

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DEKİ FOTOGRAMETRİK
HARİTA YAPIM
YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

**Y.Ü. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Murat YAKAR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ
ANABİLİM DALI
Konya, 1995

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE'DEKİ FOTOGRAMETRİK HARİTA YAPIM
YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Murat YAKAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

Bu tez/...../ 1995 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

İmza

Yrd. Doç. Dr. Ferruh YILDIZ

(Danışman)

İmza

(Üye)

İmza

(Üye)

ABSTRAKT

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DEKİ FOTOGRAMETRİK HARİTA YAPIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Murat YAKAR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Ferruh YILDIZ

1995, sayfa:154

Jüri : Yrd. Doç. Dr. Ferruh YILDIZ

Photos = Işık, gramme= Çizim ve metron= Ölçmek anlamına gelen kelimelerin birleşmesinden oluşan fotogrametrinin başlangıcı fotoğrafların icadıyla başlar. Matematik modeli merkezi izdüşüm denklemleriyle ifade edilir. 1900'li yılların başında analog aletlerin icadıyla gerçek anlamda harita üretimine başlanmıştır. 1950 yıllarında ise bilgisayarın araştırmalara katılmasıyla analitik fotogrametri çağı başlamıştır. 1960'lı yıllarda modern mono ve stereo komparatörlerin piyasaya sürülmesiyle analitik hava triyangülasyonu geliştirildi. Analitik çizicilerin icadıyla da Sayısal Arazi Modelleri üretimi başladı. 1995 yılına kadar bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişme ve uydu verilerinin kullanılmasıyla dijital fotogrametrik sistemler üretildi. Bu sistemler fotoğraflar yerine kaydedilen sayısal görüntüleri değerlendirme yeteneğine sahiptir. Bu gelişmeler neticesinde fotogrametri kavramı dahi tartışılmaya başladı. Günümüzde Dijital fotogrametri-Coğrafi Bilgi sisteminin bütünleşmesinden bahsedilmektedir. Bütün çalışmalar bu yöne kaymış durumdadır.

Bu çalışmada yukarıdaki gelişmelere paralel olarak sırasıyla analog fotogrametrinin, analitik fotogrametrinin digital fotogrametrinin ve Coğrafi bilgi sistemlerinin esasları incelenmiş ve Türkiye'deki fotogrametrik harita üreten kuruluşların nasıl bir sistem kurup, hangi yöntemle harita ürettikleri incelenmiştir. Özellikle T.K.G.M. deki çalışmalara bizzat iştirak edilmiş analog üretim ve sayısal üretim incelenmiştir. Örnek bir modelde de sayısal üretim yapılmıştır. Diğer kuruluşlarda kısa süreli incelemeler yapılmış, fotogrametrinin Türkiye'deki uygulamaları anlatılmış ve birbirleriyle kıyaslaması yapılmıştır.

Analog ve analitik olarak üretim şeklinde ele alınarak üretim maliyetleri, üretim zamanları ve hassasiyeti konusunda özet olarak bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Analog Fotogrametri, Analitik fotogrametri, Digital fotogrametri, Coğrafi bilgi sistemleri, Hava triyagülasyonu, Fotogrametrik harita üretimi.

ABSTRACT

Master Thesis

RESEARCH FOR THE METHODS OF PHOTOGRAMMETRIC MAP PRODUCTION IN TURKEY

Murat YAKAR

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry

Supervisor : Yrd. Doç. Dr. Ferruh YILDIZ

1995. Page: 154

Jury: Yrd. Doç. Dr. Ferruh YILDIZ

Science of the photogrammetry besing with the invention of the photographs and has the meaning of photos: light: gramma: drawing and metron: surveying. Mathematical models of the photogrammetry are based on perspective-centre equations. At the beginning of the 19 th century, accurate map production took place with the invention of analogue instruments. In 1950's analitic photogrammetry studies was given a start after the introduction of computers for this research area. In 1960's analitical aerial triangulation methods were developed with the marketing of the modern mono and stereo comparators. Following the invention of the analitical plotters the use of digital terrain models was carried out. Digital photogrammetric systems have been developed parallel with the development in computer and satellite data handling technology. These systems are capable to evaluate recorded digital images instead of the photographs. As a result of these latest developments the subject of the photogrammetry has begun to be discussed. Nowadays, the unification of Geographic Information Systems (GIS) and digital photogrammetry is being considered. All the researches directed their attention on this topic.

