

## *IŞIN DEMETLERİ İLE BLOK DENGELİME*

*Yük.Müh.Yzb.Necati ÖLÇÜCÜOĞLU*

### ÖZET

*Harita üretim çalışmalarında, arazi çalışmalarının güçlükleri fotogrametri ile önemli ölçüde aşılmıştır. Fakat Fotogrametride de modellerin kıymetlendirilebilmesi için koordinatları bilinen noktalara gereksinim vardır. Bu gereksinim, fotogrametrik nirengi uygulamasının önem kazanmasını sağlamıştır. Fotogrametrik nirengi ile elde edilen koordinatların doğruluklarında da kullanılan dengeleme yöntemi önemli derecede etkin olmaktadır.*

*Günümüzde hesaplama araçlarının teknolojiye paralel olarak hızlı gelişimi, fonksiyonel ve stokastik modelleri daha gelişmiş fotogrametrik nirengi dengeleme yöntemlerini uygulanabilir kılmıştır.*

*Bu araştırma, genel olarak uygulama alanında kullanılabilecek sigada ek parametresiz işin demetleri ile blok dengeleme programı geliştirerek, test alanı verileriyle değerlendirmeyi amaçlamıştır.*

*Harita Genel Komutanlığının test alanına ilişkin 1/14 000 ölçegin - deki resimlerden ZEISS PSK Stereokomparatoru ile koordinatlar elde edilmişdir. Komparator Koordinatlarından yer küreselliği, film büzülmesi, kırılma ve objektif distorsiyon gibi fonksiyonel modeli bilinen sistematik hatalar arındırılarak resim koordinatlarına geçilmiştir.*

*Test alanındaki kolon ve bloklar çeşitli nokta dağılımlarında işin demetleri ile blok dengeleme programı yöntemiyle dengelenmiştir. Dengeleme sonucu elde edilen koordinatlar ile aynı noktaların Jeodezik ölçmeler sonucu elde edilen koordinatları arasındaki farklar incelenmiştir.*

*Bu çalışma sonunda kurumsal beklentinin gerektirdiği ve çeşitli ülkelerin test alanlarında yapılan uygulamalar ile elde edilmiş sonuçlar paralelinde gelişim gözlenmiştir. Bu araştırmada kullanılan ek parametresiz işin demetleri ile blok dengeleme programının uygulamalarında girdi verilerinde yapılan kaba hataların kolay ayıklanamadığı gözlenmiştir. Dengeleme programında iterasyonun durdurulmasında kullanılan ölçütte yakınsama hızı olmamıştır. Test alanına ilişkin verilerle yapılan dengeleme sonucunda (Diğer ülkelerde elde edilen sonuçlarda olduğu gibi) kurumsal beklentinin ak-sine bağımsız modellerle blok dengeleme ek parametresiz işin demetleri ile*

*blok dengelemeden doğruya daha yakın sonuç vermiştir.*

### 1. GİRİŞ

*Hava Fotogrametrisi yardımcı ile Jeodezik çalışmalar en az düzeye indirilmiş ve harita üretimi çalışmalarında araziden büroya kayma olmuştur. Bununla beraber Bir stereoskopik modelin kıymetlendirilmesinde koordinatları bilinen en az üç noktaya gereksinme vardır.*

*Bu nedenle fotogrametrik yöntemle yapılan haritalarda harcamaların yaklaşık yarısı koordinatları bilinen nokta elde etmek amacıyla arazi çalışmalarına gitmektedir.*

*Bu açıklamaların ışığı altında, anlaşılırabileceğî gibi fotogrametrik yöntemin üstünlükleri ancak fotogrametrik nirengi ile daha da artmaktadır.*

*Fotogrametrik nirenginin üretmeye getirdiği bu kolaylıktan özellikle üretim kuruluşları olanakları ölçüünde yararlanmak istemişlerdir. Buna paralel olarak uygulayıcı ve akademik kurumlar birbirinden işlem ve doğruluk bakımından farklı programlar geliştirmiştirlerdir. Kurumların geliştirdikleri program ve yöntemler teknolojide hesaplama araçlarının gelişmelerine paralel olmuştur.*

*Bu araştırma ışın demetleri ile blok dengeleme programı hazırlayarak, uygulayıcı kurumların olanaklarına göre işlerliğinin sağlanması ve test bölgesi verileri ile de sonuçlarını analiz etmeyi amaçlamıştır.*

### 2. KURAMSAL TEMELLER

#### 2.1. ANALİTİK FOTOGRAMETRİK NIRENGİ

*Fotogrametrik nirengi çeşitli ölçütlerde göre sınıflandırılabilir. Bu ölçüler dengelemede kullanılan birim (Kolon, resim, model) veri toplamada kullanılan yöntem ve araçlar (Analog, analitik, yarı analog), yardımcı verilerin kullanılıp kullanılmaması olabilir.*

*Son yıllarda hesaplama araçlarındaki gelişmelere paralel olarak analitik fotogrametrik nirengide bir çok yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerdeki yaklaşımlarda temelde benzerlik olmakla beraber bazlarında önemli farklılıklar vardır. Genellikle analitik fotogrametride geliştirilen*

yöntem, bunu geliştiren kişinin veya kurumun adıyla bilinir.

Bütün analitik yöntemlerin hepsinde giriş verileri resim koordinatlarıdır. Bu koordinatlar mono veya stereokomparatorlarla elde edilirler. Giriş verileri bilinen hata kaynaklarından arındırıldıktan sonra fotogrametrik nirengide kullanılırlar.

