. Şeritlerle Dengeleme	4
2.2. Bağımsız Modellerle Dengeleme	4
2.3. Işın Demetleri ile Dengeleme	5
 BÖLÜM III	
3- FOTOGRAMETRİK VE FOTOGRAMETRİK OLMAYAN ÖLÇMELERİN ORTAK DENGELENMESİ	7
3.1. Bu Konuda Yapılan Çalışmalar	8
 BÖLÜM IV	
4- MATEMATİK İLKELER	11
4.1. Matematik Model	11
4.2. Fotogrametrik Ölçmeler İçin Kurulan Denklemler	12
4.2.1. Ölçülen Resim Koordinatları İçin Kurulan Denklemler	12
4.2.2. Ölçülen Cisim Nokta Koordinatları İçin Kurulan Denklemler	15
4.2.3. Ölçülen Dış Yöneltilme Parametreleri İçin Kurulan Denklemler	16
4.3. Fotogrametrik Olmayan Ölçmeler İçin Kurulan Denklemler	18

	<u>Sayfa</u>
4.3.1. Ölçülen Boylar İçin Kurulan Denklemler	18
4.3.2. Ölçülen Yatay Açılar İçin Kurulan Denklemler	20
4.3.3. Ölçülen Yükseklik Farkları İçin Kurulan Denklemler	21
4.4. Fotogrametrik ve Fotogrametrik Olmayan Denklemlerin Biraraya Getirilmesi ve Çözümü	22
4.5. Dengeleme Öncesi (a priori) Ağırlık Matrislerinin Saptanması	28
4.5.1. Fotogrametrik Ölçmelerin Ağırlık Matrisleri	28
4.5.1.1. Resim Ölçmeleri İçin Ağırlık Matrisleri	28
4.5.1.2. Geçiş Noktaları İçin Ağırlık Matrisleri	29
4.5.1.3. Dış Yöneltilme Parametreleri İçin Ağırlık Matrisleri	30
4.5.2. Fotogrametrik Olmayan Ölçmelerin Ağırlıkları	31
4.6. Kullanılan Bilgisayar Programı	32
BÖLÜM V	
5. UYGULAMA	36
5.1. Gramastetten Test Bloku	36
5.1.1. Hava Fotogrametrisi İçin Uygulama	
5.2. Yersel Fotogrametri İçin Uygulama	45
BÖLÜM VI	
6. SONUÇLAR	55
KAYNAKLAR	57
EK	62
TEŞEKKÜR	
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Topoğrafik amaçlı çalışmalarda ve mühendislik uygulamalarında, diğer ölçme yöntemlerine göre üstün niteliklere sahip olması nedeni ile geniş bir uygulama alanı bulan fotogrametrik ölçme yöntemleri, gelişen teknoloji ile paralel olarak hızla ilerlemektedir.

Bilgisayar destekli değerlendirme aletleri yardımıyla en karışık fotogrametri problemleri çözülebilmekte ve kurulan matematik modeller hata araştırmaları ile en uygun biçime getirilmektedir.

Bu çalışmada, fotogrametrik nokta belirlemede fotogrametrik olmayan bağımsız ölçmelerin (jeodezik ölçmeler) dengeleme hesabına kapsatılması ile, koordinatları belirlenecek noktaların konum ve yükseklik incelikleri, hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametri için ayrı ayrı incelenmiştir.

Bölüm II de fotogrametrik nokta belirlemede kullanılan yöntemler özellikleri ile açıklanmış ve bunların birbirlerine göre olan üstünlükleri anlatılmıştır.

Jeodezik ölçmelerin fotogrametrik ölçmelerden ayrı olarak yapılması, hatasız ve korelasyonsuz olarak veya jeodezik ağ dengelemesinden elde edilen varyans-kovaryans matrisleri ile dengelemeye alınması ve bunların sonucu ortaya birçok sorun çıkmaktadır. Bu sorunların ortaya çıkardığı aksaklıklar, fotogrametrik nokta belirlemede jeodezik ölçmelerinde dengeleme hesabına kapsatılarak ortak dengeleme yapma zorunluğunu doğurmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalar özellikleri ile açıklanmış olup amaçları belirtilmiştir.

Bölüm IV de farklı türlerdeki ölçmelerin birbirleri ile olan ilişkilerini sağlayacak bağıntıların kurulmasını esas alan matematik model açıklanmaktadır. Bu bağıntılar, fotogrametrik ve fotogrametrik olmayan denklemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Fotogrametrik denklemler ölçülen re-

sim koordinatları, yer noktaları ve dış yöneltme parametreleri için kurulan denklemlerden oluşmaktadır ve aşağıdaki gibidirler:

$$\underline{VR} + \underline{B} \cdot \underline{\Delta F} + \underline{A} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{LR}$$

Resim ölçmeleri için kurulan denklemler,

$$\underline{VD} - \underline{\Delta F} = \underline{LD}$$

Dış yöneltme parametreleri için kurulan denklemler,

$$\underline{VK} - \underline{\Delta G} = \underline{LK}$$

Yer noktaları için kurulan denklemler.

Burada,

$\underline{VR}, \underline{VD}, \underline{VK}$ → düzeltme vektörleri,
 $\underline{B}, \underline{A}$ → katsayılar matrisleri,
 $\underline{\Delta F}$ → bilinmeyen dış yöneltme parametreleri vektörü
 $\underline{\Delta G}$ → bilinmeyen cisim nokta koordinat vektörü
 $\underline{LR}, \underline{LD}, \underline{LK}$ → sabit terim vektörleridir.

Fotogrametrik olmayan denklemler (jeodezik denklemler) ise ölçülen boylar, ölçülen yatay açılar ve yükseklik farkları için kurulan denklemlerden oluşmaktadır ve aşağıdaki gibidirler:

$$\underline{V}_s + \underline{G}_s \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_s$$

Ölçülen boylar için

$$\underline{V}_\beta + \underline{G}_\beta \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_\beta$$

Ölçülen yatay açılar için

$$\underline{V}_{\Delta h} + \underline{G}_{\Delta h} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_{\Delta h}$$

Ölçülen yükseklik farkları için kurulan denklemlerdir.

Burada,

$\underline{V}_s, \underline{V}_\beta, \underline{V}_{\Delta h} \rightarrow$ Düzeltme vektörleri

$\underline{G}_s, \underline{G}_\beta, \underline{G}_{\Delta h} \rightarrow$ Katsayılar matrisleri,

$\underline{\Delta G} \rightarrow$ Bilinmiyen cisim nokta koordinat vektörü

$\underline{L}_s, \underline{L}_\beta, \underline{L}_{\Delta h} \rightarrow$ Sabit terim vektörleridir.

Dengelemeye katılan tüm ölçmeleri dengeleme öncesi karesel ortalama hataları belirlenmiş olup, bu değerler ile $P_i = m_0^2 / m_i^2$ bağıntısına göre her bir ölçmenin dengeleme hesabı içindeki ağırlığı saptanmaktadır. Bu çalışmada, sistem içerisinde en çok kullanılan ölçme resim ölçmesi olduğundan bunların "a priori karesel ortalama hatası" birim ağırlığın karesel ortalama hatası olarak kabul edilmekte ve diğer ölçme gruplarının ağırlıkları da buna göre saptanmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \underline{VR} \\ \underline{VD} \\ \underline{VK} \\ \underline{VG} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{B} & \underline{A} \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & \underline{G} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{\Delta F} \\ \underline{\Delta G} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{LR} \\ \underline{LD} \\ \underline{LK} \\ \underline{LG} \end{bmatrix}$$

$$\underline{V} + \underline{C} \cdot \underline{\Delta} = \underline{L}$$

Yukarıdaki biçimde biraraya getirilen fotogrametrik ve fotogrametrik olmayan denklemler, en-küçük kareler yöntemine göre çözülerek indirgenmiş normal denklemlerden bilinmiyen dış yöneltme elemanları hesaplanır ve daha sonra hesaplanan bu değerler ile yer noktalarının bilinmiyen koordinatları elde edilir.

Amaca uygun olarak düzenlenen bilgisayar programı FORTRAN IV dilinde kodlanmış olup çalıştırılması İ.T.Ü. Ayazağa Bilgi İşlem Merkezindeki IBM 4341 bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Giriş bilgilerine bağlı olarak program yalnızca fotogra-

metrik ölçmeleri veya jeodezik ve fotogrametrik ölçmeleri beraberce en küçük kareler yöntemine göre dengeleyebilmektedir.

Çalışmanın uygulama bölümü iki ayrı bölüm olarak ele alınmıştır. Birinci bölümde hava üçgenlemesi, ikinci bölümde de yersel fotogrametri için hazırlanan bilgisayar programı denenmiştir. Hava üçgenlemesi için Gramastetten test alanında oluşturulan küme üzerinde yapılan resim koordinat ölçmeleri/1/, bu kez jeodezik ölçmelerin "a priori karesel ortalama hataları" ile dengelemeye verilmesi ile dengelenmiştir. Jeodezik ölçmeler farklı sayı ve türde hesaba sokularak, ortaya çıkan kombinasyonlar incelenmiştir.

Uygulamanın ikinci bölümünde ise yersel fotogrametriye ait bir çalışma/2/ jeodezik ölçmeler ile dengelenmiş ve farklı sayıda geçiş noktası ile resim çekme konumlarında jeodezik ölçmelerin, noktaların konum ve yükseklik inceliklerine etkileri incelenmiş ve /2/'ye göre olan artma veya eksilme değerleri % olarak belirlenmiştir.

DIE GEMEINSAME BEHANDLUNG DER PHOTOGRAMMETRISCHEN UND NICHT PHOTOGRAMMETRISCHEN MESSUNGEN UND IHRE ANWENDUNG

Die photogrammetrische Messmethoden finden heute wegen ihrer Überlegenheit gegenüber den anderen Messmethoden ein umfangreiches Anwendungsgebiet.

Die zustande kommende Probleme können mit Hilfe der Computer unterstützen Auswertegeräte in kurzer Zeit mit grosser Genauigkeit gelöst werden.

In dieser vorgelegten Arbeit werden die Lage und Höhengengenauigkeiten der photogrammetrisch bestimmten Objektpunkte nach der Einbeziehung der unabhängigen geodätischen Messungen in die Ausgleichungsrechnung untersucht. Die Untersuchung wird für Luftphotogrammetrie und Terrestrische Photogrammetrie getrennt behandelt

In dem zweiten Teil der Arbeit werden die Methoden der photogrammetrischen Punktbestimmung miteinander verglichen.

Bisher werden die geodätische Messungen entweder fehlerlos oder mit ihren Varianz-Kovarianz Matrizen in die Ausgleichungsrechnung eingefügt. Solch eine Einfügung der geodätischen Messungen in die Ausgleichungsrechnung bringt Probleme mit. Um diese Probleme zu überwinden, wurde ein Zwang für eine gemeinsame Ausgleichung geodätischer und photogrammetrischer Messinformationen erhoben. In

diesem Teil werden auch die bisherige Arbeiten über gemeinsame Ausgleichung mit ihren Eigenschaften erklärt.

In dem vierten Teil wird das mathematische Modell, das die Beziehungen zwischen den heterogenen Messungsgruppen umfasst, begründet. Diese Beziehungen werden in zwei Gruppen als photogrammetrische und geodätische Gleichungen behandelt. Die photogrammetrischen Gleichungen bestehen aus den Bildkoordinatenmessungen, Objektpunktkoordinatenmessungen und den Messungen der Parameter der äusseren Orientierung und lauten

$\underline{VR} + \underline{B} \cdot \underline{\Delta F} + \underline{A} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{LR}$ Gleichungen für die Bildkoordinatenmessungen

$\underline{VK} - \underline{\Delta F} = \underline{LK}$ Gleichungen für die Objektpunktkoordinatenmessungen

$\underline{VD} - \underline{\Delta F} = \underline{LD}$ Gleichungen für die Messungen der Parameter der äusseren Orientierung.

Hier bedeuten

$\underline{VR}$, $\underline{VK}$, $\underline{VD}$ → Die Verbesserungsvektoren,

$\underline{B}$, $\underline{A}$ → Die Koeffizientenmatrizen

$\underline{\Delta F}$ → Vektoren der unbekannten äusseren Orientierungsparametern

$\underline{\Delta G}$ → Vektoren der unbekannten Objektpunktkoordinaten

$\underline{LR}$, $\underline{LD}$, $\underline{LK}$ → Absolutgliedvektoren

Die geodätischen Gleichungen sind die Gleichungen für die gemessenen Strecken, der horizontalen Winkel und der Höhenunterschiede und lauten

$$\begin{array}{ll} \underline{V}_s + \underline{G}_s \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_s & \text{Gleichungen für die gemessene} \\ & \text{Strecken} \\ \underline{V}_\beta + \underline{G}_\beta \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_\beta & \text{Gleichungen für die gemessenen} \\ & \text{horizontalen Winkel} \\ \underline{V}_{\Delta h} + \underline{G}_{\Delta h} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_{\Delta h} & \text{Gleichungen für die gemessenen} \\ & \text{Höhenunterschiede.} \end{array}$$

Hier bedeuten

$$\begin{array}{ll} \underline{V}_s, \underline{V}_\beta, \underline{V}_{\Delta h} & \rightarrow \text{Die Verbesserungsvektoren} \\ \underline{G}_s, \underline{G}_\beta, \underline{G}_{\Delta h} & \rightarrow \text{Die Koeffizientenmatrizen} \\ \underline{\Delta G} & \rightarrow \text{Vektoren der unbekannten Objektpunkt} \\ & \text{koordinaten} \\ \underline{L}_s, \underline{L}_\beta, \underline{L}_{\Delta h} & \rightarrow \text{Absolutgliedvektoren} \end{array}$$

Die mittleren Fehler der bei der Ausgleichung beteiligten Messungen sind vor der Ausgleichungsrechnung bestimmt. Mit diesen Werten werden die Gewichte der einzelnen Messungen nach der Beziehung $P_i = m_0^2 / m_i^2$ berechnet. Bei dieser Berechnung wird die a priori Genauigkeit der Bildkoordinatenmessungen als Bezugsgrösse gewählt und die restlichen Beobachtungsgruppen werden darauf bezogen.

$$\begin{bmatrix} \underline{VR} \\ \underline{VD} \\ \underline{VK} \\ \underline{VG} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{B} & \underline{A} \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & \underline{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\Delta F} \\ \underline{\Delta G} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{LR} \\ \underline{LD} \\ \underline{LK} \\ \underline{LG} \end{bmatrix}$$

$$\underline{V} + \underline{C} \cdot \underline{\Delta} = \underline{L}$$

Die wie oben vereinigte geodätische und photogrammetrische Gleichungen werden nach der Methode der kleinsten Quadrate gelöst und die unbekannten Parameter der äusseren Orientierung von den reduzierten Normalgleichungen berechnet und danach werden die unbekannten Objektpunktkoordinaten mit Hilfe dieser Werte bestimmt.

Für die in dem Abschnitt IV beschriebenen Untersuchungen wurde am Rechenzentrum der Technischen Universität Istanbul ein Programm entwickelt. Als Rechenanlage stand eine IBM 4341 zur Verfügung. Das Programmsystem ist in der Programmiersprache Fortran IV geschrieben. Mit diesem Program kann man geodätische und photogrammetrische Messungen zusammen, oder nur die photogrammetrische Messungen mit den Strahlenbündeln nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgleichen

In dem fünften Teil wird das Computerprogramm für Aerotriangulation und terrestrische Photogrammetrie getrennt getestet. Für die Aerotriangulation sind die Bildkoordinatenmessungen des Testfeldes Gramestetten gewählt worden. Als erstes ist ein Streifen mit drei Bildern getestet worden.

Die geodätischen Messungen, die von den bekannten geodätischen Koordinaten gerechnet sind, werden mit ihren mittleren Fehler in die Ausgleichungsrechnung in verschiedenen Versionen einbezogen. Als zweites ist ein Block mit 12 Bildern in gleicher Weise mit den gleichen Versionen ausgeglichen. Die Zahl der Passpunkte ist in den beiden Fällen gleich, nämlich vier.

Die Anwendung des Programms zu der terrestrischen Photogrammetrie ist an einem früher nur photogrammetrisch ausgeglichenen Beispiel unter Berücksichtigung geodätischer Messungen verwirklicht worden.

Die Lage und Höhengengenauigkeiten der Neupunkte sind für verschiedene Zahl von Passpunkten, für verschiedene Aufnahmepositions und für verschiedene Kombinationen der geodätischen Messungen untersucht worden.

Die Zunahme und Abnahme Verhältnisse gemäss /2/ sind in % bestimmt worden.

GÖSTERİMLER

x, y	Düzeltilmiş ölçülen resim koordinatları
c	Resim çekme makinesi sabiti
X_0, Y_0, Z_0	İzdüşüm merkezinin koordinatları
X, Y, Z	Yeni nokta koordinatları
ω	Enine eğiklik
ϕ	Boyuna eğiklik
κ	Dönüklük
a_i, b_i	Dönme matrisinin elemanları
a_{ij}, b_{ij}	Bilinmeyen parametrelere göre sayısal kısmi türevler
$V_{x_{ij}}, V_{y_{ij}}$	Ölçülen resim koordinatlarına verilecek düzeltmeler
$\Delta X_j, \Delta Y_j, \Delta Z_j$	Yeni noktaların koordinatlarının yaklaşık değerlerine verilecek düzeltmeler
$\Delta X_0^i, \Delta Y_0^i, \Delta Z_0^i, \Delta \omega_i, \Delta \phi_i, \Delta \kappa_i$	Dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerlerine verilecek düzeltmeler
X_j^0, Y_j^0, Z_j^0	Yeni noktaların yaklaşık koordinatları
$X_0^0, Y_0^0, Z_0^0, \omega_i^0, \phi_i^0, \kappa_i^0$	Dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri
$\underline{W}$	Ağırlık matrisi
$\underline{N}$	Normal denklem matrisi
$\underline{L}$	Zıtlık vektörü
m_o	Birim ağırlığın karesel ortalama hatası
m_i	i ölçmesinin karesel ortalama hatası

BÖLÜM 1

1- GİRİŞ VE AMAÇ

Fotogrametri, fiziksel cisimler ve bu cisimlerin oluşturdukları çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği fotografik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji, bilim ve sanat dalıdır/3/.