In this study the basic principles of the analogue, analitical, geographic information systems and digital photogrammetry have been investigated different governmental map offices. Their map

production facilities and methods were observed and the systems in the consideration of the map data evaluation and map drawing were investigated. The methodology which has been used for map production in Turkey was checked in detail. Especially, the author has joined the works and photogrammetric map production at the map production office (Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü) During these studies a digital map was produced by the author on a sample model. The author also carried out a research on this subject at the other map offices. The application of the photogrammetry in Turkey has then been summarized together with its comparative applications in different offices.

Key Words: Analogue photogrammetry, Analytical photogrammetry, Digital photogrammetry, Geographic Information Systems, Aerial triangulation, Photogrammetric map production.



TEŐEKKÛR

Tez alıőmam esnasında deneyimlerini ve engin bilgilerini benden esirgemeyen, her konuda destek olan sayın danışman hocam Yrd. Do. Dr. Ferruh YILDIZ'a Ankara'daki alıőmalarımı destekleyen değerli hocam Prof. Dr. Mehmet YERCİ'ye bölüm baőkanımız Prof. Ömer Halis TOMBAKLAR'a ayrıca T.K.G.M'de derin tecrübelerinden istifade ettiğim Ayhan YILDIZ'a, Cevat YAMAN'a, Bilal ERKEK'e, Sedat BAKICI'ya, Salih DEMİR'e, Kıymetlendirme salonundaki personele, Karayolları Genel Müdürlüğünden Hasan ARKAYIN'a teőekkr ederim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Fotogrametri.....	2
1.1.1. Fotogrametrinin çeşitleri	2
1.1.1.1. Uygulama amacına göre.....	2
1.1.1.2. Fotoğraf çekim yerine göre.....	2
1.1.1.3. Çizim yöntemine göre	3
2. FOTOGRAFİĞİNİN TEMELLERİ.....	4
2.1. Matematik temeller.....	4
2.2. Optik esaslar.....	6
2.2.1. Yansıma.....	6
2.2.1.1. Yansıma yasaları	7
2.2.2. Düzlem aynalar ve özellikleri	7
2.2.3. Küresel aynalar ve özellikleri.....	8
2.2.3.1. Çukur aynalar	9
2.2.3.2. Tümsek aynalar ve özellikleri.....	11
2.2.4. Kırılma.....	11
2.2.4.1. Kırılma yasaları	12
2.2.4.2. Kırılmanın temel özellikleri	12
2.2.5. Mercekler	14
2.2.5.1. İnce kenarlı mercekler ve özellikleri.....	16
2.2.5.2. Kalın kenarlı mercekler	18
2.2.5.3. Mercek kusurları.....	19
2.2.6. Objektifler	19
2.2.7. Prizmalar.....	23
2.3. Fotoğrafik esaslar	23
2.3.1. Netleştirme	24
2.3.2. Pozlama.....	24
2.3.3. Siyah beyaz filmin yapısı	25
2.3.4. Banyo işlemleri	26
2.3.5. Siyah beyaz filmin spektral duyarlılığı.....	26
2.3.6. Renkli film	27
2.3.6.1. Renk kuramı	27

2.3.6.2. Renkli filmlerin banyo işlemleri.....	29
2.4. Fotogrametrik temeller	29
2.4.1. Stereoskopik görüş	29
2.4.2. Stereoskoplar.....	31
3. HAVA FOTOGRAMETRİSİ.....	32
3.1. Nirengi tesisi ve ölçümü	33
3.1.1. Havuz yöntemi.....	33
3.1.2. Dizi yöntemi.....	34
3.1.4. Havai nirengi (Fotogrametrik Nirengi)	34
3.2. İşaretleme.....	35
3.3. Resimlerin çekimi.....	37
3.3.1. Hava resimlerinin türleri	38
3.3.2. Havadan düşey resim alımı.....	38
3.3.3. Hava resimlerine ait bazı kavramlar	40
3.3.3.1. Resim ölçeği	40
3.3.3.1.1. Standard resim ölçeği.....	41
3.3.3.2. Resmin kapladığı alan.....	41
3.3.3.3. Resim sürüklenmesi	42
3.3.3.4. Düşey abartma	42
3.3.3.5. Yükseklik farkından ileri gelen görüntü kayması	43
3.3.3.6. Resim düzlemi eğikliğinden ileri gelen görüntü kayması.....	44
3.3.3.7. Resim kenar bilgileri.....	44
3.4. Resim Alım araçları.....	45
3.4.1. Resim alım kameraları	46
3.4.1.1. Tek objektifli kameralar	46
3.4.1.2. Çok objektifli kameralar.....	47
3.4.1.3. Kolon kameralar	47
3.4.1.4. Panoramik kameralar.....	48
3.4.1.5. Kamera sistemlerindeki gelişmeler.....	48
3.5. Uçuş planlarının hazırlanması	52
3.5.1. Uçuş kontrolü ve uçuş grafikleri	53
4. ÇİFT RESİM DEĞERLENDİRMESİ	55
4.1. Çift resim değerlendirmesinde iş akışı	55