Analitik, fotogrametrik nirengide iki farklı yaklaşım vardır :

#### 2.1.1. ARDIŞIK FOTOGRAMETRİK NİRENGİ

Bu yaklaşımda fotogrametrik nirengi evrelerle gerçekleştirilebilir . Burada analog aletlerde yapılan fotogrametrik nirengi çalışma evreleri göz önüne gelebilir. (Şekil: 1)

#### 2.1.2. İŞİN DEMETLERİ İLE FOTOGRAMETRİK NİRENGİ

İşin demetleri ile dengelemenin özü yereyde bulunan bir nokta, izdüşüm merkezi ve bu noktanın resim üzerindeki görüntüsü bir doğru üzerinde olması prensibidir. Bu nedenle resimde görülen her noktanın bir izdüşüm ışını vardır. Yereyde bulunan bir nokta birçok resimde bulunacağından bunu temsil edebilecek birçok işin söz konusudur. (Şekil : 2)

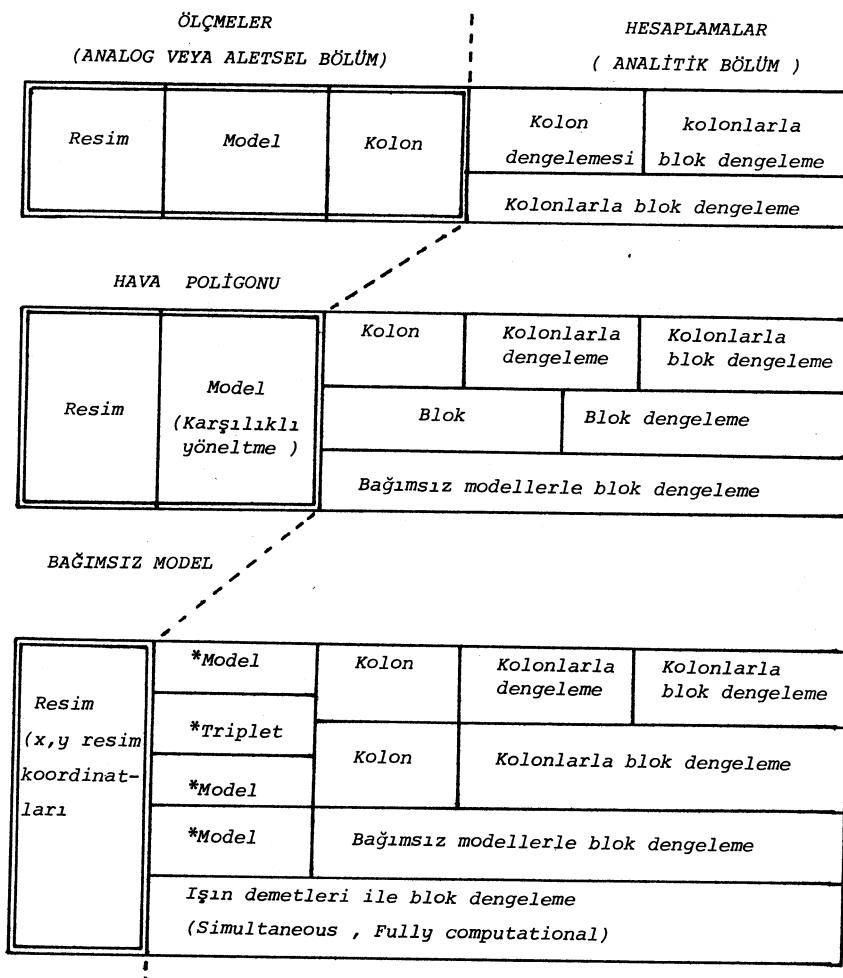
Bu noktaların uzayda konumları izdüşüm işinlarının arazide bir noktada kesişmeleri ile bulunur. Yereyde bulunan tüm noktaların uzaydaki konumları bu şekilde belirlenirken, mevcut kontrol noktaları ile de araziye en iyi uyumu sağlayacak şekilde tüm işinların oluşturduğu demetler bir bütün olarak dengelenir.

Bu yaklaşım ile fotogrametrik nirengi bir evrede bitirilir. Kuramsal açıdan bu yöntem oldukça kesin ve yaklaşıklıkları olmayan fonksiyonel modelin en iyi geliştirildiği yöntemdir. Parametre ve koordinat bilinmeyenlerinin yaklaşık değerlerine gereksinme duyulduğu için bazı programlar yaklaşık değerleri elde edilebilecek yöntemleride içermektedir.

İşin demetleri ile blok dengeleme programlarından bazıları şunlardır:

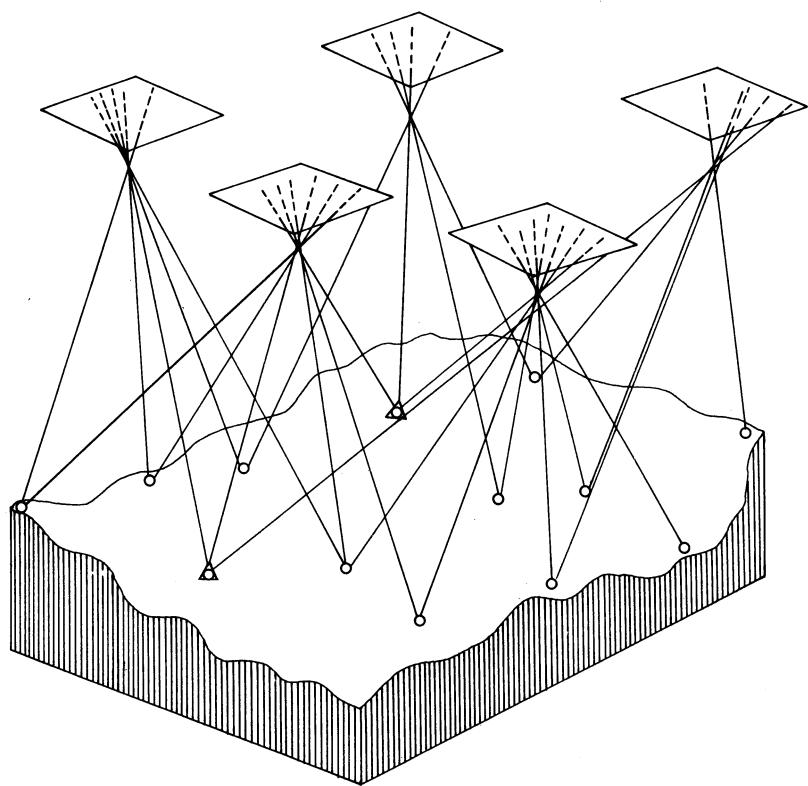
SAPGO : "Simultaneous Adjustment of Photogrammetric and Geodetic Observation" ifadesinin kısa gösterimidir. Jeodezik ve fotogrametrik gözlemlerin bir arada dengelenmesini amaçlar. Bu program WONG ve ELPHINGSTONE ta-

("Analytical Photogrammetry ", Sanjib, K. GHOSH, s.133)



\*Ardışık (Sequential ) analitik fotogrametrik nirengi

Sekil : 1



Sekil: 2

taffından geliştirilmiştir.