Fotogrametrinin en önemli özelliği, ölçmelerin cisim yerine onların resimleri yardımıyla oluşturulan optik modelleri üzerinde yapılmasıdır. Bu özellik fotogrametrik ölçme yöntemlerinin diğer ölçme yöntemlerine göre daha geniş uygulama alanı içermesini sağlar.

Fotogrametrinin gelişimi perspektifin bulunması ve bunun Leonardo da Vinci, Albrecht Dürer gibi sanatçılar tarafından resim sanatında uygulanması ile başlamakta ve günümüzde en son sistem bilgisayarlar ile desteklenmiş değerlendirme araçlarının kullanılması ile devam etmektedir.

Fotogrametri, Hava Fotogrametrisi, Yersel Fotogrametri ve Uzaktan Algılama olmak üzere üç bilim dalına ayrılır. Hava Fotogrametrisi, fotogrametrinin havadan çekilen resimler üzerinde yapılan değerlendirmeleri esas alan genellikle topografik amaçlı uygulamalara dönük bir bilim dalıdır. Yer durak noktalarından çekilen resimlerin kullanılması ile yapılan uygulamalarda Yersel Fotogrametrik ça-

lışmaları oluşturmaktadır. Resim çekme uzaklığının 300 m'ye kadar sınırlandırıldığı yersel fotogrametri uygulamaları ise Yakın Resim Fotogrametrisi adı altında toplanır/4/.

Uzaktan Algılama, arada mekanik temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışınının, düzenli ve sayısal olarak değerlendirilmesi ile uzaktan cismin özelliklerinin ortaya konması ve ölçülmesinden ibaret fotogrametrinin bugüne dek bir koludur. Yarın tamamen ayrı bir disiplin olarak ortada görünecektir/5/.

Gerek hava fotogrametrisinde, gerekse yersel fotogrametride elde edilen resimlerin değerlendirme yöntemleri

- 1- Analog değerlendirme,
- 2- Analitik değerlendirme,
- 3- Yarı analitik değerlendirme

olarak üçe ayrılabilir.

Bilgisayar tekniğinin son yıllarda hızla gelişmesi ile fotogrametrik değerlendirmelerde ortaya çıkan matematiksel problemlerin sayısal çözüm olanaklarının artması sonucu, ilkeleri 20. yüzyılın başında Sebastian Finsterwalder tarafından kurulan analitik değerlendirme yöntemleri ön plana çıkmıştır.

Bu çalışmada fotogrametride analitik olarak nokta belirlemede bugüne kadar en uygun olan sonucu veren ışın demetleri ile dengeleme probleminde stokastik özellikleri ile fotogrametrik ve fotogrametrik olmayan ölçmelerin ortak dengelenmesi gerçekleştirilecektir.

Farklı türlerdeki bu ölçmelerin dengeleme hesabına kapsatılması sonucu elde edilecek cisim noktası koordinatlarının konum ve yükseklik hataları ile fotogrametrik olmayan ölçmelerin bu hatalar üzerindeki etkileri araştırılacak ve geçiş nokta sayısının, konumunun ve resim çekme durumlarının en uygunlaştırılması bir bilgisayar programı yardımıyla incelenecektir.

BÖLÜM II

2- FOTOGRAMETRİK NOKTA BELİRLEMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Fotogrametrik olarak elde edilen verilerin değerlendirme işlemleri amaçlarına göre farklılıklar gösterirler. Eğer amaç harita veya plan gibi resmi çekilen cismin küçültülmüş bir tasarımı ise, analog değerlendirmeden, veya resmi çekilen cismin uzay koordinatlarının elde edilmesi ise analitik değerlendirmeden söz edilir.

Analitik değerlendirmenin konusu ölçme resminin analog verilerinin sayısal verilere dönüştürülmesi ve elde edilen bu değerlerle yapılan hesaplamalardır. Analitik değerlendirme sonucunda cisim noktalarının ölçülen resim koordinatlarından bu noktalara ait cisim koordinatları, geçiş noktaları (yer koordinatları önceden bilinen noktalar) yardımıyla belirlenir. Fotogrametrik nokta belirlemesi problemi havadan veya yer durak noktalarından çekilen resimlerde ölçülen resim koordinatları yardımıyla gerçekleştirilir.

Havadan çekilen resimlerin kullanılması ile gerçekleştirilen fotogrametrik nokta belirlemesine hava üçgenlemesi (fotogrametrik üçgenleme) adı verilir. Hava üçgenlemesinde amaç, en az iki resim üzerinde tanımlanabilen noktaların uzay koordinatlarını resim üzerinde yapılan resim koordinat ölçmelerinden bilinen geçiş noktaları yardımıyla hesaplamaktır. Koordinatları belirlenecek noktaları içeren resimlerin oluşturduğu mozaîge küme denilir.

Küme içerisindeki noktaların koordinatlarının hesaplanması küme dengelemesi ile yapılır.

Küme dengelemesi hesaplama işleminde birim olarak kaç resmin alınacağına göre sınıflandırılır.

2.1. Şeritlerle Küme Dengelemesi

Bu yöntemde ardışık resimlerden oluşan modellerin değerlendirme aletinde karşılıklı ve mutlak yöneltilmesi ile şeritler oluşturularak her noktanın koordinatları şerit koordinat sisteminde belirlenir ve noktaların şerit koordinat sistemindeki koordinatları yapılacak küme dengelemesinde birim eleman olarak alınır. Daha sonra bu şeritlerin bir dengeleme işlemi ile küme oluşturmaları sağlanır. Bunun içinde en az iki resimde tanımlanan noktalar ile karşılıklı yöneltme, geçiş noktaları ile de mutlak yöneltme gerçekleştirilir.

Şeritlerin birim eleman olarak alındığı bu yöntem, sayısal olarak en basit çözümdür. Ortaya çıkan normal denklem sistemi oldukça küçük ve çözülebilir türdendir. Buna karşılık sonuçlar, özellikle stokastik modelin basitleştirilmiş olması nedeniyle ile daha küçük birimlerin kullanıldığı diğer yöntemlere göre daha az inceliklidir. Bunun için bu yöntem büyük kümelerde ve yüksek incelik isteyen çalışmalarda tatmin edici sonuçlar vermez/6/.

2.2. Bağımsız Modellerle Küme Dengelemesi

Birbirini izleyen iki resmin oluşturduğu modeldeki noktaların model koordinat sistemindeki koordinatlarının birim eleman olarak alındığı bu yöntemde tüm modeller belirlendikten sonra dengeleme işlemi ile her model için dönüşüm parametreleri birlikte hesaplanarak bir küme koordinat sistemine geçiş yapılır. Bu dengeleme işleminde, her bir modelin üç dönme, üç öteleme ve bir ölçek faktörü serbest parametre olarak seçilerek geçiş noktaları yardımıyla küme koordinat sistemine dönüşüm sağlanır/7/.

Bağımsız modellerle küme dengelemesi yönteminin programlanması oldukça zordur ve nokta koordinatlarının elimine edilmesinden sonra her model için ortaya çıkan 7 parametreyi içeren normal denklem sistemi büyük kümeler için çok geniş kapsamlı olurlar. Sonuçlar şeritlerin birim olarak alındığı şerit dengelemesine göre oldukça iyidir. Bu yöntemin en önemli özelliklerinden birisi de modellerin oluşturulması için birçok değerlendirme merkezinde bulunabilen aletlerden aynı anda faydalanabilme olanağıdır/8/. Noktaların konum koordinatları ile yüksekliklerinin belirlenmesinin ayrı ayrı yapılması ile bağımsız modellerde dengeleme işlemi basitleştirilebilir/9/. Buna karşı yüksekliklerin gözönüne alınmaması sonucu hata kaynakları ortaya çıkmaktadır/10/.

2.3. Işın Demetleri ile Dengeleme (Demet Dengelemesi)

Tek bir resim üzerinde, bu resme ait koordinat sisteminde ölçülen resim koordinatlarının birim eleman olarak alındığı bu yöntem "hata teorisi" bakımından en sağlamı, fakat şimdiye kadar ele alınan yöntemlerin içinde en geniş hesap işlemine gereksinme duyulanıdır. Aletsel olarak yapılan ölçmeler yalnızca stereo veya mono komparatörlerde yapılan resim koordinat ölçmeleridir. Demet dengelemesi, resim noktası, izdüşüm merkezi ve bu resim noktasına karşılık gelen cisim noktasının bir doğru üzerinde olma koşulunun matematiksel olarak deyimlendirilmesi ile gerçekleştirilir (Doğrusallık koşulu).

Birim olarak tek bir resim alındığından resim çekme veya değerlendirme esnasında etkiyen düzensiz hatalar hesapsal olarak elimine edilebilir/11/. Demet dengelemesinin en büyük özelliklerinden birisi de matematik modelin kolayca genişletilebilmesidir. Bu genişletilebilme olanağı sayesinde ek parametreler, yardımcı ölçmeler ve ölçme değerleri için çeşitli parametreler dengeleme hesabına girebilmektedir/12/,/13/,/14/. Buna karşılık resimlerin koordinatlarının ölçülmesinde kullanılan komparatörlerin 1-2 μ m doğruluk derecesi ile ölçme yapımları gerekmektedir.

İlkeleri H.Schmid/15/ tarafından geliştirilen ısı demetleri ile küme dengelemesinde hata araştırmaları bugün artık iyice ilerlemiş ve büyük kapasiteli bilgisayarlar sayesinde sayısal işlemlerin külfeti ortadan kalkmıştır.



BÖLÜM III

3- FOTOGRAMETRİK VE FOTOGRAMETRİK OLMAYAN ÖLÇMELERİN ORTAK DENGELENMESİ

Bölüm II de söz konusu edilen fotogrametrik nokta belirlemesi yöntemlerinde jeodezik üçgenleme ve geometrik ve trigonometrik nivelman ağları fotogrametrik sistemden ayrı dengelenmekte ve buradan elde edilen noktalar koordinatları fotogrametrik dengeleme işleminde yardımcı veri olarak kullanılmaktadırlar. Geçiş noktaları diye adlandırılan bu noktaların dengeleme işlemine alınmaları

- 1- Jeodezik noktaların koordinatlarının hatasız ve korelasyonsuz olduğu varsayılarak,
- 2- Jeodezik noktaların jeodezik ağ dengelemesinden elde edilen varyans-kovaryans matrisleri ile dengelemeye girmeleri

biçiminde iki türde gerçekleştirilebilir.

1. durum birçok hata kaynağını da beraberinde getirmekte ve yapılan çalışmalar sonucu bu varsayımın, özellikle yüksek doğruluk derecesi isteyen problemlerde yetersiz kaldığı ortaya çıkarmaktadır/16/.

2. durumda ise, ölçmeler farklı tür ve zamanda yapıldıkları için fotogrametrik dengelemeye girdiklerinde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca jeodezik ölçmelerin hesaplanması ile fotogrametrik ölçmelerin dengelenmesi arasında geçen zaman kaybı,

erişilmesi güç ve tehlikeli olan arazilerde yalnızca bağımsız olarak boy, azimut ve yükseklik ölçülmesi durumunda hava üçgenlemesinin gerçekleştirilmesinin zorluğu ve fotogrametrik nokta belirlemesi probleminin çözümünde iki ayrı veri türünün ele alınmasının ortaya çıkardığı aksaklıklar, fotogrametrik nokta belirlemesinde fotogrametrik olmayan ölçmelerin de (jeodezik ölçmeler) dengeleme hesabına kapsatılarak ortak dengeleme yapma zorunluluğunu doğurmuştur.

3.1. Bu Konuda Yapılan Çalışmalar

Fotogrametrik ve fotogrametrik olmayan ölçmelerin ortak dengelenmesine ait ilk çalışmalardan biri Wong ve Elphinstone (1971)/17/ tarafından hazırlanan SAPGO (Simultaneous Adjustment of Photogrammetric and Geodetic Observations) adlı bilgisayar programıdır. Bu programda, hava üçgenlemesi için jeodezik ölçmeleri de içeren bir dengeleme modeli geliştirilmiş ve resim koordinat ölçmeleri, yardımcı veriler gibi klasik fotogrametrik ölçmelere ek olarak uzaklıklar, yatay açılar, laplas azimutları, enlem, boylam ve yükseklikler gibi jeodezik ölçmeler dengeleme hesabına eklenmiştir.

Klein (1975)/18/ tarafından hazırlanan PATM-43 adlı programda ise statoskop ve APR verileri dengeleme hesabına sokulmuş ve yükseklik hatasını azaltmak için su ile kaplı alanların kıyıları boyunca uzanan noktaların aynı yükseklikte olma koşulunda ek olarak gözönüne alınmıştır.

Üç boyutlu jeodezik dengeleme modeli ile fotogrametrik demet yönteminin birleştirilmesi sonucunda kümelerin ortak dengelenmesini gerçekleştiren GEBAT (General Bundle Adjustment Triangulation) adlı bilgisayar programı El-Hakim ve Faig (1980)/19/ tarafından hazırlanmıştır. Bu sistem, yakın resim fotogrametrisine de uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Elassal (1982)/20/, GALS (Generalized Adjustment of Least Squares) adlı çalışmada genelleştirilmiş bir dengeleme yöntemi sunmaktadır.

Bu sistemde her türde ölçme, varyans-kovaryansları ile dengeleme hesabına dahil edilmektedir.

Larson (1983)/21/ tarafından hazırlanan ve graf teorisinin kullanıldığı GENTRI sisteminde, jeodezik ve fotogrametrik veriler beraberce dengelenmektedir.

Hava üçgenlemesinde ortak dengelemeye ait çalışmalar içinde Düppe'nin (1984)/22/ geliştirdiği bilgisayar programı, farklı türlerdeki gözlemleri ve koşulları bir demet dengelemesi içinde dengelemektedir.

Ortak dengelemenin yakın resim fotogrametrisine uygulanmasına ait çalışmalar, hava üçgenlemesi ile ilgili çalışmalara paralel olarak yürümüştür. Analitik küme dengelemesinin mühendislik fotogrametrisine uygulanması ile başlayan çalışmalar gerek bilgisayar tekniğinin gelişmesi, gerekse hava üçgenlemesi için hazırlanmış bilgisayar programlarının bazı düzenlemeler yardımıyla yakın resim fotogrametrisine uygulanabilirliği sayesinde hızla gelişmiştir. Işın demetleri ile dengeleme yönteminin mühendislik fotogrametrisine uygulamaları için de, Brown'un (1962)/23/ bir anten yansıtıcısının biçiminin saptanması ve Grumpelt'in (1973)/24/ tünel içindeki deformasyonların belirlenmesi ile ilgili araştırması önemli çalışmalardır.

Peter Schurr'un (1977)/25/ yayınlanan doktora tezinde yersel resimler, yatay ve düşey çubukların kontrol olarak kullanılmasıyla analitik olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada bilinen yatay ve düşey çubuk uzunlukları ve iç yöneltilmeleri ile resim koordinatları bilinen resim çekme makineleri yardımıyla bu resim çekme makinelerinin yer koordinatlarını ve resim çekme doğrultularını saptamak mümkün olmuştur.

Hell (1979)/26/ tarafından hazırlanan diğer bir çalışmada jeodezik, fotogrametrik ve fiktif ölçmelerin (cisim özellikleri) ortak dengelenmesi ile bir yersel resim üçgenlemesi programı geliştirilmiş ve farklı türlerdeki bu ölçmelerin çeşitli

kombinasyonları ile nokta konum ve yükseklik hataları incelenmiştir.

Kraus (1980)/27/ ORIENT programı ise yakın resim uygulamaları için hazırlanmış ve çok sayıda ek ölçmeleri içerebilme özelliğine sahiptir. Bu program yardımıyla,amatör resim çekme makineleri kullanılarak trafik kazalarının durum belgelendirilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemin hava üçgenlemesi problemlerinde uygulanması durumunda, resimlerin düzenli deformasyonları için ek parametrelerin kullanılması gerekmektedir.

Yersel resim üçgenlemesinin mimarı yapıtların analitik değerlendirmesinde uygulanmasına ait bir örnekte İstanbul'daki Şehzade Paşa Camisindeki Wilfried Wester Ebbinghaus (1981)/28/ tarafından yapılan çalışmadır.

Işın demetleriyle fotogrametrik deformasyon ölçme yöntemlerinde incelik derecesinin araştırılması ile ilgili çalışmalar arasında 5 resimli bir düzende 8 geçiş noktasından, itibaren incelik derecesinde artış sağlanmadığı ve 30^g dönüklük açılı resimlerin dengelemeye katılması ile incelik derecesinde artış sağlandığını belirten O.Altan'ın (1984)/2/ çalışması bu konuya açıklık getirmiştir.