4.1.1. Değerlendirme aletleri.....	57
4.1.2. İç yöneltme.....	58
4.1.3. Karşılıklı yöneltme.....	58
4.1.3.1. Model standard noktaları.....	60
4.1.3.2. Karşılıklı yönetme elemanları.....	60
4.1.3.3. Karşılıklı yöneltme elemanlarının uygulanmasında temel kurallmlar ...	61
4.1.3.4. Ampirik karşılıklı yöneltme.....	62
4.1.4. Mutlak yöneltme.....	63
4.1.4.1. Ölçek ayarı.....	64
4.1.4.2. Yükseklik ayarı.....	65
4.1.5. Değerlendirme ve çizim.....	67
4.1.5.1. Çizgisel Değerlendirme.....	67
4.1.5.1.1. Detayların çizimi.....	67
4.1.5.1.2. Yükseklik eğrilerinin çizimi.....	68
4.1.6. Çizim Atıkları.....	68
5. SAYISAL FOTOGRAMETRİ.....	69
5.1. Resimlerin dönüklüğü.....	70
5.2. Asal Nokta.....	71
5.3. Resimlerin sayısal değerlendirmesinin iş akışı.....	72
5.3.1. Resim koordinatlarının ölçümü.....	72
5.3.1.1. Resim koordinat sistemi.....	73
5.3.2.1. Koordinatların ölçümü.....	74
5.3.1.3. Komparatör koordinatlarının resim koordinatlarına dönüştürülmesi....	75
5.3.1.3.1. Helmert dönüşümü.....	76
5.3.1.3.2. Afin dönüşümü.....	77
5.3.1.4. Ölçülen resim koordinatlarına getirilen düzeltmeler.....	78
5.3.1.4.1. Koordinat sisteminin başlangıç noktasının asal noktaya indirgenmesi.....	78
5.3.1.4.2. Resim büzülmesi düzeltmesi.....	79
5.3.1.4.3. Mercek distorsiyonu düzeltmesi.....	80
5.3.1.4.4. Atmosferik reaksiyon düzeltmesi.....	80
5.3.1.4.5. Yerküresi eğriliği düzeltmesi.....	83

5.3.2. Analitik fotogrametri aletleri ve yönelme işlemleri	84
5.3.2.1. Analitik aletlerde iç yönelme.....	85
5.3.2.2. Analitik aletlerde karşılıklı yönelme	85
5.3.2.3. Analitik aletlerde mutlak yönelme.....	86
5.3.2.4. Analitik kıymelendirme aletlerinin değerlendirilmesi.....	86
5.3.3. Karşılıklı yöneltmenin matematiksel çözümü.....	87
5.3.4. Mutlak yöneltmenin matematiksel çözümü	91
5.4. Hava Triyangülasyonu	93
5.4.1. Hava Triyangülasyonunun amacı.....	93
5.4.2. Hava Triyangülasyonunun prensipleri	93
5.4.3. Hava Triyangülasyonunun sınıflandırılması.....	95
5.4.3.1. Analog hava triyangülasyonu	95
5.4.3.2. Yarı analitik hava triyangülasyonu.....	96
5.4.3.3. Analitik hava triyangülasyonu.....	97
5.4.3.4. Hava triyangülasyonu için hazırlık	97
5.4.3.5. Hava triyangülasyonunda kullanılan dengeleme türleri	97
6. DİJİTAL (Softcopy) FOTOGRAMETRİ.....	99
6.1. Digital ve analitik sistemlerin karşılaştırılması.....	102
7. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ VE FOTOGRAMETRİ İLİŞKİSİ	103
7.1. Coğrafi bilgi sistemlerinde Veriler ve Fotogrametrik Olarak Veri Toplama Yöntemleri	103
7.2. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Fotogrametrik İlişkisi.....	107
7.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Veri Yapısı	109
7.4. Verilerin Depolanması.....	110
8. TÜRKİYE'DE FOTOGRAMETRİK HARİTA ÜRETİMİ YAPAN KURULUŞLAR	112
8.1. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü.....	112
8.1.1. Havai nirengi ve sayısal değerlendirme şubesi	113
8.1.1.1. Analitik değerlendirme sistemi donanımı.....	114
8.2. Karayolları Genel Müdürlüğü	117
8.3. Orman Genel Müdürlüğü.....	120
8.4. Harita Genel Komutanlığı.....	124
8.5. Özel sektörde fotogrametri	125