MUSAT : "Multiple Station Analytical Triangulation" sözcüklerinin kısaltılmış şekli olup "U.S. Army Engineer Topographic Laboratories" tarafından geliştirilmiştir. Tek model, kolon ve blok deneleme yapar. İlk MUSAT 1969 yılında tamamlanmıştır. Daha sonra MUSAT geliştirilmiş ve kapasitesi 2000 resime kadar çıkmıştır. Geliştirilmiş MUSAT Programı kaba hatları otomatik araştırır, sonuçları ve sonuç hatalarını istatistiksel olarak analiz eder.

BROWN YÖNTEMİ : Brown tarafından geliştirilmiş işin demetleri ile blok deneleme programıdır.

SCHMID YÖNTEMİ : Programın temeli Schmid'in çalışmalarına dayanır. Daha sonra 1967 yılında Keller ve Tewinkel tarafından geliştirilmiştir. Fortran IV programlama dilinde yazılmış olup, maksimum kapasitesi 500 reşimdir.

## 2.2. YAKLAŞIK DEĞERLERİN ELDE EDİLMESİ

Işin demetleri ile blok denelemede fonksiyonel model doğrusal olmadığından iteratif bir deneleme gereklidir. Doğrusallaştırılmış gözlem eşitlikleri için yaklaşık değerlere gereksinme vardır. Mevcut yaklaşık değerlerin yaklaşılıklık dereceleri iterasyon sayısında etkili olacaktır.

İki gurup yaklaşık değerlere gereksinme vardır,

a)  $x_o$ ,  $y_o$ ,  $z_o$ ,  $w, \phi, \kappa$  dış yönetme parametreleri için

b)  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  noktaların arazi koordinatları için

Yaklaşık değerlerin elde edilmesinde birçok yöntem olmasına karşılık analitik alanlar daha çok önerilmektedir.

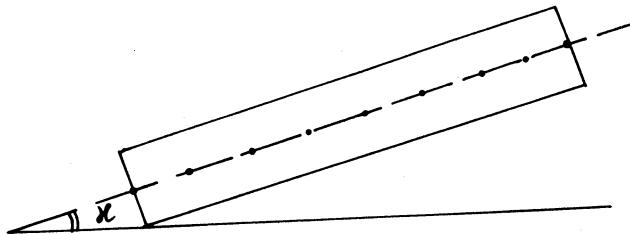
Bazı işin demetleri ile blok deneleme programları gerekli olan parametre ve koordinat bilinmeyenlerinin yaklaşık değerlerini hesaplamayı içe-

rir bazıları ise parametre bilinmeyenlerini hesaplarken, noktaların yaklaşıkları koordinatlarının girdi olarak verilmesini gerektirir. Uygulamada aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılır.

2.2.1. Önceden daha basit yöntemle blok dengelenir. Böylece hem kaba hatalar ayıklanır hem de dengeleme sonuçları için demetleri için oldukça iyi yaklaşık değerlerdir. Sözelimi böyle bir hesaplama ardisık analitik fotogrametrik nirengi yöntemlerinden kolonlarla dengeleme olabilir.

2.2.2. Yaklaşık değerler aşağıdaki gibi elde edilebilir ;

a) Her kolonun ilk ve son resminin resim alım noktalarının yaklaşık koordinatları verilir. Daha sonra her resmin izdüşüm merkezlerinin  $x_o, y_o$  Koordinatları interpolasyon ile bulunur. (Şekil:3)



Şekil : 3

b) ( $\kappa$ ) yaklaşık değeri kolon doğrultusunda bulunan iki nokta ile hesaplanabilir. Bu iki nokta yaklaşık olarak haritadan alınır.

c) Resimler yaklaşık düşey kabul edilerek  $w + \phi = 0$  alınır.

d) ( $z_o$ ) değeri olarak, her izdüşüm merkezi için aynı kabul edilerek, mutlak uçuş yüksekliği alınır.

e) Noktaların ( $Z$ ) değerleri olarak ortalama arazi yüksekliği alınabilir.

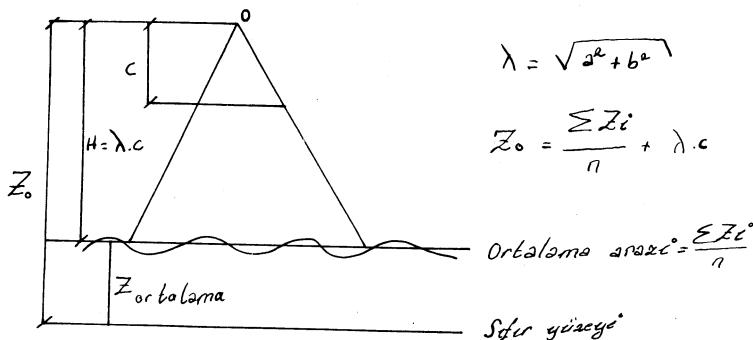
f) Noktaların ( $X$ ) ve ( $Y$ ) değerleri haritadan alınabilir.

2.2.3.  $\kappa$ ,  $x_o$ ,  $y_o$ ,  $z_o$  yaklaşık değerleri benzerlik dönüşümü ile elde edilir.

Resim üzerinde birbirinden oldukça uzak olan iki noktanın arazi ve resim koordinatları kullanılarak  $x_o$ ,  $y_o$ ,  $\kappa$  yaklaşık değerleri (1) eşitlikleri kullanılarak bulunur.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & l & o \\ y & x & o & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ x_o \\ y_o \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\kappa = \text{Arctan} \left( \frac{b}{a} \right)$$



Şekil : 4

Seklinde hesaplanır.

**2.2.4. Noktanın yaklaşık koordinatları ( $X, Y, Z$ ) qirdi olarak verilir.**  
 Resimin yaklaşık olarak ortasında bulunan noktanın ( $X, Y$ ) değerleri ( $X_0$ ) ve ( $Y_0$ ) olarak kabul edilir.  $\kappa$ ,  $Z_0$  yaklaşık değerleri 2.2.3. yönteminde açılandırıldı qibi bulunur.  $\omega = \phi = 0$  kabul edilir. Blok dengelemeye geçmeden önce her resimdeki noktaların yaklaşık koordinatlarından yararlanarak uzay geriden kestirme yapılarak ilk yaklaşık değerler daha da iyileştirilir. (Bu çalışmada kullanılan işin demetleri ile blok dengeleme programı bu yöntemi kullanmaktadır.)