BÖLÜM IV

4- MATEMATİK İLKELER

4.1. Matematik Model

Bu çalışmada geliştirilen model, farklı uzayların birbirleri ile olan ilişkilerini sağlayacak bağıntıların kurulmasını esas almaktadır.

Fotogrametrik ölçme yöntemi ile bir cisme ait sayısal olarak elde edilecek tüm noktaları içeren dik koordinat sistemi, cisim uzayını oluşturur. Kullanılan resimlerin izdüşüm merkezleri ile iki veya daha çok resimde tanımlanabilen noktaların bu koordinat sistemindeki değerleri de bu cisim uzayının elemanları olmaktadır. Bu elemanları belirlemek için yapılan farklı gözleme türleri ise "a priori karesel ortalama hataları" ile tek tek gözleme uzaylarını ortaya çıkarırlar. Gözleme uzayları ile cisim uzayının elemanlarının yanısıra ortaya çıkan parametreler ise, parametre uzayının elemanları olarak ele alınacaktır. Bu uzaylar arasındaki ilişkiler cisim, gözleme ve parametre uzaylarının elemanlarının fonksiyonu olan bağıntılar ile sağlanmakta olup, bu bağıntılar özellikleri ile beraber (4.2) de açıklanmaktadır.

Bir gözleme uzayı elemanı olan resim koordinat ölçmelerinin "a priori karesel ortalama hatası" m_0 olarak kabul edilmekte ve diğer ölçme gruplarının ağırlıkları ise $P_i = m_0^2/m_i^2$ bağıntısından hesaplanmaktadır.

Bu biçimde elde edilen ağırlıkları ile tüm gözlemler için düzeltme denklemleri kurulmakta ve sonuca dolaylı gözlemlere göre dengeleme yöntemi ile erişilmektedir/29/,/30/.

4.2. Fotogrametrik Ölçmeler İçin Kurulan Denklemler

4.2.1. Ölçülen Resim Koordinatları İçin Kurulan Denklemler

Bir j noktasının gözleme uzayındaki ölçülmüş resim koordinatları ile cisim uzayındaki i resmi ve bu j noktasının parametre uzayındaki X, Y, Z bilinmeyen koordinatları arasındaki matematiksel ilişki aşağıdaki "doğrusallık denklemleri" ile deyimlendirilir/31/.

$$\begin{aligned} x &= c \cdot \frac{a_1(X-X_o) + a_2(Y-Y_o) + a_3(Z-Z_o)}{a_4(X-X_o) + a_5(Y-Y_o) + a_6(Z-Z_o)} \\ y &= c \cdot \frac{b_1(X-X_o) + b_2(Y-Y_o) + b_3(Z-Z_o)}{a_4(X-X_o) + a_5(Y-Y_o) + a_6(Z-Z_o)} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Burada;

x,y ... Düzeltilmiş resim koordinatları

c ... R.Ç.M.sinin sabiti,

X_o, Y_o, Z_o ... İzdüşüm merkezinin koordinatları,

X,Y,Z ... Bilinmeyen yeni nokta koordinatları'-

dır.

Bu denklemler bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri yakınında Taylor serisine açılıp, ikinci dereceden itibaren terimler ihmal edilirse lineer biçime getirilmiş aşağıdaki denklemler elde edilir. Bu denklemler (j) cisim noktası ile bunun (i) resmi üzerindeki görüntüsü arasındaki bağıntıları vermektedir.

$$V_{xij} + b_{11}\Delta X_0^i + b_{12}\Delta Y_0^i + b_{13}\Delta Z_0^i + b_{14}\Delta\omega_i + b_{15}\Delta\phi_i + b_{16}\Delta\kappa_i + a_{11}\Delta X_j + a_{12}\Delta Y_j + a_{13}\Delta Z_j = l_{xij} \quad (4.2)$$

$$V_{yij} + b_{21}\Delta X_0^i + b_{22}\Delta Y_0^i + b_{23}\Delta Z_0^i + b_{24}\Delta\omega_i + b_{25}\Delta\phi_i + b_{26}\Delta\kappa_i + a_{21}\Delta X_j + a_{22}\Delta Y_j + a_{23}\Delta Z_j = l_{yij}$$

Burada $b_{11} \dots b_{26}$, $a_{11} \dots a_{23}$ bilinmeyen parametrelere göre kısmi türevler, ΔX_0^i , ΔY_0^i , $\dots$ ΔX_j , ΔY_j , ΔZ_j ler bilinmeyen parametrelerin yaklaşık değerlerine getirilecek bilinmeyen düzeltmeler, V_{xij} , V_{yij} lerde ölçülen resim koordinatlarının düzeltmeleridir.

$$B_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} & b_{16} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} & b_{26} \end{bmatrix}$$

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{bmatrix}$$

$$\Delta F_i = \begin{bmatrix} \Delta X_0^i \\ \Delta Y_0^i \\ \Delta Z_0^i \\ \Delta\omega_i \\ \Delta\phi_i \\ \Delta\kappa_i \end{bmatrix}, \quad \Delta G_j = \begin{bmatrix} \Delta X_j \\ \Delta Y_j \\ \Delta Z_j \end{bmatrix}, \quad V_{ij} = \begin{bmatrix} V_{xij} \\ V_{yij} \end{bmatrix}, \quad L_{ij} = \begin{bmatrix} l_{xij} \\ l_{yij} \end{bmatrix}$$

denilirse (4.2) denklemleri

$$\begin{matrix} \underline{V}_{ij} & + & \underline{B}_{ij} \cdot \underline{\Delta F}_i & + & \underline{A}_{ij} \cdot \underline{\Delta G}_j & = & \underline{L}_{ij} & (4.3) \\ (2.1) & & (2.6) & (6.1) & (2.3) & (3.1) & (2.1) \end{matrix}$$

olur.

j noktasının m tane resimde tanımlandığı kabul edilirse (4.3) denklemleri aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$\begin{bmatrix} V_{1j} \\ V_{2j} \\ \vdots \\ V_{mj} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{1j} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & B_{2j} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & B_{mj} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta F_1 \\ \Delta F_2 \\ \vdots \\ \Delta F_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} A_{1j} \\ A_{2j} \\ \vdots \\ A_{mj} \end{bmatrix} \cdot \Delta G_j = \begin{bmatrix} L_{1j} \\ L_{2j} \\ \vdots \\ L_{mj} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

$$\begin{matrix} \underline{V}_j & + & \underline{B}_j \cdot \underline{\Delta F}_j & + & \underline{A}_j \cdot \underline{\Delta G}_j & = & \underline{L}_j & (4.5) \\ (2m,1) & & (2m,6m) & (6m,1) & (2m,3) & (3,1) & (2m,1) \end{matrix}$$

Yine aynı biçimde bu kez n tane noktanın m tane resim üzerinde tanımlandığı varsayımı ile (4.3) denklemleri en genel biçimde

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_n \end{bmatrix} \cdot \Delta F + \begin{bmatrix} A_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & A_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta G_1 \\ \Delta G_2 \\ \vdots \\ \Delta G_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_n \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

$$\begin{matrix} \underline{V_R} & + & \underline{B} \cdot \underline{\Delta F} & + & \underline{A} \cdot \underline{\Delta G} & = & \underline{L_R} & \text{olur} & (4.7) \\ (2mn,1) & & (2mn,6) & (6m,1) & (3mn,3n) & (3n,1) & (2mn,1) \end{matrix}$$

Bu denklemler, ölçülen resim koordinatlarının "genel düzeltme denklemleridir".

4.2.2. Ölçülen Cisim Nokta Koordinatları İçin Kurulan Denklemler

Bir j cisim noktasının daha önce yapılan ölçmelerden bilinen yer koordinatları $X_j^{\ddot{o}}$, $Y_j^{\ddot{o}}$, $Z_j^{\ddot{o}}$ ve bu ölçme değerlerine getirilecek düzeltme değerleri de V_{xj} , V_{yj} , V_{zj} ise bu j noktasının cisim uzayındaki koordinatları

$$\begin{aligned} X_j &= X_j^{\ddot{o}} + V_{xj} \\ Y_j &= Y_j^{\ddot{o}} + V_{yj} \\ Z_j &= Z_j^{\ddot{o}} + V_{zj} \end{aligned} \quad (4.8)$$

biçiminde elde edilebilir.

Bu j noktasının koordinatlarının X_j^o , Y_j^o , Z_j^o yaklaşık değerlerine getirilecek bilinmeyen düzeltme değerleri ise ΔX_j , ΔY_j , ΔZ_j dir. Buna göre

$$\begin{aligned} X_j &= X_j^o + \Delta X_j \\ Y_j &= Y_j^o + \Delta Y_j \\ Z_j &= Z_j^o + \Delta Z_j \end{aligned} \quad (4.9)$$

yazılabilir.

(4.9) denklemleri (4.8) denklemlerinde yerine konularak;

$$\begin{aligned} V_{xj} + X_j^{\ddot{o}} &= X_j^o + \Delta X_j \\ V_{yj} + Y_j^{\ddot{o}} &= Y_j^o + \Delta Y_j \\ V_{zj} + Z_j^{\ddot{o}} &= Z_j^o + \Delta Z_j \end{aligned} \quad (4.10)$$

elde edilir.

Terimler düzenlenir ve matris biçimine getirilirse

$$\begin{bmatrix} v_{xj} \\ v_{yj} \\ v_{zj} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta x_j \\ \Delta y_j \\ \Delta z_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_j^o - x_j^{\ddot{o}} \\ y_j^o - y_j^{\ddot{o}} \\ z_j^o - z_j^{\ddot{o}} \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

bulunur.

Bunlar bir j noktasının bilinen (veya ölçülmüş) yer koordinatları için kurulmuş düzeltme denklemleridir. Tek bir matris denklemi ile aşağıdaki biçimde yazılabilir.

$$\underline{VK}_j - \underline{\Delta G}_j = \underline{LK}_j \quad (4.12)$$

n tane noktanın yer koordinatları için düzeltme denklemleri

$$\begin{bmatrix} VK_1 \\ VK_2 \\ \vdots \\ VK_n \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta G_1 \\ \Delta G_2 \\ \vdots \\ \Delta G_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} LK_1 \\ LK_2 \\ \vdots \\ LK_n \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

$$\underline{VK} - \underline{\Delta G} = \underline{LK} \quad (4.14)$$

(3n,1) (3n,1) (3n,1)

4.2.3. Ölçülen Dış Yöneltilme Parametreleri İçin Kurulan Denklemler

Dış yöneltilme parametreleri için düzenlenecek denklemler cisim noktalarında olduğu gibi aynı biçimde elde edilebilir.

$$v_{x_{oi}} - \Delta x_{oi} = x_{oi}^o - x_{oi}^{\ddot{o}}$$

$$v_{y_{oi}} - \Delta y_{oi} = y_{oi}^o - y_{oi}^{\ddot{o}}$$

$$v_{z_{oi}} - \Delta z_{oi} = z_{oi}^o - z_{oi}^{\ddot{o}}$$

$$v_{\omega_i} - \Delta \omega_i = \omega_i^o - \omega_i^{\ddot{o}}$$

$$v_{\phi_i} - \Delta \phi_i = \phi_i^o - \phi_i^{\ddot{o}}$$

$$v_{\kappa_i} - \Delta \kappa_i = \kappa_i^o - \kappa_i^{\ddot{o}}$$

Burada,

$x_{oi}^o, y_{oi}^o, z_{oi}^o \rightarrow$ Bilinmeyen resim çekme
merkezinin yaklaşık koor-
dinatları

$x_{oi}^{\ddot{o}}, y_{oi}^{\ddot{o}}, z_{oi}^{\ddot{o}} \rightarrow$ Resim çekme merkezinin koor-
dinatları için yapılan
ölçmelerin değerleri

$\Delta x_{oi}, \Delta y_{oi}, \Delta z_{oi} \rightarrow$ Resim çekme merkezinin yak-
laşık koordinatlarına ver-
rilecek düzeltme değ-
leri

$\omega_i^o, \phi_i^o, \kappa_i^o \rightarrow$ Dönme açılarının yaklaşık
değerleri

$\omega_i^{\ddot{o}}, \phi_i^{\ddot{o}}, \kappa_i^{\ddot{o}} \rightarrow$ Bilinmeyen dönme açıları-
nın ölçme değerleri

$\Delta \omega_i, \Delta \phi_i, \Delta \kappa_i \rightarrow$ Dönme açılarının yaklaşık
değerlerine verilecek
düzeltme değerleri

(4.15) denklemleri matris biçiminde yazılırsa

$$\underline{FV}_i - \underline{\Delta F}_i = \underline{LF}_i \quad \text{olur.} \quad (4.16)$$

Her bir resmin dış yöneltme parametrelerinin ölçüldüğü varsayılırsa (4.16) denklemi aşağıdaki biçimde genelleştirilebilir.

$$\begin{bmatrix} FV_1 \\ FV_2 \\ \vdots \\ FV_m \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Delta F_1 \\ \Delta F_2 \\ \vdots \\ \Delta F_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} LF_1 \\ LF_2 \\ \vdots \\ LF_m \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

$$\begin{matrix} \underline{VD} & - & \underline{\Delta F} & = & \underline{LD} \\ (6m,1) & & (6m,1) & & (6m,1) \end{matrix} \quad (4.18)$$

4.3. Fotogrametrik Olmayan Ölçmeler İçin Kurulan Denklemler

4.3.1. Ölçülen Boylar İçin Kurulan Denklemler

Uzayda bir A noktası ile B noktası arasındaki uzaklık, analitik geometriden bilinen aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$S_{AB} = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2 + (Z_A - Z_B)^2} \quad (4.19)$$

Lineer olmayan bu denklem bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri civarında Taylor serisine açılarak lineerleştirilir ve birinci dereceden terimler alınacak olursa aşağıdaki lineer denklem elde edilir.

$$V_{S_{AB}} - a_1 \cdot \Delta X_A - a_2 \cdot \Delta Y_A - a_3 \cdot \Delta Z_A - a_4 \cdot \Delta X_B - a_5 \cdot \Delta Y_B - a_6 \cdot \Delta Z_B =$$

$$S_{AB}^o - S_{AB}^{\ddot{o}} \quad (4.20)$$

Düzeltilme denklemleri S_{AB}^o ile bölünecek olursa
(4.20) denklemleri

$$\begin{aligned} \frac{V_{S_{AB}}}{S_{AB}^o} - \left(\frac{a_1}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta X_A - \left(\frac{a_2}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta Y_A - \left(\frac{a_3}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta Z_A - \left(\frac{a_4}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta X_B \\ - \left(\frac{a_5}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta Y_B - \left(\frac{a_6}{S_{AB}^o}\right) \cdot \Delta Z_B = 1 - \frac{S_{AB}^{\ddot{o}}}{S_{AB}^o} \end{aligned} \quad (4.21)$$

biçimine kavuşur.

Burada

$$\begin{aligned} a_1 &= \frac{\partial s}{\partial X_A} = \frac{X_B^o - X_A^o}{S_{AB}^o} \\ a_2 &= \frac{\partial s}{\partial Y_A} = \frac{Y_B^o - Y_A^o}{S_{AB}^o} \\ a_3 &= \frac{\partial s}{\partial Z_A} = \frac{Z_B^o - Z_A^o}{S_{AB}^o} \\ a_4 &= \frac{\partial s}{\partial X_B} = - \frac{X_B^o - X_A^o}{S_{AB}^o} \\ a_5 &= \frac{\partial s}{\partial Y_B} = - \frac{Y_B^o - Y_A^o}{S_{AB}^o} \\ a_6 &= \frac{\partial s}{\partial Z_B} = - \frac{Z_B^o - Z_A^o}{S_{AB}^o} \end{aligned} \quad \text{dır.}$$

S_{AB}^o = Boyun yaklaşık değeri,

$S_{AB}^{\ddot{o}}$ = Boyun ölçme değeri.

$$\frac{V_{S_{AB}}}{S_{AB}^o} + \underline{G}_{S_{AB}} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_{S_{AB}} \quad (4.22)$$

$$\underline{L}_{S_{AB}} = (1 - \frac{S_{AB}^{\ddot{o}}}{S_{AB}^o}) \text{ dir.}$$

Eğer k tane boy ölçülmüş ise genel gösterim

$$\underline{V}_s + \underline{G}_s \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_s \quad \text{dir} \quad (4.23)$$

4.3.2. Ölçülen Yatay Açılar İçin Kurulan Denklemler

Burada A durak noktasından B ve C noktalarına yapılan yatay açı ölçmeleri söz konusudur. Buna ait düzeltme denklemi

$$\begin{aligned} V_{\beta_A} + b_1 \cdot \Delta X_A + b_2 \cdot \Delta Y_A + b_3 \cdot \Delta Z_A + b_4 \cdot \Delta X_B + b_5 \cdot \Delta Y_B + b_6 \cdot \Delta Z_B \\ + b_7 \cdot \Delta X_C + b_8 \cdot \Delta Y_C + b_9 \cdot \Delta Z_C = L_{\beta_A} \end{aligned} \quad (4.24)$$

biçimindedir.