8.5.1. MNG A.Ş.	125
8.5.2. STFA	126
8.5.3. EMİ HARİTA A.Ş.	127
8.6. Türkiye'deki fotogrametrik harita çalışmaları.....	127
8.6.1. Türkiye'de yapılan bazı fotogrametrik haritalar.....	128
8.6.2. 1/25000 ölçekli haritalar.....	128
8.6.3. 1/5000 ölçekli haritalar.....	129
8.6.4. 1/2500 ölçekli haritalar.....	130
8.6.5. 1/2000 ölçekli haritalar.....	130
8.6.6. Şehir haritaları	131
8.6.7. Yol geçki haritaları.....	131
9. UYGULAMA.....	132
9.1. Analog alette uygulama	132
9.1.1. Wild A8 analog değerlendirme aletinde yöneltme işlemleri	132
9.1.2. Wild A8 aletinde iç yöneltme.....	133
9.1.3. Wild A8 aletinde karşılıklı yöneltme	133
9.1.4. Wild A8 aletinde mutlak yöneltme.....	134
9.2. Analitik alette uygulama	136
9.3. Maliyet - Zaman analizi.....	143
9.3.1. Arazi çalışmalarının maliyeti.....	143
9.3.2. Resim çekimi ve Fotografik İşlem maliyeti	145
9.3.3. Değerlendirme maliyeti	145
9.4. Duyarlılık analizi	148
10. SONUÇ ve ÖNERİLER	150
11. KAYNAKLAR.....	152

SİMGELER

O	: İzdüşüm merkezi
X_o, Y_o, Z_o	: Resim çekim merkezinin koordinatları
f	: Odak uzaklığı
F	: Odak noktası
a_{11}, a_{12}, a_{13}	: Dönme matrisi elemanları
x, y	: Resim koordinatları
i	: Gelme açısı
r	: Yansıma açısı
N	: Normal
n_l	: Kırılma indisi
Δr	: Distorsiyon miktarı
E	: film pozlaması
b'	: Resim üzerindeki baz uzunluğu
P	: Boyuna bindirme
R	: Havuz dairesi yarıçapı
P_x	: X yönündeki paralaks miktarı
P_y	: Y yönündeki paralaks miktarı
\bar{b}	: Yaklaşık baz
M_m	: Model ölçeği
M_r	: Resim ölçeği
b	: Arazideki baz uzunluğu
w	: x eksenini etrafındaki dönüklük
φ	: y eksenini etrafındaki dönüklük
κ	: z eksenini etrafındaki dönüklük
$dw, d\varphi, d\kappa$: Diferansiyel dönüklükler
H'	: Asal Nokta
A	: Katsayılar matrisi

X	: Bilinmeyenler vektörü
M_0	: Ortalama hata
n	: Ölçü sayısı
u	: Bilinmeyen sayısı
Q	: Ağırlık katsayılar matrisi
Q_{if}	: Karesel ortalama hata
b_x, b_y, b_z	: Öteleme elemanları
X_1, Y_1	: Sol resim koordinatları
X_2, Y_2	: Sağ resim koordinatları
D	: Zemin işaretinin çapı
h	: Uçuş yüksekliği
X, Y, Z	: Noktanın yer koordinatları
Ω, Φ, κ	: Modelin X, Y, Z eksenleri etrafındaki dönmeler
b_1, b_2, b_3, b_4	: Helmert dönüşüm parametreleri
$a_1, a_2, a_3, \dots, a_6$: Afin dönüşüm parametreleri
λ	: Ölçek katsayısı

1.GİRİŞ

Yeryüzünün tamamının veya bir kısmının doğal ve yapay şekillerinin bir projeksiyon sistemine göre ve belirli bir ölçekte küçültülerek bir düzlem üzerine izdüşürülmüş, özel işaretlerle donatılmış olan benzerine **Harita** denir.