#### 2.3. İŞİN DEMETLERİ İLE DENGELEMEDE DOĞRULUK

Fotogrametrik nirengide doğruluğu etkileyen etkenlerden birisi de kullanılan dengeleme yöntemi ve dengelemede kullanılan birimidir. Dengelemecek birim bazı mühendislik projelerinden örneğin karayolu veya sulama projelerinden dolayı kolon olabilir.

Burada doğruluk karşılaştırma ölçütleri :

$$\mu_X = \sqrt{\frac{[dx dx]}{n}} \quad \mu_Y = \sqrt{\frac{[dy dy]}{n}} \quad \mu_Z = \sqrt{\frac{[dz dz]}{n}}$$

$$\mu_{X,Y} = \sqrt{\frac{\mu_X^2 + \mu_Y^2}{2}} \quad \sigma_0 = \sqrt{\frac{p w r}{r}}$$

$dX, dY, dz$  : Karşılaştırma noktaları (Jeodezik ölçmeler sonucu koordinatları belirlenmiş noktalar) ile fotogrametrik nirengi sonucu bulunan koordinatlar arasındaki farklar.

$n$  : Karşılaştırma sayısı.

#### 2.3.1. KURAMSAL DOĞRULUK :

Kuramsal doğruluk araştırmalarında birim kolon alınarak yapılan dengelemenin kullanılan dengeleme yönteminde çok, kontrol noktaları arasındaki model sayısına bağlı olduğu gözlenmiştir. (F.AMER, Part II)

*İşin demetleri ile blok dengelemede KUNJI tarafından yapılan kuramsal planimetrik doğrulukta Çizelge 1 'deki sonuçlar elde edilmiştir.*  
*(F.AMER Part II)*

*KUNJI ve EBNER tarafından yapılan kuramsal yükseklik araştırmasında ise aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.*

$$u_z \approx (0.93 + 0.19 i) \sigma_o \quad (\% 20 \text{ yan bindirme})$$

$$u_z \approx 0.31 i \sigma_o \quad (\% 60 \text{ yan bindirme})$$

*i : Kontrol noktalarının bulunduğu bantlar arası model sayısı.*

	$u_{X,Y}$ (% 20 yan bindirme)	$u_{X,Y}$ (% 60 yan bindirme)
$i=2b$ çevre kontr.	$0.87 \sigma_o$	$0.58 \sigma_o$
8 nokta ile çevre kontr.	$(0.28 + 0.15 \cdot n_s) \sigma_o$	$(0.33 + 0.07 \cdot n_s) \sigma_o$
4 nokta ile çevre kontr.	$0.53 n_s \sigma_o$	$0.27 \cdot n_s \sigma_o$

*Çizelge : 1*

$n_s$  : Bir kolondaki model sayısı (Kare bloklarda)

*Kurumsal doğruluk araştırmalarından şu sonuçlar çıkarılmıştır :*

a) ( $i=2b$ ) olacak şekilde blok çevresi kontrol noktaları ile denetim altına alınırsa oldukça iyi planimetrik doğruluk elde edilecektir. Aynı zamanda mutlak planimetrik doğruluk  $u_{X,Y} < 2 \sigma_{op}$  olmaktadır.

*Bu durumda doğruluk blok boyutundan bağımsız olmaktadır.*

b) Çevre kontrolu zayıflı adıkça, zayıflayan kısma doğru doğruluk düşmekte ve bloktaki noktaların doğruluklarında homojenlik ortadan kalkmaktadır.

c) % 30 - % 20 yan bindirme yerine % 60 yan bindirme olması planı - metrik doğruluğu artırmaktadır.

d) Çevre kontrolu sıklaştıkça işin demetleri ile blok dengelemede doğruluk daha da artmaktadır.

e) Yükseklikteki doğruluk birinci derecede (i)'ye bağlıdır. (i)'nin artmasıyla beraber doğruluk doğrusal olarak azalmaktadır.

f)  $i > 10$  olması salık verilmez.  $i < 5$  olması oldukça doğru sonuçlar vermektedir.

g) % 60 yan bindirme aynı zamanda yükseklikteki doğruluğu da artırmaktadır.

h) En büyük hatalar daima blok kenarlarında kontrol noktalarının oluşturduğu zincirlerin orta kısımlarında oluşturmaktadır.

### 2.3.2. UYGULAMADA ELDE EDİLEN DOĞRULUK :

" OBERSCHWABEN" test alanında kolonlar işin demetleri yöntemine göre dengelenmiştir. Geniş açılı kamera, 1/28 000 resim ölçüği ve her kolonda 25 model vardır. Bu uygulamada Çizelge 2'deki sonuçlar elde edilmiştir.

(F.AMER Part II)

	$i-2b$	$i-4b$	$i-6b$	$i-8b$	$i-12.5b$
$\mu_X$	9.7	10.1	12.0	12.9	17.1
$\mu_Y$	8.4	9.9	11.1	11.2	17.5
$\mu_Z$	16.2	18.8	21.7	22.8	41.1
$\sigma_o$	5.1	4.6	4.6	4.4	4.3

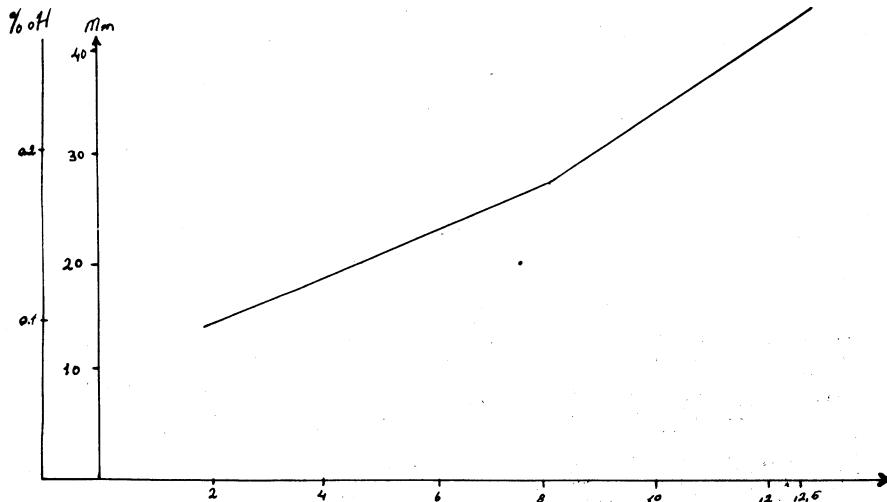
Çizelge : 2.