Burada

$$b_o = -2 S_{AB}^o \cdot S_{AC}^o \cdot \sin \beta_A \quad \text{olmak üzere}$$

$$b_1 = \frac{2(X_B^o - X_A^o) + (X_C^o - X_A^o) - \frac{2\cos \beta_A \cdot S_{AB}^o \cdot (X_C^o - X_A^o)}{S_{AC}^o} - \frac{2\cos \beta_A \cdot S_{AC}^o \cdot (X_B^o - X_A^o)}{S_{AB}^o}}{b_o}$$

$$b_2 = \frac{2(Y_B^o - Y_A^o) + 2(Y_C^o - Y_A^o) - \frac{2\cos \beta_A \cdot S_{AB}^o \cdot (Y_C^o - Y_A^o)}{S_{AC}^o} - \frac{2\cos \beta_A \cdot S_{AC}^o \cdot (Y_B^o - Y_A^o)}{S_{AB}^o}}{b_o}$$

$$b_3 = b_6 = b_9 = 0$$

$$b_4 = \left| \begin{array}{c} -2(X_C^O - X_A^O) - 2(X_B^O - X_A^O) + \frac{2\cos\beta_A \cdot S_{AC}^O (X_B^O - X_A^O)}{S_{AB}^O} \end{array} \right| / b_o$$

$$b_5 = \left| \begin{array}{c} -2(Y_C^O - Y_A^O) - 2(Y_B^O - Y_A^O) + \frac{2\cos\beta_A \cdot S_{AC}^O (Y_B^O - Y_A^O)}{S_{AB}^O} \end{array} \right| / b_o$$

$$b_7 = \left| \begin{array}{c} 2(X_C^O - X_B^O) - 2(X_C^O - X_A^O) + \frac{2\cos\beta_A \cdot S_{AB}^O (X_C^O - X_A^O)}{S_{AC}^O} \end{array} \right| / b_o$$

$$b_8 = \left| \begin{array}{c} 2(Y_C^O - Y_B^O) - 2(Y_C^O - Y_A^O) + \frac{2\cos\beta_A \cdot S_{AB}^O (Y_C^O - Y_A^O)}{S_{AC}^O} \end{array} \right| / b_o$$

$$L_{\beta A} = -(S_{BC}^O)^2 + (S_{AB}^O)^2 + (S_{AC}^O)^2 - 2 \cdot S_{AB}^O \cdot S_{AC}^O \cdot \cos\beta_A$$

$$S_{AB}^O = \sqrt{(X_A^O - X_B^O)^2 + (Y_A^O - Y_B^O)^2}$$

$X_A^O, Y_A^O, X_B^O, Y_B^O, X_C^O, Y_C^O \rightarrow$ A, B, C noktalarının yaklaşık koordinatları

$\beta_A \rightarrow$ A noktasından B ve C noktalarına yapılan açı ölçmesi

Genel olarak matris biçiminde yazılırsa

$$\underline{V}_{\beta} + \underline{G}_{\beta} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_{\beta}$$

4.3.3. Ölçülen Yükseklik Farkları İçin Kurulan Denklemler

Yükseklik farkı ölçmesi, bir koordinat eksenini boyunca yapılmış boy ölçmesi olarak ele alınabi-

lır. A ve B noktaları arasında Z eksenı boyunca boy ölçmesi yapılmış, ise bu yükseklik farkına ait düzeltme denklemleri

$$V_{\Delta h_{AB}} = \Delta Z_A - \Delta Z_B - \left| (Z_A^{\ddot{o}} - Z_B^{\ddot{o}}) - (Z_A^o - Z_B^o) \right| \quad (4.26)$$

Matris biçiminde gösterim

$$V_{\Delta h} - \Delta Z_A + \Delta Z_B = L_{\Delta h} \quad \text{dır.} \quad (4.27)$$

Bu durum A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkının ölçülmesi durumuna karşılık gelir ve genel biçimde

$$V_{\Delta h} + G_{\Delta h} \cdot \Delta G = L_{\Delta h} \quad \text{olarak yazılır} \quad (4.28)$$

4.4. Fotogrametrik ve Fotogrametrik Olmayan (Jeodezik) Denklemlerin Biraraya Getirilmesi ve Çözüm

Bölüm (4.3) deki jeodezik denklemler

$$\begin{aligned} V_{\beta} + G_{\beta} \cdot \Delta G &= L_{\beta} \\ V_s + G_s \cdot \Delta G &= L_s \\ V_{\Delta h} + G_{\Delta h} \cdot \Delta G &= L_{\Delta h} \end{aligned} \quad (4.29)$$

matris biçiminde biraraya getirilmiş olarak

$$VG + G \cdot \Delta G = LG \quad (4.30)$$

yazılabilir.

Çözüm esnasında aralarında jeodezik ölçmeler yapılan noktaların normal denklem matrisinin köşegenel yapısının bozulmasını en aza indirmek için, jeodezik noktalar biraraya getirilip öncelikle sıralanır, daha sonra yeni noktalar bunların arkasına eklenir. Bunu sağlamak için jeodezik denklemler tüm noktaları kapsayacak biçimde genişletilir/32/, /33/.

$$\begin{bmatrix} \underline{VG} \\ \underline{VK} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{G} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{\Delta G} \\ \underline{\Delta K} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{LG} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

Burada VK jeodezik olmayan noktalara verilecek düzeltmelerin matrisidir.

(4.31) denklemi de genelleştirilerek matris biçiminde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\underline{VG} + \underline{G} \cdot \underline{\Delta G} = \underline{LG} \quad (4.32)$$

Elde edilen bu denklem fotogrametrik denklemlerle biraraya getirilir.

$$\begin{array}{llll} \underline{VR} + \underline{B} \cdot \underline{\Delta F} + \underline{A} \cdot \underline{\Delta G} & = & \underline{LR} & \text{(Resim ölçmeleri)} \\ \underline{VD} - \underline{\Delta F} & = & \underline{LD} & \text{(R.Ç.M.parametre ölç)} \\ \underline{VK} & - & \underline{\Delta G} & = \underline{LK} \quad \text{(Cisim koord.ölçmeleri)} \\ \underline{VG} & + & \underline{G} \cdot \underline{\Delta G} & = \underline{LG} \quad \text{(jeodezik ölçmeler)} \end{array} \quad (4.33)$$

matris simgesi ile yazılırsa

$$\begin{bmatrix} \underline{VR} \\ \underline{VD} \\ \underline{VK} \\ \underline{VG} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \underline{B} & \underline{A} \\ -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 0 & \underline{G} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{\Delta F} \\ \underline{\Delta G} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{LR} \\ \underline{LD} \\ \underline{LK} \\ \underline{LG} \end{bmatrix}$$

$$\underline{V} + \underline{C} \cdot \underline{\Delta} = \underline{L} \quad (4.34)$$

Bu denklem takımının "en küçük kareler yöntemi"ne göre çözümü

$$(\underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{C}) \cdot \underline{\Delta} = \underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{L} \quad \text{dir} \quad (4.35)$$

Burada W ölçme değerlerinin "a priori ağırlık matrisi"dir.

$$\underline{W} = \begin{bmatrix} \underline{WR} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{WD} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \underline{WK} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{WG} \end{bmatrix} \quad \underline{WG} = \begin{bmatrix} \underline{Wg} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

(4.35) Denkleminde gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra

$$(\underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{C}) = \begin{bmatrix} (\underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{B} + \underline{WD}) & (\underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{A}) \\ \underline{A}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{B} & (\underline{A}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{A} + \underline{WK} + \underline{G}^T \cdot \underline{WG} \cdot \underline{G}) \end{bmatrix} \quad (4.36)$$

$$(\underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{L}) = \begin{bmatrix} \underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{LR} - \underline{WD} \cdot \underline{LD} \\ \underline{A}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{LR} - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{G}^T \cdot \underline{WG} \cdot \underline{LG} \end{bmatrix} \quad (4.37)$$

$$\underline{N}_1 = \underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{B}$$

$$\underline{L}_1 = \underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{LR}$$

$$\underline{N}_2 = \underline{A}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{A}$$

$$\underline{L}_2 = \underline{A}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{LR}$$

$$\underline{N}_3 = \underline{B}^T \cdot \underline{WR} \cdot \underline{A}$$

$$\underline{L}_g = \underline{G}^T \cdot \underline{WG} \cdot \underline{LG}$$

$$\underline{N}_4 = \underline{G}^T \cdot \underline{WG} \cdot \underline{G}$$

denilirse (4.36), (4.37) denklemleri aşağıdaki biçime girer.

$$(\underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{C}) = \begin{bmatrix} \underline{N}_1 + \underline{WD} & \underline{N}_3 \\ \underline{N}_3 & \underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4 \end{bmatrix} \quad (4.38)$$

$$(\underline{C}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{L}) = \begin{bmatrix} \underline{L}_1 - \underline{WD} \cdot \underline{LD} \\ \underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg} \end{bmatrix} \quad (4.39)$$

Bulunan bu değerler (4.35) de yerine konulursa iki bilinmeyen grubunu içeren lineer denklem sistemi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \underline{N}_1 + \underline{WD} & \underline{N}_3 \\ \underline{N}_3^T & \underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \underline{\Delta F} \\ \underline{\Delta G} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{L}_1 - \underline{WD} \cdot \underline{LD} \\ \underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg} \end{bmatrix} \quad (4.40)$$

Bu iki farklı bilinmeyen grubunu içeren lineer denklem sistemini çözmek için, önce 1. denklemden ΔG bilinmeyen grubu ΔF bilinmeyen grubu cinsinden yazılır ve ikinci denklemden yerine konulur. Böylece sistem içinde daha az sayıda bilinmeyeni içeren ΔF bilinmeyen grubunun (Bilinmeyen resim çekme parametreleri) bilinmeyenleri bulunur. Bu değerler, daha sonra 1. denklemden yerine konularak, diğer bilinmeyen grubunun (yeni noktaların koordinatları) bilinmeyenleri elde edilir.

İndirgenmiş normal denklemler aşağıdaki biçimde belirlenir.

$$(\underline{N}_1 + \underline{WD}) \cdot \underline{\Delta F} + \underline{N}_3 \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_1 - \underline{WD} \cdot \underline{LD} \quad (4.41)$$

$$\underline{N}_3^T \cdot \underline{\Delta F} + (\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4) \cdot \underline{\Delta G} = \underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg} \quad (4.42)$$

(4.42) denklemi ΔG 'ye göre çözülürse

$$\underline{\Delta G} = (\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)^{-1} \cdot (\underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg} - \underline{N}_3^T \cdot \underline{\Delta F}) \quad (4.43)$$

Bu değer (4.41) de yerine konulursa;

$$(\underline{N}_1 + \underline{WD}) \cdot \underline{\Delta F} + \underline{N}_3 \cdot (\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)^{-1} \cdot (\underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg} - \underline{N}_3^T \cdot \underline{\Delta F}) = \underline{L}_1 - \underline{WD} \cdot \underline{LD}$$

bulunur. (4.44)

Gerekli işlemler yapıp terimler düzenlenirse

$$\begin{vmatrix} \underline{N}_1 + \underline{WD} - \underline{N}_3 & (\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)^{-1} \cdot \underline{N}_3^T \end{vmatrix} \Delta \underline{F} = \underline{L}_1 - \underline{WD} \cdot \underline{LD} + \underline{N}_3 (\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)^{-1} (\underline{L}_2 - \underline{WK} \cdot \underline{LK} + \underline{Lg})$$

$$\underline{N} \quad \quad \quad \underline{b} \quad \quad \quad (4.45)$$

$$\underline{N} \cdot \Delta \underline{F} = \underline{b} \quad \quad \quad (4.46)$$

$$(6m, 6m) \quad (6m, 1) \quad (6m, 1)$$

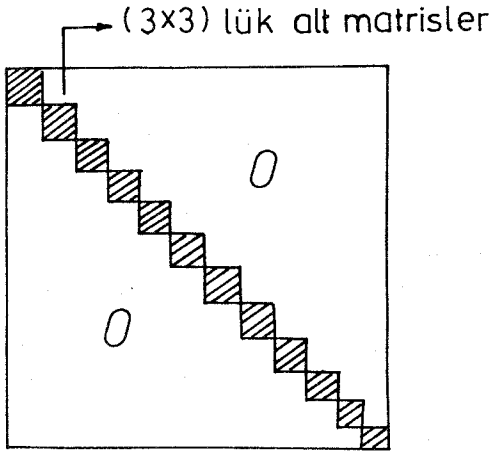
Bu, "normal denklem sistemi"nin çözümü

$$\Delta \underline{F} = \underline{N}^{-1} \cdot \underline{b} \quad \text{dir} \quad \quad \quad (4.47)$$

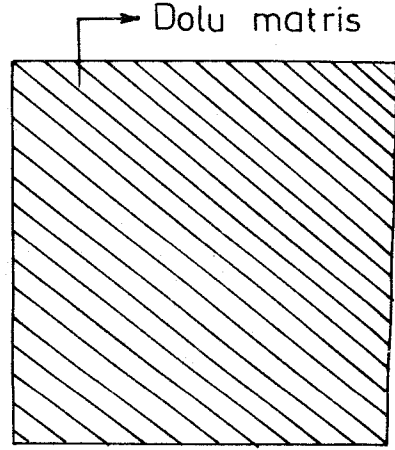
Yeni noktaların yaklaşık koordinatlarına verilecek düzeltme değerleri, hesaplanan resim çekme parametrelerinin düzeltmelerinin (4.43) denkleminde yerine konulması ile bulunur.

Jeodezik ölçmelerin olmaması durumunda, (4.44) denklemindeki $(\underline{N}_2 + \underline{WK})^{-1}$ enversisi (3×3) lük alt matrislerin bir dizi enversiyonu biçiminde kolayca çözümlenebilir. Tüm yer noktalarının birbirlerinden bağımsız olması nedeni ile ortaya çıkan bu özellik, yer noktaları arasında jeodezik ölçmelerin ortaya çıkması ile bozulmaktadır. Bu durumda, aralarında jeodezik ölçmeler yapılan noktalar ile diğer yer noktaları keyfi olarak sıralanırsa, $(\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)$ matrisi $(3n \times 3n)$ boyutunda dolu bir matris olmaktadır. Burada n tüm yer noktalarının sayısına eşittir. Bu $(3n \times 3n)$ lik matrisin enversiyonu ise, büyük kümelerde olanaksız durumda bulunur.

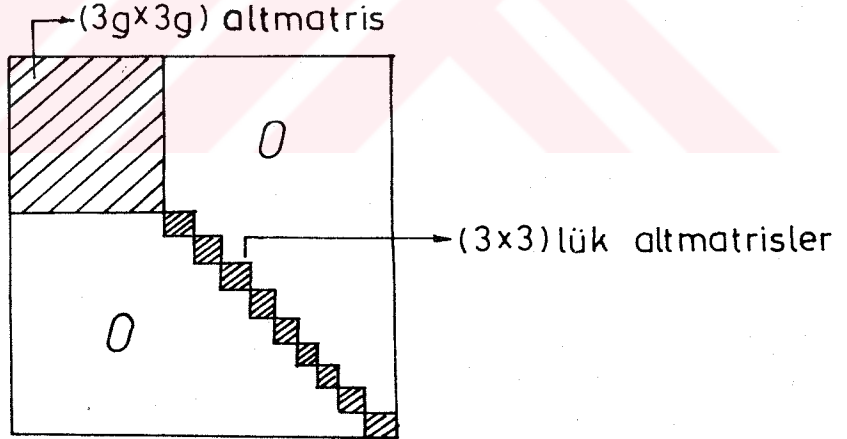
Bu problemi ortadan kaldırmak için aralarında jeodezik ölçmeler yapılmış noktalar önce, jeodezik ölçme yapılmayan diğer noktalarda bunlardan sonra sıralanır/32/. Böylece $(\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)$ matrisinde ortaya çıkacak en büyük boyutlu altmatris $(3g \times 3g)$ boyutunda olacaktır. g aralarında jeodezik ölçme yapılmış olan noktaların sayısıdır. Aşağıdaki şekilde $(\underline{N}_2 + \underline{WK} + \underline{N}_4)$ matrisinin yapısı görülmektedir/34/.



Yer noktaları arasında
jeodezik ölçme yok



Yer noktaları arasında
jeodezik ölçme var
(Noktalar keyfi sıralanmış)



Yer noktaları arasında jeodezik
ölçmeler var (Aralarında jeodezik
ölçme olan yer noktaları önce diğer
noktalar bunlardan sonra sıralanmış)

ŞEKİL 4.1. $(N_2 + WK + N_4)$ matrisinin çeşitli durumlarda yapısı

4.5. Dengeleme Öncesi Ağırlık Matrislerinin Saptanması

Seçilecek dengeleme öncesi ağırlık matrislerinin, kullanılan hesaplama tekniği açısından büyük önemi olduğundan her bir ölçme değerine verilecek dengeleme öncesi (a priori) ağırlıkların çok iyi hesaplanıp uygun bir değeri içermesi gerekmektedir.

4.5.1. Fotogrametrik Ölçmelerin Ağırlık Matrisleri

4.5.1.1. Resim Ölçmeleri İçin Ağırlık Matrisleri

Ölçülen resim koordinatlarının ağırlık matrisi (2x2) boyutunda ve bir noktanın x_{ij} , y_{ij} resim koordinatları arasındaki korelasyonu da içeren dolu bir matristir.