Yerin şekli bilindiği gibi bir dönele elipsoid veya yaklaşık bir küre kabul edilmektedir. Harita yapılırken bu eğri yüzeylerin düzlem yüzey üzerine aktarılması gerekmektedir. Eğri bir yüzeyin düzlem üzerine doğrudan doğruya açılması imkansızdır. Bu açılımın yapılabilmesi için matematiksel modeli bilinen yardımcı yüzeylerden yararlanır. İşte bu eğri yüzeylerin matematiksel ve geometrik bağıntılar kullanarak yardımcı yüzeyler vasıtasıyla harita düzlemine geçirilmesine **Harita Projeksiyonu** denir.

Yeryüzündeki şekiller belirli oranlarda küçültülerek düzleme aktarılır. Bu orana **Ölçek** denir. Haritalar ölçeklerine göre dörde ayrılır:

- 1/5000'den daha büyük ölçekli haritalara **Büyük Ölçekli Haritalar**,
- 1/5000-1/25 000 ölçekleri arasındaki haritalara **Orta Ölçekli Haritalar**,
- 1/25 000'den daha küçük ölçekli haritalara **Küçük Ölçekli Haritalar**,
- 1/200 000'den daha küçük ölçekli haritalara **Coğrafya Haritaları** denir.

Haritaların yapımında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler klasik ve fotogrametrik olmak üzere ikiye ayrılır. Fotogrametrik değerlendirmede de iki yöntem söz konusudur. Analog ve analitik değerlendirme yöntemleri . Analog yöntemde. fotogrametrik model değerlendirme aletlerinde mekanik yada optik yollarla oluşturulur. Analitik değerlendirmede ise fotogrametrik model yerine ölçmelerin doğrudan resimler üzerinde yapılmasıyla arazi noktalarının konumlarının bilgisayar kullanarak hesaplandığı bir matematik model vardır (Yıldız 1988).

Bu tez çalışmasında fotogrametrinin temel prensipleri incelenmiş analog ve analitik esaslar ele alınmış ve özellikle Türkiye'deki üretim şekli, kullanılan donanım ve yazılımlar incelenmiştir.

1.1.Fotogrametri

Fotogrametri, kısaca fotoğraflar yardımı ile prezisyonlu, istenen incelikte, harita yapım tekniğidir. Fotogrametri kelimesi eski yunancadaki fotos:ışık, gramma:çizim, metron:ölçme, kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiş olup "ışık yardımı ile ölçme ve çizim" anlamına gelmektedir (Gürbüz 1981).

Haritacılık yönünden fotogrametri, arazinin merkezsel izdüşümü olan, resimleri yardımı ile haritalarını elde etme bilimi ve tekniğidir. Genellikle %60 boyuna ve %30 enine bindirmeli olarak çekilmiş fotoğraflardan önce arazinin aletler yardımı ile modeli elde edilir. Sonra bu model yardımı ile çizimi yapılır.

1.1.1.Fotogrametrinin Çeşitleri

1.1.1.1.Uygulama amacına göre

Uygulama amacına göre fotogrametri:

- Topoğrafik Fotogrametri
- Topoğrafik Olmayan Fotogrametri

olmak üzere ikiye ayrılır. Topoğrafik fotogrametri arazi parçasının belli bir ölçekte küçültülerek kağıt üzerine izdüşürülmesidir. Topoğrafik olmayan fotogrametri ise fotogrametrinin, harita yapım amacı dışında ölçme yöntemi olarak kullanılmasıdır. Deformasyon ölçüleri, tarihi eserlerin restorasyonu, maden ve su kaynaklarının araştırılması, trafik kazalarının incelenmesi, ormancılıkta orman alanlarının tesbiti vs.

1.1.1.2.Fotoğraf çekim yerine göre

Fotoğraf çekim yerine göre fotogrametri yersel ve hava fotogrametrisi olmak üzere ikiye ayrılır. Yersel fotogrametri daha çok küçük alanların haritalarının yapımında ve mimarlık çalışmalarında, deformasyon ölçmelerinde kullanılır. Hava fotogrametrisinde ise çekim noktası

havadadır. Kamera ya bir uçağa ya da helikoptere monte edilmiştir. Her türlü arazide (düz, dağlık) uygulama imkânına sahiptir. Büyük harita yapım çalışmalarında hava fotogrametrisi kullanılmaktadır.

1.1.1.3.Çizim yöntemine göre

-Tek resim fotogrametrisi

-Çift resim fotogrametrisi

olmak üzere ikiye ayrılır.