Bu uygulamada kuramsal beklentinin aksine bağımsız modeller ile kolon dengeleme ışın demetleri dengelemesinden daha doğru sonuç vermiştir.

İşın demetleri ile kolon dengelemede elde edilen yükseklik doğru - luğuna ilişkin grafik Şekil :5' de gösterilmiştir.

Yine "OEEPE-OBERSCHWABEN" test alanında yapılan çalışmalar sonucu kuramsal beklentinin aksine bağımsız modeller ile blok dengeleme ışın demetleri ile blok dengelemesinden daha doğru sonuç vermiştir. Bu uygulama - nin sonuçları Çizelge 3' de verilmiştir.

Finlandiya'da Helsinki Teknik Üniversitesi'nin çalışmaları ile ışın demetleri yöntemi kullanılarak kadastral amaçlar için sabit nokta üretilmiştir. Bu uygulamada resim koordinatları Zeiss PSK komparatoru ile ölçülmüş ve yereye yaklaşık iki kilometre aralıklarla bulunan ağı 400 m. aralık - taki noktalarla sıkıştırılmıştır. Resim ölçekleri 1/8 000 - 1/10 000 ara - sında, boyuna bindirme % 60, yan bindirme % 30 'dur. Bu uygulama sonunda Çizelge 4'deki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil: 5

KONTROL NOKTASI		İŞİN DEMETLERİ		
PLANİMETRİ	YÜKSEKLİK	$\sigma_o$ ( $\mu m$ )	$u_{x,y}$ ( $\mu m$ )	$u_z$ ( $\mu m$ )
Çevre kontrol $i = 2b$	13 zincir $i=2b$	5.7	14.7	18.2
Çevre kontrol $i=4b$	7 zincir $i=4b$	5.0	22.0	19.1
Çevre kontrol $i=6b$	5 zincir $i=6b$	4.7	27.9	22.2
Çevre kontrol $i=8b$	4 zincir $i=8b$	4.3	30.6	19.0
4 köşede	3 zincir $i=12,5b$	4.0	47.1	22.2

%

Çizelge:3

B L O K L A R	$\sigma_o$ (cm.)	rms (cm.)	$\frac{rms}{\sigma_o}$
Aarhus 1971	5.0	4.6	0.92
Aalborg 1971	4.8	4.1	0.85
Jersis 1971	4.9	6.2	1.27
Aarhus 1972	4.7	4.2	0.89
Aalborg 1972	6.8	4.8	0.71
Aarhus 1973	4.6	4.1	0.89
Aalborg 1973	5.0	4.8	0.96
Hoje-Tastrup 1973	5.0	5.2	0.93
		ORTALAMA	0.93

Çizelge : 4

"APPENWELER" test alanında, 112 modelden oluşan blokta ek parametrelî işin demetleri ile dengeleme sonucu planimetride Çizelge:7'de listelenen sonuçlar elde edilmiştir.

$\sigma_o$ (cm.)	$\mu_{x,y}$ (cm.)	$\mu_{max}$ (cm.)	$\sigma_o$ ( $\mu_m$ )	$\mu_{x,y}$ ( $\mu_m$ )	$\mu_{max}$ ( $\mu_m$ )
2.9	4.4	13.1	3.7	15.6	16.8

Çizelge: 7

"OBERSCHWABEN" test alanında ek parametrelî işin demetleri ile blok dengeleme uygulaması yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda zayıf nokta dağılımlı bloklarda oldukça iyi sonuç alınmış ve ek parametresiz işin demetleri ile blok dengelemeye göre doğrulukta artış planimetride 3.3, yükseklikte 2,3 katına ulaşmıştır.

Bu uygulama kuramsal beklenkiye uygun olarak bağımsız modellerle blok dengelemeye göre % 20 - % 40 oranında daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Bu uygulamanın sonuçları Çizelge 5 ve Çizelge 6' da verilmiştir.

Kontrol noktası dağılımı		Ek parametresiz ( $\mu_m$ )			Ek parametrelî ( $\mu_m$ )			Doğruluktaki artım oranı		
X, Y	Z	$\sigma_o$	$\mu_{x,y}$	$\mu_z$	$\sigma_o$	$Mx, y$	$Mz$	$\sigma_o$	$\mu_{x,y}$	$\mu_z$
i=2	i=4	5.3	8.8	15.8	3.3	5.2	12.2	1.3	1.7	1.2
i=4	i=8	4.7	14.0	22.2	3.2	5.6	14.6	1.5	2.5	1.5
i=8	i=12	4.1	24.1	28.4	3.2	7.2	16.5	1.3	3.3	1.7
i=11	i=25	4.0	24.9	44.2	3.2	8.0	18.9	1.3	3.1	2.3

Çizelge : 5

<i>Kontrol noktası dağılımı</i>	<i>Ek parametreli işin demetleri ( <math>\mu_m</math> )</i>	<i>Ek parametreli bağımsız model ( <math>\mu_m</math> )</i>	<i>Doğrulukta artım oranı</i>				
$X, Y$	$Z$	$\mu_{x,y}$	$\mu_z$	$\mu_{x,y}$	$\mu_z$	$\mu_{x,y}$	$\mu_z$
$i = 2$	$i = 4$	5.2	12.2	6.3	14.1	1.2	1.2
$i = 4$	$i = 8$	5.6	14.6	6.6	17.1	1.2	1.2
$i = 8$	$i = 12$	7.2	16.5	7.1	18.9	1.0	1.1
$i = 11$	$i = 25$	8.0	18.9	7.7	26.7	1.0	1.4