Bir i resmindeki j noktası için ağırlık matrisi

$$\underline{WR}_{ij} = \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{m_{x_{ij}}^2} & \frac{m_0^2}{m_{x_{ij}y_{ij}}} \\ \frac{m_0^2}{m_{x_{ij}y_{ij}}} & \frac{m_0^2}{m_{y_{ij}}^2} \end{bmatrix} \quad (4.48)$$

dir.

j . noktasının m tane resimde görüntü vermesi durumunda

$$\frac{\underline{WR}_j}{(2m, 2m)} = \begin{bmatrix} \underline{WR}_{1j} & 0 & 0 \dots 0 \\ 0 & \underline{WR}_{2j} & 0 \dots 0 \\ 0 & 0 & \underline{WR}_{3j} \dots 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \underline{WR}_{mj} \end{bmatrix} \quad (4.49)$$

olur.

Bir adım daha ileriye giderek ağırlık matrisi n tane nokta için düzenlenirse, en genel durum için ağırlık matrisi aşağıdaki biçimde olur.

$$\begin{matrix} \underline{WR} \\ (2mn, 2mn) \end{matrix} = \begin{bmatrix} \underline{WR}_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \underline{WR}_2 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \underline{WR}_n \end{bmatrix} \quad (4.50)$$

4.5.1.2. Geçiş Noktaları İçin Ağırlık Matrisleri

Bir j geçiş noktası için ağırlık matrisi

$$\underline{WK}_j = \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{m_{X,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{X,Y,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{X,Z,j}^2} \\ \frac{m_0^2}{m_{X,Y,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y,Z,j}^2} \\ \frac{m_0^2}{m_{X,Z,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y,Z,j}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Z,j}^2} \end{bmatrix} \quad (4.51)$$

Yer noktaları arasında korelasyon olmadığı varsayılırsa n tane geçiş noktası için ağırlık matrisi

$$\begin{matrix} \underline{WK} \\ (3n, 3n) \end{matrix} = \begin{bmatrix} \underline{WK}_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \underline{WK}_2 & 0 & & 0 \\ \vdots & & & & \\ 0 & & & & \underline{WK}_n \end{bmatrix} \quad (4.52)$$

4.5.1.3. Dış Yöneltilme Parametrelerinin Ağırlık Matrisleri

Arazi noktalarının yerel dik koordinat sistemindeki X,Y,Z koordinatları aralarında "korelasyon"lu olduklarından, resim çekme merkezinin koordinatları da korelasyonludur. Açısal dönme elemanları ω_i , ϕ_i , κ_i ile resim çekme merkezinin dik koordinatları arasında "korelasyon" olmadığı varsayılmaktadır. Buna göre, tüm parametreleri ölçülmüş bir i resim çekme merkezindeki ağırlık matrisi aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned}
 \underline{WD}_i = & \begin{bmatrix} \frac{m_0^2}{m_{X_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{X_i Y_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{X_i Z_i}^2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{m_0^2}{m_{X_i Y_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y_i Z_i}^2} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{m_0^2}{m_{X_i Z_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Y_i Z_i}^2} & \frac{m_0^2}{m_{Z_i}^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{m_0^2}{m_{\omega}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\omega\phi}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\omega\kappa}^2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{m_0^2}{m_{\omega\phi}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\phi}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\phi\kappa}^2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{m_0^2}{m_{\omega\kappa}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\phi\kappa}^2} & \frac{m_0^2}{m_{\kappa}^2} \end{bmatrix} \quad (4.53)
 \end{aligned}$$

m tane resim çekme durağında tüm parametrelerin ölçüldüğü varsayılırsa, genel ağırlık matrisi

$$\begin{matrix} \underline{WD} \\ (6m, 6m) \end{matrix} = \begin{bmatrix} \underline{WD}_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \underline{WD}_2 & 0 & \dots & 0 \\ & & & & \\ 0 & & & & \underline{WD}_n \end{bmatrix} \quad (4.54)$$

olur

4.5.2. Fotogrametrik Olmayan Ölçmelerin Ağırlıkları

Ortak dengelemede ağırlıkların saptanması

problemi $P_i = \frac{m_0^2}{m_i^2}$ bağıntısının kullanılması ile

çözölmektedir. Bu bağıntıda m_i ölçme değerin in ka-
resel ortalama hatası, m_0 da önceden belirlenen bir
sabittir.

Bu çalışmada, sistem içinde en çok kullanılan
ölçme, resim ölçmesi olduğundan, bunların "a priori
karesel ortalama hatası" m_0 olarak kabul edilmekte
ve diğer ölçme gruplarının ağırlıkları da buna gö-
re saptanmaktadır. Böylece tüm sistem içinde ölçü-
len boyların ağırlıkları (4.56a) ölçülen açılarının
(4.56b) ve yükseklik farklarının (4.56c) denkle-
minden hesaplanabilir.

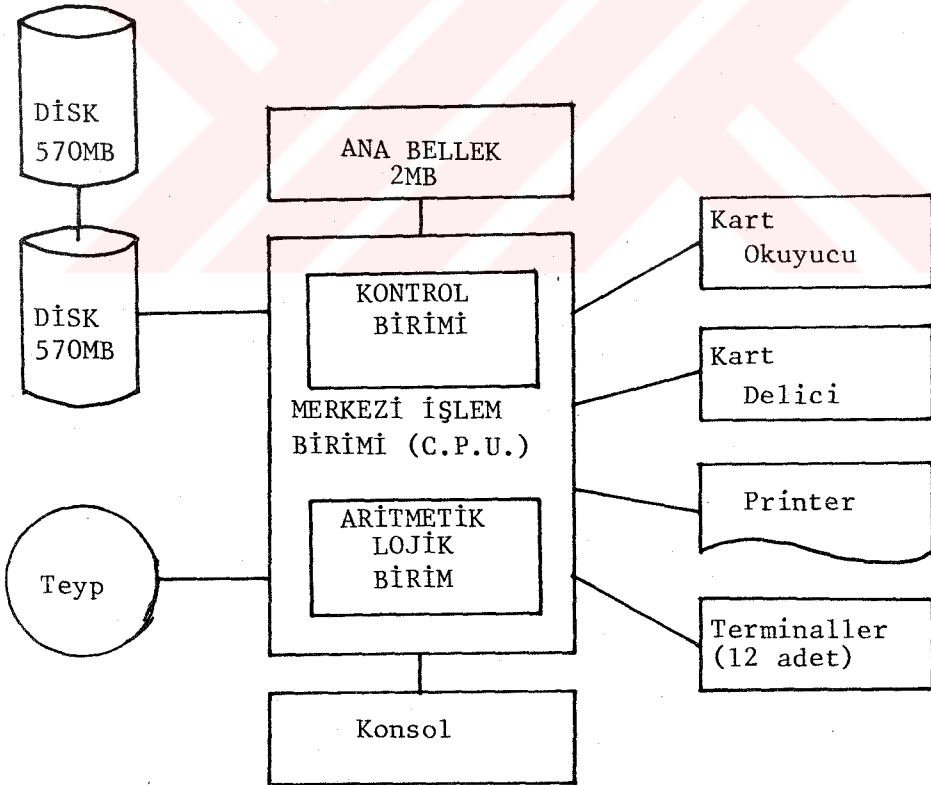
$$P_s = \frac{m_0^2}{m_s^2} \quad (a)$$

$$P_\beta = \frac{m_0^2}{m_\beta^2} \quad (b) \quad (4.55)$$

$$P_{\Delta h} = \frac{m_0^2}{m_{\Delta h}^2} \quad (c)$$

4.6. Kullanılan Bilgisayar Programı ve Özellikleri

Bu çalışmanın uygulama bölümünün hesaplama işlemleri İ.T.Ü. Ayazağa Bilgi İşlem Merkezindeki IBM 4341 bilgisayarında gerçekleştirilmiştir. Görüntü Bellek (virtual storage) sistemine göre çalışan işletim sistemi ile ana belleğin en iyi biçimde kullanılabildiği bu sistemde (Şekil 4.2), gerçek bilgisayar üzerinde birden fazla bilgi yaratmak görüntü makinesinin (virtual machine) simülasyonu ile elde edilmektedir. Aslında tüm işlemler sistem diskinde yapılır. CP (control program) ile simülasyon, CMS ile de (Conversational Monitoring System) görüntü sisteminin işletim programı çalıştırılır/35/.

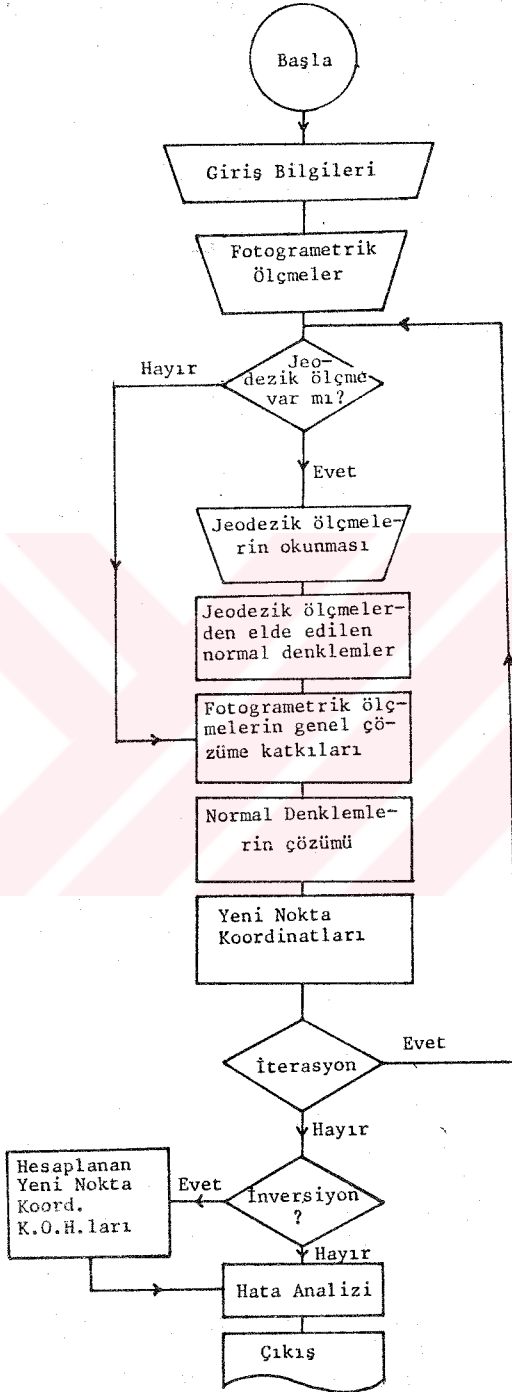


ŞEKİL 4.2. IBM 4341 Bilgisayarının Yapısı

Işın demetleri ile ölçülen resim koordinatlarını, resim çekme parametrelerini ölçülen jeodezik büyüklükleri ağırlıklarını da gözönüne alarak aynı anda dengeleyen ve sonuç olarak dengelenmiş yer koordinatlarını, resim çekme parametrelerini ve bu değerlerin dengeleme sonrası (a posteriori) karesel ortalama hatalarını ve eğer varsa yer noktalarının bilinen yer koordinatlarına göre hesaplanan koordinatlarının sapmalarını çıkış olarak veren bu bilgisayar programının akış diyagramı (Şekil 4.3), kullanılan algoritmanın anahatlarını göstermektedir.

Bu program, hava fotogrametrisi için kullanılabileceği, gibi eksen sisteminde yapılacak değişiklik ile yersel fotogrametriye de uygulanabilmektedir. Hazırlanan bilgisayar programı FORTRAN IV dilinde kodlanmış olup ana program ve 38 alt programdan oluşmaktadır. Kullanıcıya ayrılmış olan disk üzerindeki 2MB'lık alanın % 30'unu Text'i ile birlikte program doldurmaktadır. Dengelenmiş koordinatların varyans-kovaryans matrisinden dengeleme sonrası (a posteriori) karesel ortalama hatalarını hesaplayan KOH adlı alt program, giriş bilgilerine bağlı olarak, istenildiği zaman çağrılabilir. Aynı biçimde jeodezik ölçmeler de giriş bilgileri içinde bulunmaktadır. $NG=0$ alındığı zaman program jeodezik ölçmeleri okuyan ve bunların normal denklemler sistemine katkılarını hesaplayan alt programları çağırarak, ve yalnız fotogrametrik ölçmelerle ışın demetleri ile en küçük kareler yöntemine göre dengeleme hesabı yapmaktadır.

Yalnız jeodezik ölçmelerin bağımsız dengelenmesi söz konusu değildir. Hava fotogrametrisi uygulamalarında hesaplanan koordinatlar geosentrik veya coğrafi koordinat sistemine dönüştürülebilmektedir. Yersel fotogrametri uygulamalarında ise, koordinatlar seçilen yerel dik koordinat sisteminde verilmektedir. Yaklaşık değerlerin Taylor açılımı ile lineerleştirmenin yakınsama alanı içinde kalması yeterli olmaktadır. Ölçülen resim koordinatlarının, resim çekme parametrelerinin ve jeodezik büyüklüklerin "a priori karesel ortalama hataları", giriş bilgisi olarak verilmektedir. İndirgenmiş normal denklemler COZ alt programında Gauss indirgeme yöntemine/30/ göre çözülmekte olup, normal



ŞEKİL 4.3. Akış Diyagramı

denklem katsayıları, simetri özelliğinden faydalanılarak tek boyutlu olarak COZ alt programına gelmekte ve burada hesaplanan bilinmeyen resim çekme parametreleri, KOORD alt programında yeni nokta koordinatlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu alt programdan elde edilen değerlere göre her seferinde birim ağırlığının karesel ortalama hatası hesaplanmakta ve bu değer bir önceki iterasyondan elde edilen değerden büyük ise iterasyon kesilmektedir. Maksimum iterasyon sayısı da giriş bilgilerinden belirlenmiştir. Programın giriş ve çıkış bilgilerini içeren çıkışlar ekte dir. (Bak Ekler)

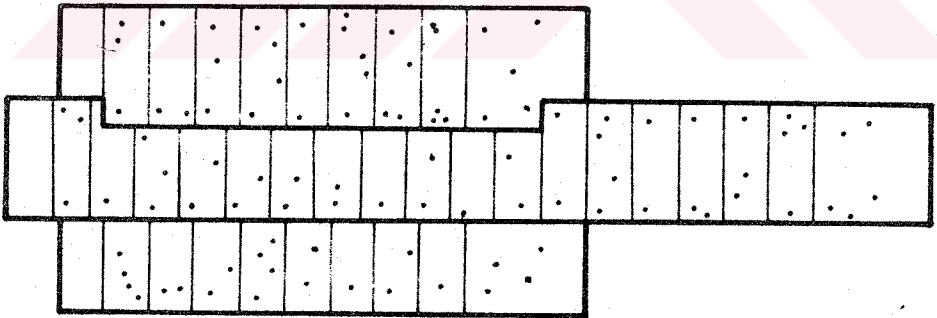


BÖLÜM V

5. UYGULAMA

5.1. Gramastetten Test Kümesi

Yukarı Avusturya'da 60 km^2 'lik bir alanı kapsayan Gramastetten test kümesinde (Şekil 5.1) yükseklikler 270 m ile 620 m arasında değişmekte olup, bölge arazi yapısı bakımından tepelik bir karakter göstermektedir. Küme içerisinde fotogrametrik olarak belirlenecek tüm noktalar yeryüzünde işaretlenmiş olup, koordinat değerleri yersel ölçmeler ile önceden belirlenmiştir.



ŞEKİL 5.1. Gramastetten Test Kümesinin Yapısı /1/

Film çekimi Bundesamt für Eich und Vermessungswesen yönetiminde yapılmış olup, negatiflerin bozulmasını önlemek amacıyla cam plaklar üzerine Kronaryöntemi ile kopyalar çıkartılmış ve resim ölçmeleri bu cam plaklar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Küme hakkındaki önemli veriler aşağıda toplanmıştır.

Uçuş Zamanı: 20 Eylül 1966, 13.00

Uçuş Biçimi: 10 resimlik iki şerit
19 resimlik bir şerit

Örtü Oranı : % 60 boyuna ve % 30 enine örtü

Resim Çekme

Makinesi : Wild RC5

Objectif : Universal Aviogon No.341
f=152.63 mm

Resim Boyu-
tu : (23x23) cm²

Ortalama

Uçuş Yük-

sekliği : Yeryüzünden itibaren 1500 m

Resim Ölçeği: 1/10000

Orta şeridin uzantısı olan 9 resim kümenin yapısına bir etkide bulunmaması ve tek şerit karakteri taşıması nedeniyle ölçme ve dengelemenin kapsamı dışında tutulmuştur. Resim ölçmeleri stereokomparatör ve monokomparatör olarak ölçme yapma olanağı sağlayan WILD STK 1 komparatöründe yapılmıştır/1/.

Wild STK 1 stereokomparatörü, fotogrametrik resim çiftleri üzerinde izdüşümleri bulunan noktaların düzlem ortogonal koordinatlarının ölçülmesini sağlayan bir alettir. Film veya cam üzerine negatif veya pozitif resim çiftlerini (23x23) cm² boyutuna kadar ölçme olanağı vardır. Elektrikli koordinat kayıt aracı EK 6 yardımıyla ölçme değerlerini 1µm'lik bir doğrulukla otomatik olarak yazı ile yazmak ve aynı zamanda delikli kart veya delikli şerit üzerine kayıt etmek olanağı bulunmaktadır.

Bu çalışmada Wild STK 1'in monokomparatör olarak kullanılması ile elde edilen resim koordinatları kullanılmaktadır/1/.

5.1.1.Hava Fotogrametrisi Uygulaması

Hava fotogrametrisi için yapılan uygulamada üç ayrı durum ele alınmış ve jeodezik ölçmelerin hesaplanan yeni nokta koordinatlarının konum ve yükseklik inceliğine etkileri her durum için ayrı ayrı incelenmiştir.