Çizelge : 6

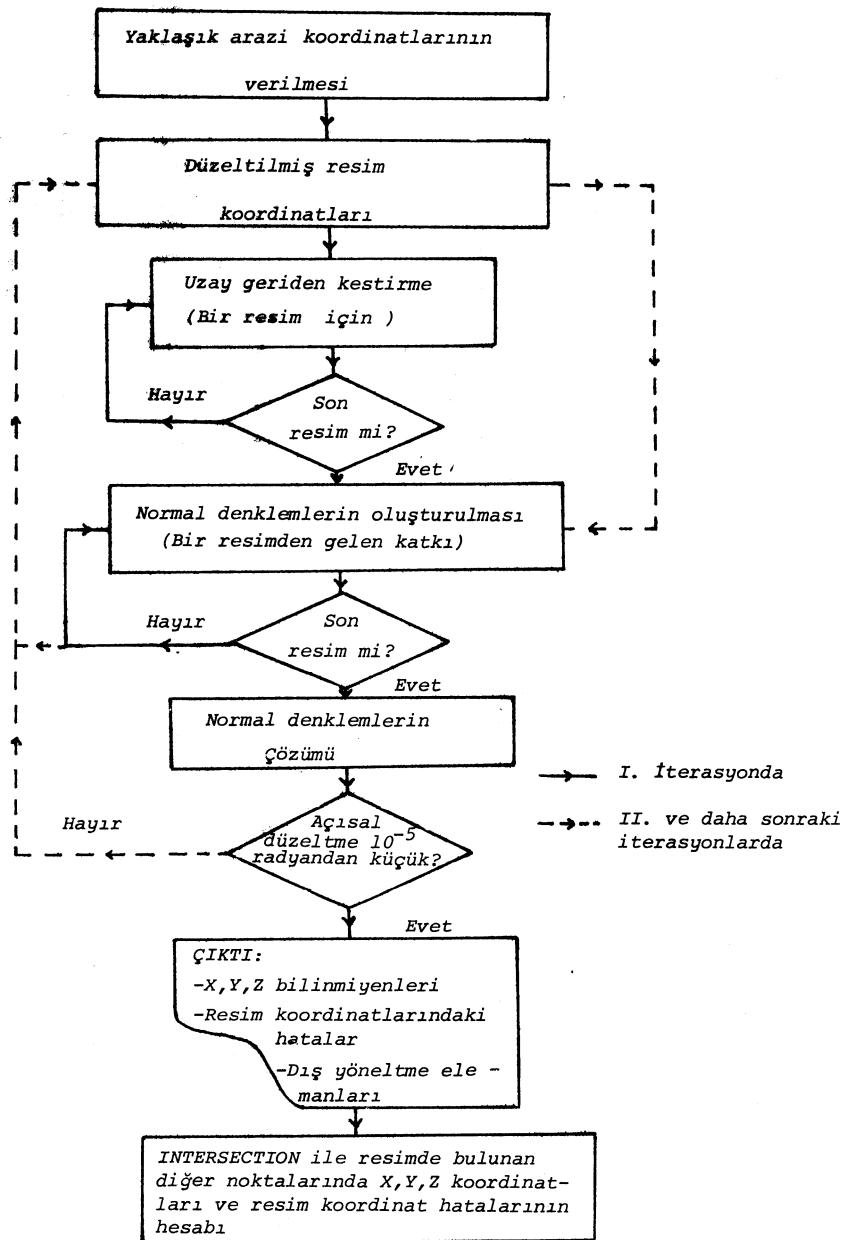
### 3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN İŞİN DEMETLERİ İLE BLOK DENGELİME PROGRAMI:

1960 yılından itibaren birçok kurum tarafından işin demetleri ile blok dengeli me programı geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur. Yazılan bu programlarda bazı farklı yaklaşımlar olmasına karşılık genelde temel özelliklerini aynı olmaktadır. Programlarda sadece boyut sınırlamaları ve sayısal işlemler bakımından farklılıklar vardır.

Bu araştırma temelde H.SCHMID'in görüşlerinin hakim olduğu ve daha sonra M.KELLER ve G.C. TEWINKEL tarafından geliştirilen yaklaşımından (C & GS 35, "Block Analytic Aerotriangulation") yararlanarak ek parametresiz işin demetleri ile blok dengeli me programı geliştirilmiştir.

Bu program, işin demetleri ile blok dengeli menin çözüm iskeletini oluşturmaktadır. İstenildiğiinde bu çözüm iskeletine birçok özellikler eklebilir. Programın çözümünde mümkün olduğu kadar insan etkisini kaldırma yonelik düşunce hakim olmuştur.

*GENEL OLARAK PROGRAMIN AKIS SEMASI*



*Sekil: 6*

*Blok dengeleme programı blok alanını kapsayan resimlerin bulunduğu konumdan bağımsızdır. Blok tek bir kolon biçiminde, bindirmeli kolonlar biçiminde, kesişen ve çapraz uçlu kolonlar biçiminde olabileceği gibi bloktaki resimler farklı asal uzaklıklı kameralar ile alınmış ve farklı yüksekliklerden çekilmiş resimlerden oluşmuş olabilir.*

*Programda giriş verileri düzeltilmiş resim koordinatları ile bilinen noktalara ait koordinatların yaklaşık değerleridir.*

*Resim koordinatları bilinen sistematik hatalardan arındırılmıştır. Örneğin ; mercek distorsyonu, film deformasyonu, kırılma, yer küreselliği gibi.*

*Program sonucunda çıktı olarak her noktanın üç koordinat bilinmiyenin, her resme ait altı dış yöneltme bilinmiyeni ve resim koordinatlarına getirecek düzeltmeler bulunmaktadır.*

*Programın genel akış şeması şekil 6' da görülmektedir.*

#### **4. UYGULAMA :**

##### **4.1. TEST ALANI :**

*Test alanı 10.5 Km. boyunda 9.5 Km. eninde olmak üzere yaklaşık 100 Km<sup>2</sup>, büyülüüğündeki Harita Genel Komutanlığı'nın test alanıdır.*

*Bu uygulamada test alanını n kuzey-güney doğrultusunda uçulmuş 1/14000 ölçüğünde resimlerden yararlanılmıştır. Toplam beş kolon vardır. Her kolon 5-7 adet modellerden oluşan kısa kolonlar olup, tüm model sayısı 32 adet - tir.*

*Gerek dengelemede kullanılacak noktaların seçimi, gerekse dengelenmiş koordinatların karşılaştırılması için test alanında koordinatları jeodezik yöntemle saptanmış yaklaşık 110 kontrol noktasından yararlanılmıştır.*

##### **4.2. DENGELİME UYGULAMALARI :**

*Hazırlanan işin demetleri ile blok dengeleme programıyla, Harita Genel Komutanlığı'nın test alanına ilişkin verileri kullanılarak dengeleme uygulamaları yapılmıştır.*

*Beş kolondan oluşan test alanında ikinci kolona ait resim koordinatlarının bulunmaması sonucu bu kolon dengelemede kullanılmamıştır. Böyle birinci kolon ile (3,4,5) nci kolonların oluşturduğu blok dengelemede kullanılmıştır.*

*Test alanındaki resimler 1/14 000 ölçeginde olup, koordinatlar ZEISS PSK stereokomparator ile ölçülmüştür. Ölçülen komparator koordinatları önce resim koordinatlarına dönüştürülmüştür. Böyle elde edilen resim koordinatları, resim büzülmesi, yer küreselliği etkisi, kırılma ve objektif distorsiyon gibi fonksiyonel modeli bilinen sistematik hatalarından arındırılmıştır.*

*Böylece düzeltilmiş resim koordinatları, ışın demetleri ile blok dengeleme programı için girdi olarak kullanılmıştır. Program, koordinatları bulunması istenilen noktaların yaklaşık olarak koordinat değerlerini girdi olarak kabul etmektedir. Koordinat bilinmeyenlerinin yaklaşık değerleri için aynı test alanının bağımsız modellerle blok dengeleme programına göre elde edilen dengeleme sonuçlarından yararlanılmıştır. (ÖLÇÜCÜOĞLU Necati, "Bağımsız Modellerle Blok Dengeleme", seminer çalışması, KTÜ, 1982)*

*Bu verilerle test alanından çeşitli nokta dağılımlarında kolon ve blok dengelemeler yapılmıştır. (Şekil 7) Dengeleme sonucu elde edilen koordinatlar ile aynı noktaların jeodezik ölçmeler sonucu elde edilen koordinatları karşılaştırılmıştır.*

*Burada;*

*n = Karşılaştırmada kullanılan nokta sayısı,*

*m = Komparatorda ölçüm yapılan nokta sayısı,*

*Vx, Vy Resim koordinat hataları,*

*dX, dY, dZ: Dengeleme sonucu koordinatı bulunan noktalar ile aynı noktalardan Jeodezik ölçmeler sonucu elde edilen koordinatları arasındaki farklar.*

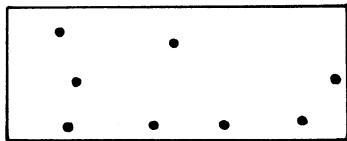
$$\mu_x = \sqrt{\frac{dxdx}{n}}$$

$$\mu_y = \sqrt{\frac{dydy}{n}}$$

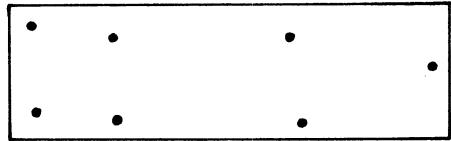
$$\mu_z = \sqrt{\frac{dzdz}{n}}$$

$$\mu_{x,y} = \sqrt{\frac{\mu_x^2 + \mu_y^2}{2}}$$

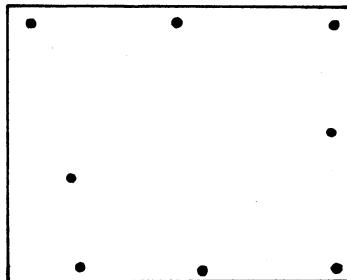
$$RMS = \sqrt{\frac{v_x^2 + v_y^2}{2m}}$$



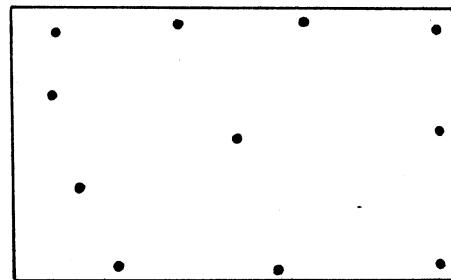
I. Uygulama (Kolon)



II. Uygulama (Kolon)



III. Uygulama (Blok)



IV. Uygulama (Blok)

Sekil: 7

<i>Uygulama</i>	$\mu_x$ (Cm.)	$\mu_y$ (Cm.)	$\mu_z$ (Cm.)	$\mu_{x,y}$ (Cm.)	RMS ( $\mu m$ )	Karşılaştırma nokta sayısı
<i>I</i>	20	22	37	21	4	20
<i>II</i>	18	26	36	22	6	14
<i>III</i>	40	23	46	33	9	40
<i>IV</i>	36	18	36	28	8	44

*Çizelge : 8*

*SONUÇLAR :*

Dengeleme uygulamalarında aşağıdaki sayısal sonuçlar elde edilmiştir.  
(Çizelge 8) :

1. *I.* uygulamada gösterilen nokta dağılımında bir kolon dengelenmiştir.

Dengeleme sonunda  $\mu_x = 20$  Cm.,  $\mu_y = 22$  Cm.,  $\mu_z = 37$  Cm. ve RMS=4  $\mu m$ . olarak bulunmuştur.

2. *II.* Uygulamada gösterilen nokta dağılımı ile kolonun dengelemesi sonucunda  $\mu_x = 18$  Cm.,  $\mu_y = 26$  Cm.,  $\mu_z = 36$  Cm. ve RMS=6  $\mu m$ . olarak bulunmuştur.

3. *III.* Uygulamada 22 resimden oluşan bir blok 8 kontrol noktası ile dengelenmiştir. Dengeleme sonunda 40 karşılaştırma noktasında sonuçlar incelenmiş ve  $\mu_x = 40$  Cm.,  $\mu_y = 23$  Cm.  $\mu_z = 46$  Cm., ve RMS= 9  $\mu m$  bulunmuştur.