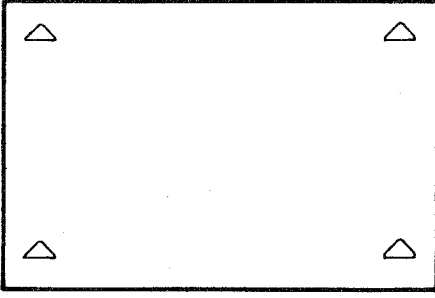
1. ve 2. durumda standardizasyonu sağlamak için aynı geçiş nokta ve jeodezik ölçme düzeni kullanılmış, elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılarak genelleştirebilme olanakları araştırılmıştır. 30 resimlik 3. durum da ise 8 geçiş noktası alınmış olup, jeodezik ölçme düzeni ise aynı kalmıştır.

1. durum için 3 resimlik bir şerit, 2. durum için 12 resimlik (3x4) bir küme, 3. durum içinde 30 resimlik (3x10) küme ele alınmıştır. 1. ve 2. durumlarda geçiş nokta sayısı dört, 3. durumda ise sekiz olarak alınmış jeodezik ölçme düzeni ise her üç durumda aynı kalmıştır.

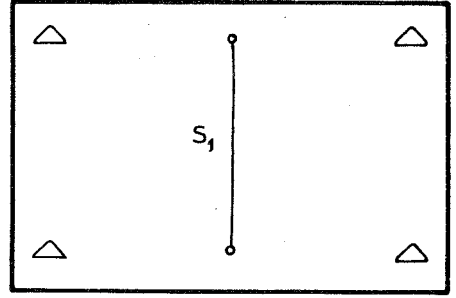
Ayrı ayrı incelenen 1. ve 2. durumun geçiş nokta ve jeodezik ölçme düzenleri Şekil 5.2'deki gibidir. 3. durumun geçiş nokta düzeni ise Şekil 5.3'de görülmektedir. Jeodezik ölçme düzeni ise Şekil 5.2'dekinin aynıdır.

Resim ölçme değerleri Böl. 5 de söz konusu edilen 1974 yılında yapılan bir çalışmada/1/ kullanılan değerlerdir. Yer noktalarının bilinen jeodezik koordinatlarından jeodezik ölçmeler üretilmiştir. Üretilen bu ölçmelerin karesel ortalama hataları ise, noktaların koordinatları için yapılmış ölçmelerin bilinen karesel ortalama hatalarından, hataların artma yasasının/29/ uygulanması ile hesaplanarak saptanmış ve böylece bu değerlerin dengeleme içindeki ağırlıkları saptanmıştır.

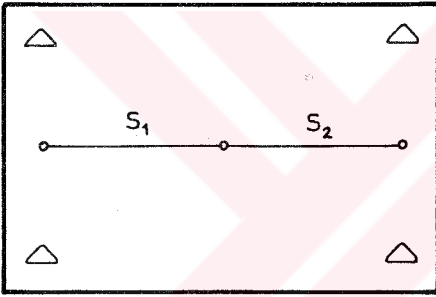
Noktaların bilinen koordinatlarından hesap yoluyla üretilen jeodezik ölçmeler, belirlenen ağırlıkları ile dengeleme işlemini kapsatılarak fotogrametrik ölçmelerle beraber aynı anda denge lenerek, yeni noktaların koordinatları bilinen jeodezik koordinatlarına göre olan sapmalarının karesel ortalama hataları ile hesaplanmıştır.



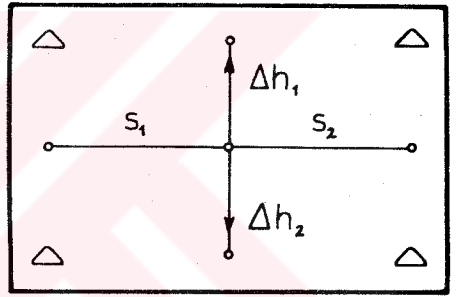
1. Düzen



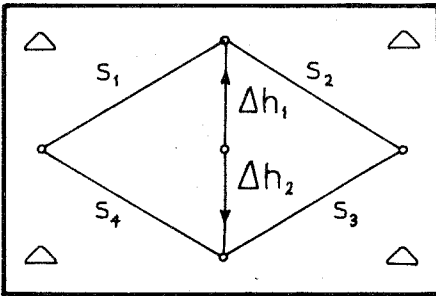
2. Düzen



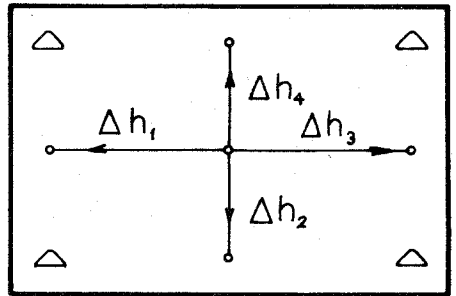
3. Düzen



4. Düzen

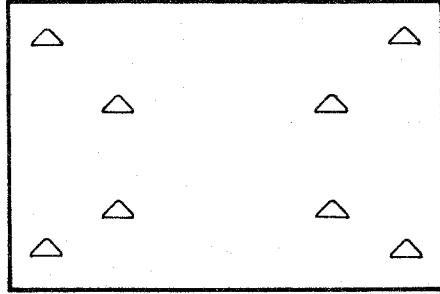


5. Düzen



6. Düzen

ŞEKİL 5.2. 1. ve 2. durumlardaki geçiş nokta ve jeodezik ölçme düzenleri



ŞEKİL 5.3. 3. Durumun geçiş nokta düzeni

Resim koordinatları ölçmesinin a priori karesel ortalama hatası $m_r = \pm 0.005$ mm, geçiş noktalarının koordinatlarının karesel ortalama hataları $m_x = m_y = m_z = \pm 0.01$ m, boy ölçmelerinin $m_s = \pm 0.01$ m, yükseklik farkı ölçmelerinin $m_{\Delta h} = \pm 0.04$ m olarak belirlenmiştir. Bilinmeyenlerin yaklaşık değerleri ise polinomlarla dengeleme ile daha önceden hesaplanmış olup bilinmektedir.

Her bir durum için elde edilen değerler Çizelge 5.1, 5.2, 5.3'de gösterilmiştir. Düzen 1'de dengeleme hesabı yalnızca fotogrametrik ölçmelerle gerçekleştirilmiş ve geçiş noktaları da karesel ortalama hataları ile dengeleme hesabına kapsatılmışlardır.

Bu çizelgede 3. ve 4. sütunlarda, jeodezik ölçmelerle bulunan koordinat değerlerinden fotogrametrik yolla bulunan koordinat değerlerinin çıkartılması ile elde edilen M_x , M_y karesel ortalama hata değerleri görülmektedir. 5. sütunda ise bu değerlerin, bulunan $M_p = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ karesel ortalama konum hataları verilmektedir. 11. sütunda ise $\bar{M}_p / m_p$ bölümünden elde edilen değerler görülmektedir ($\bar{M}_p = M_p / \text{resim ölçeği}$).

ÇİZELGE 5.1. 3 Resimlik Şerit Durum 1.

Düzen No	Birim Ağırlığın K.O.H.'sı m_0 $[\mu m]$	Karesel Ortala.Değer $[cm]$				Max. Değerler $[cm]$				$\frac{\bar{M}_P}{m_0}$ $\frac{M_H}{H}$ %	
		M_X	M_Y	M_P	M_H	M_{Xmax}	M_{Ymax}	M_{Pmax}	M_{Hmax}	$\frac{\bar{M}_P}{m_0}$	$\frac{M_H}{H}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6.5	2.2	1.7	2.8	2.8	-4.7	-2.6	5.4	-4.6	1.1	0.47
2	4.7	2.2	1.7	2.8	2.6	-4.5	-2.6	5.2	-4.4	1.5	0.43
3	4.5	1.7	1.6	2.4	1.3	-2.9	-2.6	3.9	-3.3	1.33	0.22
4	3.9	1.7	1.6	2.3	1.4	-2.9	-2.5	3.8	-2.2	1.48	0.23
5	2.6	1.4	1.7	2.2	1.2	-1.9	-2.3	3.0	-1.8	2.17	0.20
6	2.8	1.8	1.7	2.5	1.6	-1.9	-2.5	3.1	-2.1	2.29	0.26

ÇİZELGE 5.2. 12 Resimlik Küme Durum 2

Düzen No	Birim Ağırlığın K.O.H.'sı m_0 $[\mu m]$	Karesel Ortala.Değer $[cm]$				Max. Değerler $[cm]$				$\frac{\bar{M}_P}{m_0}$	$\frac{M_H}{H}$	%
		M_X	M_Y	M_P	M_H	M_{Xmax}	M_{Ymax}	M_{Pmax}	M_{Hmax}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	6.3	7.5	6.8	10.1	91.1	30.3	28.9	41.9	261.7	1.60	0.6	
2	5.9	6.5	6.3	9.1	91.2	26.5	28.9	39.2	259.1	1.54	0.6	
3	6.1	5.9	6.3	8.6	91.0	20.9	26.0	33.4	259.3	1.41	0.6	
4	5.9	4.5	5.4	7.0	13.0	17.8	24.0	29.9	42.0	1.18	0.08	
5	5.9	4.0	4.4	5.9	14.4	17.4	22.7	28.6	55.1	1.00	0.09	
6	5.5	5.3	5.8	7.9	11.8	23.1	27.0	35.5	40.2	1.44	0.07	

ÇİZELGE 5.3. 30 Resimlik Küme Durum 3

Düzen No	Birim Ağırlığın K.O.H.'sı [μm] m_0	Karesel Ortala. Değer [cm]				Max. Değerler [cm]				%o	
		M_X	M_Y	M_P	M_H	$M_{X\max}$	$M_{Y\max}$	$M_{P\max}$	$M_{H\max}$	$\frac{\bar{M}_P}{m_0}$	$\frac{M_H}{H}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	55.8	38.0	51.8	64.2	120.7	-140.9	138.0	197.0	-322.0	1.15	0.80
2	54.7	38.6	58.8	70.3	118.0	-142.0	190.0	237.0	-349.0	1.29	0.78
3	55.06	38.0	57.1	68.6	117.5	-122.0	182.0	219.0	-329.0	1.25	0.78
4	54.8	36.9	56.9	67.8	103.0	-123.0	183.0	220.0	281.0	1.24	0.69
5	52.8	36.0	42.6	55.8	99.0	-130.0	149.0	198.0	-255.0	1.06	0.66
6	54.8	38.4	56.0	67.9	100.0	-140.0	187.0	234.0	204.0	1.24	0.66

Hava fotogrametrisinde elde edilen değerler izelge 5.1, 5.2, 5.3'de özetlenmiştir. Uygulamanın bu safhasında geçiş nokta sayısı sabit tutularak, boy ve yükseklik farkı ölçmeleri, "a priori karesel ortalama hataları" ile her bir düzende farklı sayıda ve konumda olmak üzere dengeleme hesabına dahil edilmişlerdir. Bunun sonucu olarak da jeodezik ölçmelerin, konum ve yükseklik hatalarına her düzende yaptığı etki incelenmiştir.

3 resimlik şerit için olan durum (izelge 5.1) incelendiğinde, en iyi sonuçların 4 boy ve 2 yükseklik farkının ölçüldüğü 5. düzende olduğu görülmektedir. Tek bir boyun ölçüldüğü 2. düzen yalnız fotogrametrik ölçmelerin dengelendiği 1. düzene göre, fazla bir farklılık göstermemekte, buna karşın iki boyun ölçüldüğü 3. düzen 2. düzene göre M_x için % 22, M_h içinde % 50 lik bir incelik artışı sağlamaktadır. 4. ve 5. düzenlerde önemli bir farklılık olmamasına rağmen, birim ağırlığın karesel ortalama değeri m_0 azalmaktadır. Dört yükseklik farkının ölçüldüğü düzen 6'daki M_x , M_y , M_h değerleri, 3., 4., 5. inci dzenlerdekinden büyüktür. Buradan da görüldüğü üzere, yükseklik farkı ölçmelerinin etkileri boy ölçmeleri kadar fazla değildir.

3 resimlik küçük bir şerit için elde edilen bu sonuçlar, 12 resimlik (3x4) kümede farklılıklar göstermektedir. 4 geçiş noktası bu kümede özellikle yükseklik inceliğinin yeteri derecede sağlıyamamıştır. Z- yönünde 2.5 m'ye varan değerler ortaya çıkmaktadır. 91 cm'lik M_h değeri 2 boyun hesaba katılması ile azalmamış, M_p için ise % 14'lk azalma sağlanmıştır. İki yükseklik farkının hesaba katıldığı düzen 4 de ise M_h yükseklik hatası ± 13 cm'ye düşmüş, maksimum değer ise 42 cm olmuştur. Küme ortasında alınan bu iki yükseklik farkı kümeye yükseklik geçiş noktası gibi etki sağlamış, kümenin ortasındaki deformasyonu oldukça azaltmıştır. 5. düzende ölçülen 4 boy aralarında lme yapılan dört noktanın birbirleri ile olan uzaklıklarını, verilen lme değerleri ile belirledikten ve de bu değerler dengeleme içinde ağırlıklarına göre az bir değişim gösterdiklerinden dolayı zorlayıcı olarak sistem içinde noktaların dış doğruluklarına etki etmektedirler. Bu yüzden 5. düzende

her ne kadar konum hatası $M_p = \pm 5.9$ cm ile düzenler içinde en iyi değeri vermiş ise de yükseklik hatası M_h artmıştır. Yalnız dört yükseklik farkının ölçüldüğü düzen 6 ise $M_h = \pm 11.8$ cm ile en düşük yükseklik hatası değerini içermektedir.

Şekil 5.3'deki gibi 8 geçiş noktalı düzeni içeren 30 resimlik kümede jeodezik ölçmelerin hesaba katılmaları beklenildiği gibi bir incelik artışına neden olmadığı Çizelge 5.3'den görülmektedir. Tam aksine konum hataları artmış, yalnızca M_h yükseklik hatası düzenler için de maksimum % 17 azalmıştır. Jeodezik ölçmeler noktaların bilinen jeodezik koordinatlarından hesap yoluyla üretildiklerinden aslına uygun bir değeri ve karesel ortalama hatayı içermemektedirler. Bu da sistem içinde homojen olmayan gerilmelere veya gevşekliklere neden olmaktadır. Jeodezik ölçmeler küme içinde noktaların birbirlerine göre olan konum hatalarını azaltmakta, buna karşı geçiş noktaları ile sağlanan mutlak yöneltmede zayıf noktaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

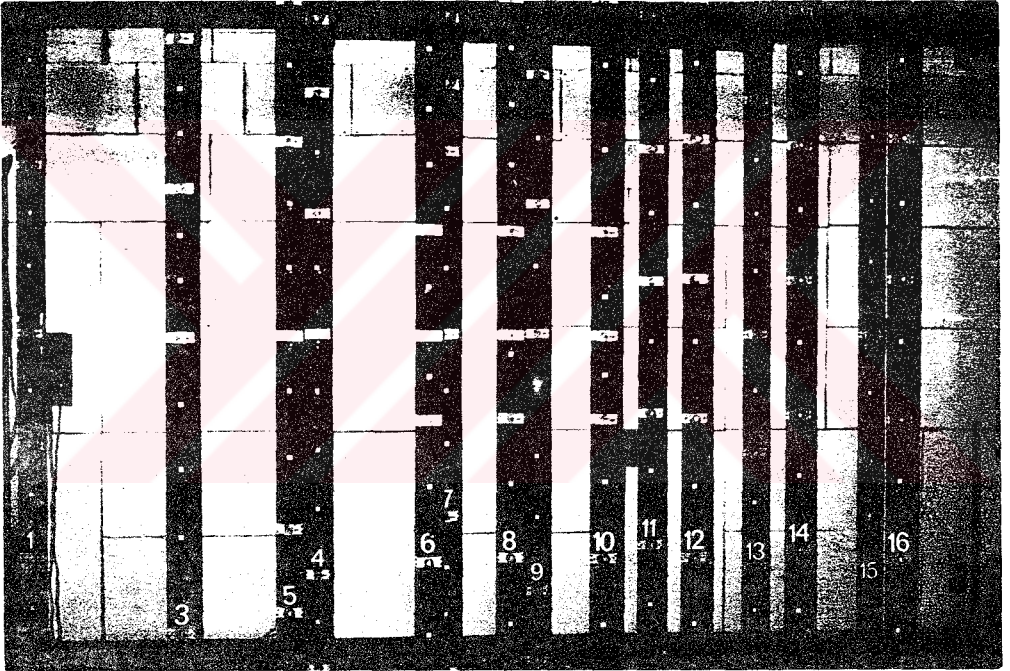
5.2. Yersel Fotogrametri için Uygulama

Hava fotogrametrisinin aksine fotogrametrisinin mühendislik uygulamalarında kullanılması durumunda, hava üçgenlemesinde (fotogrametrik üçgenlemede) olduğu gibi, belirli bir resim çekme düzeninden konusu etmek zordur. Diğer bir zorlukta, hava resim çekme makinelerine göre yersel resim çekme makinelerinin resim boyutlarının ve resim çekme makine sabitlerinin farklı değerleri içermeleridir.

Yersel fotogrametrik uygulamalarda görülen bu çeşitlilik nedeniyle, genel bir sonuca erişmek için bir test alanında yapılan bir çalışma esas alınarak buradan elde edilen değerler, hazırlanan bilgisayar programında (Bölüm 4.6) jeodezik ölçmelerle beraber dengelenerek, bu ölçmelerin konum ve yükseklik inceliklerine olan etkileri incelenmiştir.

Farklı düzlemlerde yerleştirilen 17 alümin-

yum düşey çubuktan oluşan test alanında, bu çubuklar üzerine yerleştirilmiş 200 nokta bulunmaktadır (Şekil 3.4). Noktaların bir kısmı kağıt üzerine çizilmiş + işaretlerinden, bir kısmı da bir silindir üzerinde cama kazılmış işaretlerden oluşmaktadır. Cama kazılmış işaretler üç eksen yönünde küçük ötelemeler verilebilecek biçimde yerleştirilmiştir. Bu işaretlerin ötelenme değerleri bir ölçme sayacı yardımıyla ± 0.01 mm incelik derecesi ile okunabilmektedir.



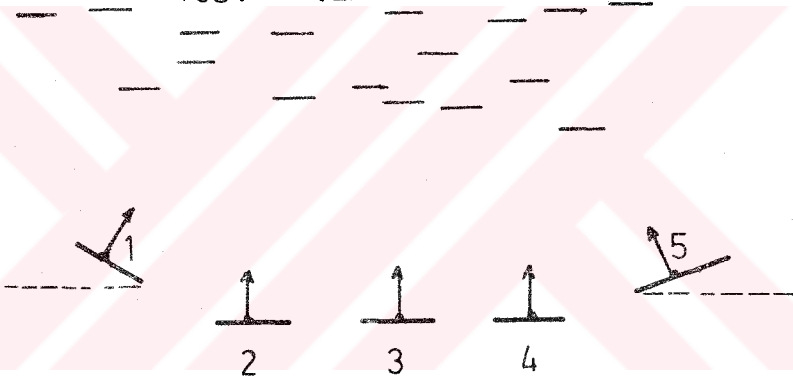
ŞEKİL 5.4. Test Alanı /2/

Bu test alanının UMK 10/1318 resim çekme makinesi ile beş durak noktasından resimleri çekilmiştir. Bu resim çekme işleminden sonra, test alanındaki noktalardan 9 tanesi x ve y yönünde, 9 tanesi de z yönünde ötelenmiştir. Ortaya çıkan yeni durum 1. durumun deformasyonlu durumuna benzermektedir. Bu deformasyonlu durumda yine aynı resim çekme duraklarından test alanının resimleri çekilmiş ve bu iki durumda elde edilen resimler üzerinde Zeiss PSK Komparatöründe resim koordinatları

ölçülmüştür. Her iki durumda da, jeodezik ölçmelerin noktaların konum ve yükseklik inceliğine olan etkilerini belirlemek için test alanı içinde farklı düzlemlerdeki çubuklar üzerinde seçilen noktalar arasındaki üç uzaklık hesaplanarak "a priori karesel ortalama hataları" ile dengeleme hesabına kapsatılmışlardır.

Hesaplama işlemleri resim çekme duraklarının sayı ve şekli gözönüne alınarak aşağıdaki düzenlerde yapılmıştır.

Deney 1: (2-3-4) no.lu resimler,
Deney 2: (1-3-5) no.lu resimler,
Deney 3: (1-2-3-4-5) no.lu resimler
Test Alanı



ŞEKİL 5- Resim çekme duraklarının konumu

Ötelinebilen 18 noktanın koordinatları deformasyon öncesi ve sonrası farklı geçiş nokta sayısında fakat her deney için aynı düzende belirlenmiştir. Geçiş noktalarının koordinatları önceden ölçülmüş ve a priori karesel ortalama hataları ile dengeleme hesabına sokulmuştur.

Ötelinebilen noktaların deformasyon öncesi ve sonrası hesaplanan koordinat farklarının ölçme sayacı ile belirlenen öteleme değerinden olan farklılardan, karesel ortalama koordinat hataları hesaplanabilmektedir. Hesaplanan bu değerler, 5.4'den 5.6'ya kadar olan çizelgelerde görülmektedir. Karesel ortalama hatalara ek olarak, Z- koordinatı için resim çekme uzaklığın % 0 si olarak bir değer hesaplanmıştır.

ÇİZELGE 5.4. [Deney 1, (2,3,4) no.lu resimler]

Geçiş Noktası Sayısı	M_X (mm)	M_Y (mm)	M_Z (mm)	%oE
3	0.221	0.158	0.922	0.307
4	0.182	0.158	0.822	0.274
5	0.162	0.146	0.717	0.239
6	0.158	0.143	0.621	0.207
7	0.157	0.139	0.348	0.116
8	0.157	0.137	0.338	0.112
9	0.138	0.120	0.320	0.106
12	0.132	0.110	0.318	0.106

ÇİZELGE 5.5. [Deney 2, (1,3,5) no.lu resimler]

Geçiş Noktası Sayısı	M_X (mm)	M_Y (mm)	M_Z (mm)	%oE
3	0.128	0.126	0.294	0.09
4	0.122	0.137	0.272	0.09
5	0.108	0.110	0.262	0.087
6	0.100	0.109	0.257	0.086
7	0.098	0.099	0.242	0.080
8	0.092	0.097	0.238	0.079
9	0.088	0.097	0.222	0.074
12	0.072	0.081	0.201	0.067

ÇİZELGE 5.6. [Deney 3, (1,2,3,4,5) no.lu resimler]

Geçiş Noktası Sayısı	M_X (mm)	M_Y (mm)	M_Z (mm)	%oE
3	0.132	0.131	0.229	0.076
4	0.122	0.119	0.215	0.072
5	0.105	0.110	0.204	0.068
6	0.103	0.091	0.209	0.069
7	0.111	0.104	0.181	0.060
8	0.100	0.094	0.163	0.054
9	0.096	0.093	0.132	0.044
12	0.078	0.092	0.112	0.037

Her üç deney için elde edilen değerler, jeodezik ölçmelerin ve geçiş nokta koordinatlarının a priori karesel ortalama hatalarının gözönüne alınmadan yapılan çalışmada da/2/ elde edilen değerler ile karşılaştırılınca Çizelge 5.7, 5.8. 5.9'daki sonuçlar elde edilir. Bu çizelgedeki değerler her koordinat yönündeki karesel Ort. hatanın % olarak artma veya eksilmesini göstermektedir.

ÇİZELGE 5.7. Deney Düzeni 1 için
/2/'ye göre farklılıklar

Geçiş Nokta Sayısı	ΔM % ^x	ΔM % ^y	ΔM % ^z
3	-24	+ 1	-10
4	-13	+ 1	-19
5	- 5	- 9	-23
6	- 1	- 5	-22
7	- 5	- 7	-24
8	- 5	- 9	- 9
9	- 2	-20	+ 0.3
12	- 6	-27	- 0.6

ÇİZELGE 5.8. Deney Düzeni 2 için
/2/'ye göre farklılıklar

Geçiş Nokta Sayısı	ΔM % ^x	ΔM % ^y	ΔM % ^z
3	-20	-53	-5
4	-13	-22	-9
5	-10	-57	-13
6	-16	-58	-1
7	-18	-50	-7
8	-23	-46	-5
9	-20	-35	0
12	-20	-38	0

ÇİZELGE 5.9. Deney Düzeni 3 için /2/'ye göre farklılıklar

Geçiş Nokta Sayısı	ΔM % ^x	ΔM % ^y	% M % ^z
3	-12	-18	-0.4
4	-13	-26	-2.2
5	- 5	- 8	+2
6	- 6	-25	+5
7	0	- 5	0
8	0	-15	+2
9	- 4	-15	-6
12	- 3	- 8	-6

Yersel fotogrametri uygulamasının 2. kısmında ise aynı işlem bu kez aynı geçiş noktası sayısı durumunda farklı sayıda ölçülen boyun dengeleme hesabına sokulması ile yapılmıştır. Bunun için 12 geçiş noktası durumunda farklı sayıda boy ölçme değerleri hesaba katılmış ve her 3 deney için aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

ÇİZELGE 5.10. Deney 1 (12 Geçiş Noktası)

Ölçülen Boy Sayısı	M_x	M_y	M_z	%oE
0	0.148	0.142	0.340	0.113
3	0.132	0.110	0.318	0.106
5	0.124	0.097	0.307	0.102
8	0.107	0.086	0.294	0.098

ÇİZELGE 5.11. Deney 2 (12 Geçiş Noktası)

Ölçülen Boy Sayısı	M_x	M_y	M_z	%oE
0	0.124	0.157	0.213	0.071
3	0.072	0.081	0.201	0.067
5	0.061	0.067	0.183	0.061
8	0.058	0.060	0.179	0.059

ÇİZELGE 5.12. Deney 3 (12 Geçiş Noktası)

Ölçülen Boy Sayısı	M_x	M_y	M_z	%OE
0	0.086	0.114	0.133	0.044
3	0.078	0.092	0.112	0.037
5	0.072	0.081	0.094	0.031
8	0.073	0.071	0.098	0.032

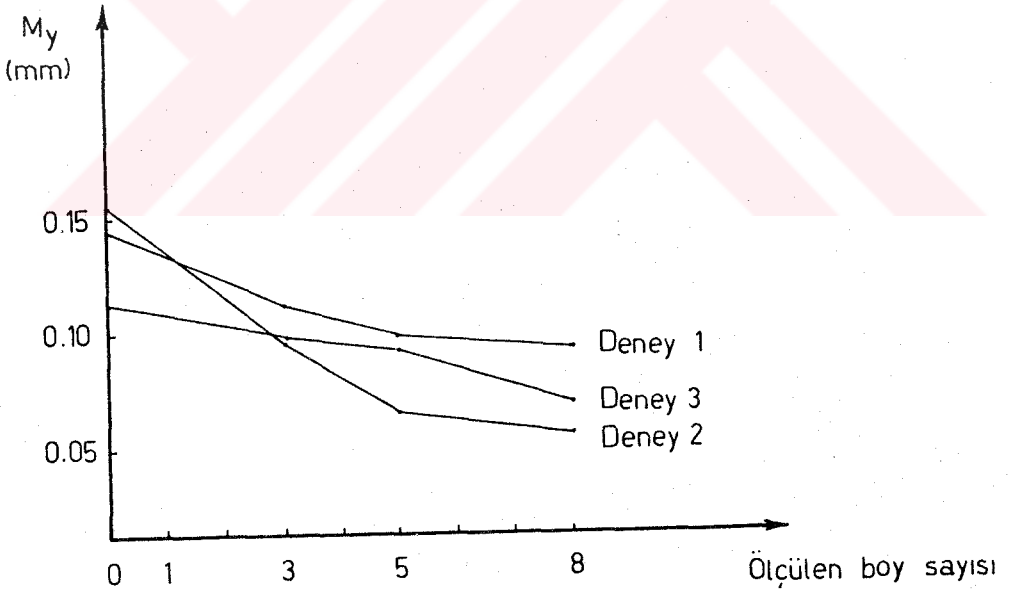
Ölçülen boyların dengeleme hesabına katılması ile hesaplanan karesel ortalama hatalar her üç deney için Çizelge 5.4, 5.5, 5.6'da gösterilmiştir. Bu değerlerin ölçülen boyların dengeleme hesabına alınmadan hesaplanan değerlere göre olan artma veya eksilme değerleri de Çizelge 5.7, 5.8, 5.9'da % olarak görülmektedir.

Normal konumdaki 2,3,4 no.lu resimlerin kullanılması ile elde edilen Deney 1'deki karesel ortalama hatalardaki maksimum azalma (Çizelge 5.7) M_x için 3 geçiş noktası durumunda M_y içinde 12 geçiş noktası durumunda, M_z için ise 7 geçiş noktası durumunda görülmektedir. 7 geçiş noktasından sonra M_z için önemli bir azalma görülmemektedir. 3 geçiş noktası ile 7 geçiş noktası arasında M_z için azalma % 10 ile % 24 arasındadır.

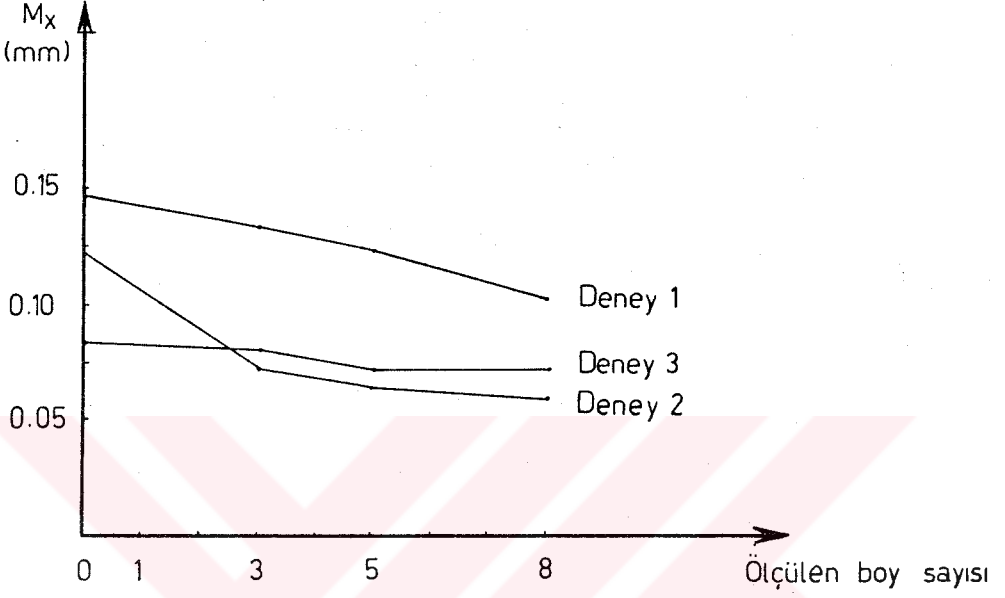
1 ve 5 no.lu dönük resimler ile 3 no.lu normal konumdaki resmin oluşturduğu Deney 2 de ise M_y için (Çizelge 5.8) azalmalar oldukça fazladır. 6 geçiş noktası için maksimum değer olan % 58'lik bir azalma izlenmektedir. M_x için azalmaların maksimum değeri 8 geçiş noktası için olan % 18'lik değerdir. M_z deki maksimum azalma ise % 13 ile 5 geçiş noktası durumundadır. Boylar her ne kadar farklı düzlemlerdeki noktalar arasında seçilmiş iseler de bunlar M_x ve M_y 'e daha fazla etkimektedir. Bunun görünen bir nedeni de aralarında boy ölçmesi yapılan noktaların Z- yönündeki koordinat farklarının X ve Y yönündeki koordinat farklarına göre küçük olmasıdır. Dönük resimlerin gözönüne alınması ile M_x ve M_y için azalma oranı artmış

(% 13 ile % 58 arasında), fakat buna karşın M_z için fazla bir azalma sağlanamamıştır. Dönük resimlerin sağladığı incelik artışı ölçülen boyların sağlayacağı incelik artışını bir anlamda aşmıştır. Normal konumlu resimlerin kullanıldığı Deney 1 de ise etkiler daha fazla ve belirgindir.

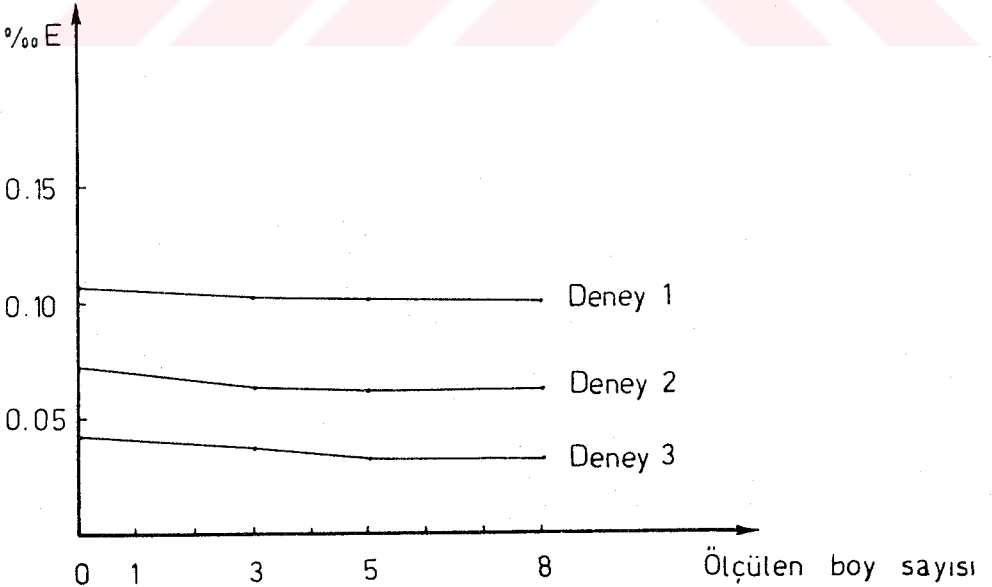
Tüm resimlerin kullanıldığı Deney 3 de ise, 3 ve 4 geçiş noktalı durumda, M_x ve M_y için karesel ortalama hatalarda azalma % 12 ile % 16 arasındadır. M_z için ise azalma % 2 civarındadır. 6,7,8 geçiş noktalı durumlarda M_z için karesel ortalama hata büyümekte 9,12 geçiş noktalı durumlarda ise % 6'lık bir azalma görülmektedir.