4. *IV.* Uygulamada aynı blok, 11 nokta ile dengelenmiş olup,  $\mu_x = 36$  Cm.,  $\mu_y = 18$  Cm.,  $\mu_z = 36$  Cm. ve RMS=8  $\mu m$  bulunmuştur.

Bu araştırma ile, çeşitli ülkelerin test alanlarında elde edilen sonuçlar paralelinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

5. Proğramın koordinat bilinmeyenlerinin yaklaşık değerlerine qirdi olarak gereksinim göstermesi sonucu, yaklaşık değerlere ait veri kartlarının hazırlanmasında kaba hatalar yapılmıştır. Fakat kaba hata yapılan noktadaki kaba hata miktarı çevresindeki noktalara yayılmakta ve gerçek kaba hatalı nokta, 10'a yakın program koşusunda zor ayıklanabilmistiir. Ek parametresiz işin demetleri ile blok dengelemenin bu özelliği uygulama alanında önemli bir sakınca doğurmaktadır.

6. Programda iterasyonun durdurulmasında ölçüt olarak, açısal dış yöneltme elemanlarına getirilecek düzeltmenin  $10^{-5}$  radyandan küçük olması koşulu konulmuştur. Fakat bu iterasyonu durdurma ölçütünün iyi bir ölçüt olmadığı gözlenmiştir. Blok içerisindeki herhangi bir resmin herhangi bir açısal dış yöneltme elemanın zor yakınsaması sonucu  $10^{-5}$  radyana ulaşamayarak program gereksiz yere tekrarlama göstermektedir.

7. Program ek parametresiz işin demetleri ile blok dengeleme programıdır. Fakat işin demetleri ile blok dengelemenin temelini oluşturduğundan istenirse yeni bir düzenleme ile yeterli sayıda ek parametre kolayca eklenebilir.

8. Aynı test alanının bağımsız modellerle blok dengelemesi sonuçları , bu dengeleme sonuçları ile karşılaştırıldığında ; diğer ülkelerin test alanında yapılan çalışmalar paralelinde ve kuramsal bekleninin aksine bağımsız modeller dengelemesi ek parametresiz işin demetleri dengelemesinden daha doğru sonuçlar vermiştir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

Kısaltmalar :

- ASP : American society of photogrammetry  
BUL : Bildmessung und luftbildwesen  
C&GS : Coast and Geodetic Survey  
ISP : International society of photogrammetry  
ITC : International Institute for Aerial Survey and Earth Science (International Training Center for Aerial Survey)  
NRC : National Research Council  
Phot.Eng : Photogrammetric Engineering  
ACKERMANN,F.F. : ITC-Lecture Notes on Accuracy of Aerial Triangulation  
AMER,F. : Adjustment of Aerial Triangulation  
ITC-Lecture Notes, Part I, Part II, 1979  
ANDERSON,J.M. : Summary of Working Group Report  
RAMEY,E.H : ISP.Commission III.1972  
ASP : Manual of Photogrammetry  
Fourth Edition, 1980  
BHRİUD,L.L. : Matrix Operations on the Computer  
Oxford IBH Publishing Co., 1971  
CASE, F.B. : The Utilization of Constraints in Analytical Photogrammetry  
Phot.Eng.,Vol.17.no.5, 1961  
DERENYI,E. : Feasibility Study into Aerial  
MAAREK,A. : Triangulation Techniques  
Commission III, Ottawa, 1972  
GHOSH.S.K. : Analytical Photogrammetry  
Pergamon Press.1979  
GHOSH.S.K. : Phototriangülation  
Lexington Books. 1975  
HVIDEGAARD,J. : Densification of Trigonometric Nets Practical  
Experiensces with Bundle Adjustment Bul.6/74

- ISP* : *Proceeding of the Symposium Held in Stuttgart  
Federal Republic of Germany. September  
2<sup>nd</sup> to 6<sup>th</sup> 1974*
- KELLER,M.* : *Block Analytic Aerotriangulation*
- TEWINKEL,G.C.* : *C GS , 35 , 1967*
- KILPELA,E.* : *On the Effect of some Error Sources in Eundle*
- SAVOLAINEN,A.* : *Adjustment, Commission III, Ottawa, 1972*
- KUBIK,K.* : *ISP Investigation into the Accuracy of*
- KURE,J.* : *Photogrammetric Triangulation  
Twelfth Congress of ISP, Ottawa, 1972*
- MERCHANT,D.C.* : *Surveying by the Aerial Photogrammetric Post  
Block Adjustment Method  
XIV International Congress of Surveyors  
F.I.G September, 1974*
- MIKHAIL,E.M.* : *Observation and Least Squares  
Harper Row, Publishers, 1976*
- MOFFIT,F.H.* : *Photogrammetry*
- MIKHAIL,E.M.* : *Harper Row, Publisher, 1980*
- ÖLÇÜCÜOĞLU,N.* : *Bağımsız Modellerle Blok dengeleme KTÜ.1982  
Seminer çalışması.*
- ÖZTÜRK.E.* : *Jeodezik Ağlarda Güven Ölçütleri ve Ölçme planının  
En uygunlaştırılması.  
K.T.Ü. 1981*
- SCHUT.G.H.* : *Block Adjustment of bundles.  
The Canadian Surveyor  
Vol. 34.no.2.1980*

- SCHUT , G.H. : *Adjustment of Bundles*  
Part 1: *Formulation and Experiments*  
NRC-16832, 1978
- SCHUT, G.H. : *Selection of additional Parameters for the  
Bundle Adjustment*  
*Phot. Eng. Vol. 45, no. 9, 1979*
- TEWINKEL, C.  
WHITTEN, C.A. : *Analytic Aerotriangulation in the Coast and  
Geodetic Survey*
- HARRIS, WM.D. : *Phot. Eng. Vol. 8, no. 1, 1962*
- WOLF, R.P. : *Elements of Photogrammetry*  
*Mograw Hill, 1974*
- YAŞAYAN , A. : *Türkiye'de Hava Triyangülasyonu Analiz ve Teklifler*  
*K.T.Ü. , 1973*
- YAŞAYAN , A. : *Hava Fotogrametrisinde İki Boyutlu Doğrusal Dönüşümler  
ve Uygulamaları*  
*K.T.Ü. , 1978.*