ŞEKİL 5.6. Ölçülen boy sayısına göre M_x 'in değişimi



ŞEKİL 5.7. Ölçülen boy sayısına göre M_y 'nin değişimi



ŞEKİL 5.8. Ölçülen boy sayısına göre %E nin değişimi

Uygulamanın ikinci safhasında ise 12 geçiş noktalı durumda her deney için farklı sayıda boy ölölerek hesaba katılmış ve karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır (izelge 5.10, 5.11, 5.12). Elde edilen değerlere göre çizilen grafikler (şekil 5.6, 5.7, 5.8) M_x , M_y , ve $\%E$ 'nin ölülen boy sayısına göre değişimini göstermektedir. şekillerden görüldüğü üzere 3 boyun ölçülmesi durumu jeodezik ölçmelerin bulunmadığı duruma göre belirli bir farklılık göstermektedir. 3 boydan sonra hesaba alınan boylar M_x , M_y ve $\%E$ de önemli bir azalmaya neden olmamaktadır.

BÖLÜM VI

6- SONUÇLAR

Fotogrametrik nokta belirlemesi problemlerinde, fotogrametrik olmayan ölçmeler fotogrametrik sistemden ayrı dengelenmekte ve buradan elde edilen dengelenmiş değerler fotogrametrik dengeleme işleminde kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak da Bölüm III'de konu edilen sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, fotogrametrik ve fotogrametrik olmayan ölçmelerin (jeodezik ölçmeler) ortak dengelenmesi için kullanılan bilgisayar programı iki ayrı uygulama üzerinde denenmiş ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- o Jeodezik ölçmelerin hesaba katılması ile konum ve yükseklik hatalarında azalma görülmektedir.
- o Geçiş nokta sayısının az ve yetersiz olduğu durumlarda karesel ortalama hataları ile dengelemeye giren jeodezik ölçmeler kontrol için kullanılabilmektedir.
- o Geçiş nokta sayısının fazla olması durumunda, dengelemeye kapsatılan jeodezik ölçmeler, inceliğe doymuş sisteme fazla bir incelik artışı sağlamadığı gibi, bazan da azalma ortaya çıkarmaktadır.
- o Dengelemeye katılan jeodezik ölçmeler sis-

tem içinde zorlayıcı bir rol oynamaktadır.

- o Jeodezik ölçmelerin sayısı arttıkça indirgenmiş normal denklemlerin band genişliği artmakta ve bunun sonucu olarak da bilgisayarda çözüm için geçen CPU süresi artmaktadır.
- o Ölçülen tüm büyüklükler ağırlıkları ile dengeleme hesabına girdiğinden hata analizi daha gerçeğe kavuşmaktadır.
- o Ölçmeler ağırlıkları ile dengelendikleri için a priori karesel ortalama hatalarının aslına uygun değerleri içermeleri gerekmektedir. Aksi durumlarda özellikle büyük kümelerde deformasyonlar ortaya çıkmaktadır.
- o Yersel fotogrametri de normal konumlu resimlerin kullanılması durumunda jeodezik ölçmelerin hesaba kapsatılması belirli sayıda geçiş noktası sayısına kadar bir incelik artışı sağlamakta, bundan sonra, artış olmamaktadır, bu da jeodezik ölçmelerin sistem içinde geçiş noktası gibi kullanılabileceğini göstermekte ve /2/ deki bulguları doğrulamaktadır.
- o Teorik ve pratik örneklerden, fotogrametrik ölçmelerin, fotogrametrik olmayan ölçmelerle (jeodezik ölçmeler) ortak dengelenmesinin uygun bilgisayar programları olduğu zaman mühendislik ve topoğrafik amaçlı problemlerin çözümünde kullanılabilecek hızlı ve ekonomik bir yöntem olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- /1/ ALTAN, M.O. Stereo- ve Mono-komparatörlerin Blok Triyangülasyonundaki Rolü ve Kadastro Fotogrametrisine Uygulama, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1974.
- /2/ ALTAN, M.O. Genauigkeitsuntersuchung Photogrammetrischer Deformationsmessungen an einem Testfeld, Bildmessung und Luftbildwesen, 52(1984), Heft 1, s.29-35.
- /3/ AYTAÇ, M. "1977-1978 Yılında Acunda Fotogrametrinin Durumu", İ.T.Ü. Dergisi, Cilt 36, No 1, 1978, s.1-8.
- /4/ KARARA, H.M. Recent Developments and Trends in Close-Range Photogrammetry, Invited Paper, First Pan American and Third National Congress of Photogrammetry, Photo-Interpretation and Geodesy, 1974.
- /5/ AYTAÇ, M. Mimarlık Fotogrametrisi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Atatürk'ün 100. Doğum Yılı Konferansı, 1982.

- /6/ MOHL, H. Vergleichende fehler-
theoretische Untersuchungen
über die Genauigkeit
verschiedener Verfahren
der photogrammetrischen
Streifentriangulation, DGK
Reihe C, Heft Nr.149,
Münih, 1970.
- /7/ GHOSH, S.K. Analytical Photogrammetry,
Pergamon Press Inc., N.Y.,
1979.
- /8/ HAAG, K. Die photogrammetrische
Bündelausgleichung und die
Auflösung grosser Normal-
gleichungssysteme, D.G.K.
Reihe C, Heft Nr.232,
Münih, 1977.
- /9/ JORDAN-EGGERT-
KNEISEL Handbuch der Vermessungs-
kunde Band III a/1 Photog-
rammetrie, JB Metzlersche
Verlagsbuchhandlung,
Stuttgart, 1972.
- /10/ FINSTERWALDER, R.
HOFMAN, W. Fotogrametri (Türkçesi:
Prof.M.Aytaç, Doç.Dr.C.
Örmeci, Doç.Dr.M.O.Altan,
İ.T.Ü.Kütüphanesi, Sayı
1242, 1983).
- /11/ MEIXNER, H. Programmentwicklung und
Genauigkeitsuntersuchungen
zur Bündelmethode der
Aerotriangulation. DGK
Reihe C Nr.206, Münih,
1975.
- /12/ FAIG, W. Calibration of Close-Range
Systems, Mathematical
Formulation, Photogrammetric
Engineering, VOL XLI,
No 12, 1975, s.1479-1489.

- /13/ F.KENEFICK,
S.GYER,
F.HARP Analytical Self Calibration,
Photogrammetric Engineering,
Vol XXXVIII, No 11, 1974,
s.1117-1126.
- /14/ EBBINGHAUS,W.W. Ein allgemein formuliertes
Konzept zur Bildtriangulation
mit gemeinsamer Aus-
gleichung photogrammetrischer
und geodätischer Beobach-
tungen, I.P.Congress of
I.S.P., 1984.
- /15/ SCHMID,H.H. Ein allgemeiner Ausgleich-
ungs Algorithmus für die
numerische Auswertung in
der Photogrammetrie,
E.T.H. Mitteilungen Nr.22,
Zürich, 1977.
- /16/ GRANSHAW,S.I. Bundle Adjustment Methods
in Engineering Photog-
rammetry, Photogrammetric
Record, Vol X, No.56, s.
181-203.
- /17/ WONG,K.W. Aerotriangulation by SAPGO,
Photogrammetric Engineering,
Vol XXXII, No.10, 1972,
s.779-790.
- /18/ KLEIN,H. Results from the south
Western Ontario APR-Test
Block, DGK Reihe B, Heft
215, 1975.
- /19/ EL HAKİM,W.FAIG A combined Adjustment of
Geodetic and Photogrammetric
Observations, Photogrammet-
ric Engineering and Remote
Sensing, Vol.47 No.1, 1981,
s.93-99.
- /20/ ELASSAL,A. Generalized Adjustment by
Least Squares, Photogrammet-
ric Engineering and Remote
Sensing, Vol.49, No.2,
1983, s.201-206.

- /21/ LARSON, R. Simultaneous photogrammetric and geodetic Adjustment Algorithms and Data Structures, Stockholm, 1983.
- /22/ DÜPPE, D. R. Kombinierte Ausgleichung in der Photogrammetrie. Programmkonzeption und Beispiele, Invited Paper, ISP Congress, Rio de Janeiro, 1984.
- /23/ BROWN, D. C. The Bundle Adjustment Progress and Prospects, Invited Paper, ISP Congress, Helsinki, 1976.
- /24/ GRUMPELT, H. Ein analytisches Verfahren der Bündelverknüpfung in der Nahbildmessung, angewandt auf Deformationsmessungen an einer Tunnelröhre im Bergbaugebiet, D.G.K. Reihe C. Heft Nr. 189, Münih, 1973.
- /25/ SCHURR, P. Analytische Auswertung terrestrischer Aufnahmen mit Hilfe von vertikalen und horizontalen Objekt massstäben, Wissenschaftliche Arbeiten der Uni. Hannover Nr.73, Hannover, 1977.
- /26/ HELL, G. Terrestrische Bildtriangulation mit Berücksichtigung zusätzlicher Beobachtungen, DGK Reihe C Nr.252, Münih, 1979.
- /27/ KRAUS, K.
KAGER, H. Gemeinsame Ausgleichung photogrammetrischer, geodätischer und fiktiver Beobachtungen, Presented Paper, ISP Congress, Ottawa, 1972.

- /28/ EBBINGHAUS, W.W. Zur Verfahrensentwicklung
in der Nahbereichsphotogrammetrie, Institut für
Photogrammetrie der Uni.
Bonn, Heft 2, Bonn, 1981.
- /29/ GOTTHARDT, E. Dengelemeye Giriş (Türkçe-
si: Prof.M.Aytaç, Doç.Dr.
Cankut Örmeci, Doç.Dr.M.O.
Altan, İ.T.Ü.Kütüphanesi,
Sayı 997, 1974.
- /30/ AYTAÇ, M. Modern Dengeleme, İ.T.Ü.
Kütüphanesi Sayı 1293,
İ.T.Ü.Matbaası, 1984.
- /31/ WOLF, P.W. Elements of Photogrammetry,
Mc Graw Hill Inc., A.B.D.
1974.
- /32/ EBNER, H. Combined Adjustment of
Photogrammetric and Non-
photogrammetric Information,
Presented Paper, I.S.P.
Congress, Rio de Janeiro,
1984.
- /33/ KRUCK, E. Ordnungs-Lösungsmethode für
die Simultan ausgleichung
grosser photogrammetrisch-
geodätischer Netze,
Presented Paper, ISP
Congress, Rio de Janeiro,
1984.
- /34/ ACKERMANN; F.E. Matrix Structures in Block
Adjustments, Publication
of I.T.C. Serie A, Number
32, Delft, 1964.
- /35/ I.B.M. VM/SP System
Product Editor Command and
Macro Reference, I.B.M.
Publication, NY, 1982.



E K L E R

PAGE 002

FILE: 317 NAVA A 000 1-20- DİĞİ İZLEM DEĞİRE BAKIMLARI - AYAZSO ***

ITERASYON: 1 DİLİNMİYEN SAVİTİ: 18

SERBESTLİK DEĞERCEĞİ
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

1 SERBESTLİK
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

DEL X0 DEL X0 DEL X0
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL OMEGA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL PHI SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL KAPPA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

ITERASYON: 2 DİLİNMİYEN SAVİTİ: 18

SERBESTLİK DEĞERCEĞİ
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

1 SERBESTLİK
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

DEL X0 DEL X0 DEL X0
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL OMEGA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL PHI SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL KAPPA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

ITERASYON: 3 DİLİNMİYEN SAVİTİ: 18

SERBESTLİK DEĞERCEĞİ
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

1 SERBESTLİK
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

DEL X0 DEL X0 DEL X0
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL OMEGA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL PHI SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL KAPPA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

ITERASYON: 4 DİLİNMİYEN SAVİTİ: 18

SERBESTLİK DEĞERCEĞİ
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

1 SERBESTLİK
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

DEL X0 DEL X0 DEL X0
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL OMEGA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL PHI SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL KAPPA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

ITERASYON: 5 DİLİNMİYEN SAVİTİ: 18

SERBESTLİK DEĞERCEĞİ
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

1 SERBESTLİK
DİĞİ AGİRLİĞİN K-ÇİMİA POSTERİORİ

DEL X0 DEL X0 DEL X0
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL OMEGA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL PHI SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DEL KAPPA SEC
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000
0.0000 0.0000 0.0000

DİS VOYELTE PARAMETRELERİNİN KARESEL ORTALAMA HATALARI
(AÇILARIN K-ÇİMİA LARI SAVİTİ DİRTİMİNDİR)

RESİM X0 Y0 Z0 OMEGA PHI KAPPA

PAGE 004

FILE: SIT HAVA 1 *** I.T.O. BILGI ISLEM DAIRE GASKANLIGI - ANIZAGA ***

0	$\bar{X}$	-0.0073	$\bar{Y}$	-0.0051	$\bar{Z}$	0.7210
0	MAXIMUM HATA					
0	$\bar{X}$	-0.0465	$\bar{Y}$	-0.0262	$\bar{Z}$	0.5460

EK 2- Fotogrametrik ve jeodezik ölçmelerin ortak dengelenmesine ait
yersel fotogrametri için bilgisayar çıkışı

PAGE 001

FILE: SIT YT A *** I.T.U. BİLGİ İŞLEN GAIRE BAKARLIĞI - AYAZAGA ***

1

* FOTOGRAMETRİK VE JEODEZİK ÖLÇMELERİN ORTAK DENGELİNMESİ *
* I - Y - U İNŞAAT FAKÜLTESİ *
* FOTOGRAMETRİ ANA BİLİM DALI *
* İTİB KULÜBÜ *

ORTAK UZAKLIĞI..... 131.973
XP..... 303.020 YP..... 260.988
NOKTA SAYISI..... 29
RESİM SAYISI..... 5
JEODEZİK NOKTALARIN SAYISI..... 6
HER NOKTA İÇİN MAKSİMUM RESİM SAYISI... 6
İTERASYON SAYISI..... 3
X-Y-Z KONTROL SAYISI..... 12
ÖLÇÜLEH AÇI SAYISI..... 0
ÖLÇÜLEH UZAKLIK SAYISI..... 3
ÖLÇÜLEH YÜK. FARKI SAYISI..... 0

* BAŞLANGIÇ VERİLERİ *

RESİM I

NOKTA K3

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

NOKTA H0

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

U

V

W

X

Y

Z

EK 3- Fotogrametrik ve jeodezik ölçmelerin ortak dengelenmesine ait
hava üçgenlemesi için bilgisayar çıkışı

FILE: SIT HAV42 A *** 1.1.0. BILGI İŞLEM DAİRE BAŞKANLIĞI - ANKARA *** PAGE 001

FOTOGRAFİYİN VE JEODEZİK ÖLÇMELERİN ORTAK DENGELİNMESİ
1. T. C. İNŞAAT FAKÜLTESİ
FOTOGRAFİYERİ ANA BİLİM DALI
SİTKİ KULUR

ODAK UZAKLIĞI..... 152.000
XP..... 0.000 YP..... 0.000
NOKTA SAYISI..... 24
RESİM SAYISI..... 12
JEODEZİK NOKTALARIN SAYISI..... 4
HER NOKTA İÇİN MAKSİMUM RESİM SAYISI... 6
İTERASYON SAYISI..... 8
X-Y-Z KONTROL SAYISI..... 4
ÖLÇÜLEN AÇI SAYISI..... 0
ÖLÇÜLEN UZAKLIK SAYISI..... 0
ÖLÇÜLEN YÜK. FARKI SAYISI..... 4

NOKTA NO	RESİM	1	Y
1	X	1.970	-2.402
2	X	1.970	-2.402
3	X	1.970	-2.402
4	X	1.970	-2.402
5	X	1.970	-2.402
6	X	1.970	-2.402
7	X	1.970	-2.402
8	X	1.970	-2.402
9	X	1.970	-2.402
10	X	1.970	-2.402
11	X	1.970	-2.402
12	X	1.970	-2.402
13	X	1.970	-2.402
14	X	1.970	-2.402
15	X	1.970	-2.402
16	X	1.970	-2.402
17	X	1.970	-2.402
18	X	1.970	-2.402
19	X	1.970	-2.402
20	X	1.970	-2.402
21	X	1.970	-2.402
22	X	1.970	-2.402
23	X	1.970	-2.402
24	X	1.970	-2.402

[illegible]



Bu çalışmada bana her konuda destek olan ve üstün bilgi ve tecrübesi ile yönlendiren sayın Hocam Prof. Mustafa AYTAÇ'a, uygulamada çalışmalarından ve önerilerinden faydalandığım sayın Hocam. Doç. Dr. Orhan ALTAN'a ve İ.T.Ü. Bilgi İşlem Daire Başkanlığı personeline teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

22.2.1950'de İstanbul'da doğdum. İlkokulu Beşiktaş Şair Nedim İlkokulunda, Orta ve Liseyi Alman Lisesinde bitirdim.

1970 yılında İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümüne girdim. 1975 yılında mühendislik eğitimimi, 1977 yılında da Fotogrametri Anabilim Dalında M.M.L.S. eğitimi mi bitirdim.

1975-1977 yılları arasında İstanbul Belediyesi Harita Md.lüğünde İmar Planı uygulamalarında mühendis olarak çalıştım.

Askerlik görevimi 1977-1979 yılları arasında Harita Genel Komutanlığında Fotogrametri Daire Başkanlığı Havai Nirengi şubesinde tamamladım.

1979 yılından itibaren İ.T.Ü. Fotogrametri Anabilim Dalında görev yapmaktayım. Evli ve iki çocuk babasıyım.