Tek resim fotogrametrisi düz arazilerde kullanılabilir. Yükseklik farkı çok olan arazilerde ölçek farklılaşması olacağından yersel fotogrametri kullanılmaz. Bu yöntemde tek resimlerden harita gibi yararlanır. Daha hassas olması arzu edilen durumlarda rodresman-yataylama aletlerinde resim eğikliği giderilerek kesin ölçekli bir foto harita elde edilir.

Çift resim fotogrametrisi her türlü arazide uygulanabilir. Tek resim fotogrametrisindeki ölçek deformasyonu çift resim fotogrametrisinde yok edilir.

2.FOTOGRAMETRİNİN TEMELLERİ

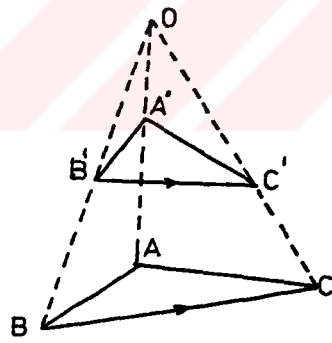
Fotogrametrinin 4 temeli vardır. Bunlar matematik temeller, optik temeller, fotoğrafik temeller ve fotogrametrik temellerdir.

2.1. Matematik Temeller

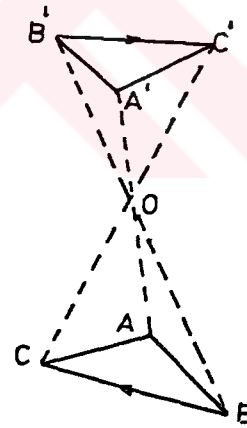
Fotogrametrinin matematik modeli, merkezsiz izdüşümdür. Merkezi izdüşüm uzaydaki cisimlerin düzlem üzerine veya başka bir uzay bölümüne izdüşürülmesidir.

Merkezsiz izdüşüm, izdüşüm merkezinin konumu ve izdüşüm düzleminin konumuna göre farklılıklar gösterir.

İzdüşüm merkezi izdüşüm düzlemlerinin dışında olursa pozitif görüntü, arasında olursa negatif görüntü elde edilir.



Şekil 2.1. Pozitif Görüntü



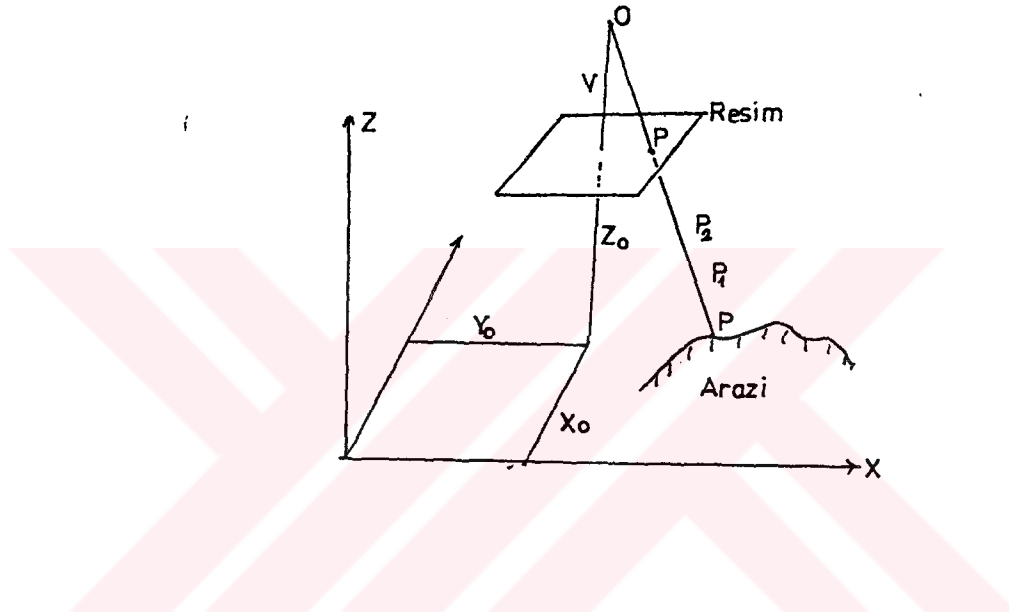
Şekil 2.2. Negatif Görüntü

İzdüşüm düzlemleri birbirine göre paralel veya gelişigüzel olabilir. Paralel ise;

- Bir doğrunun izdüşümü kendine paralel bir doğru olur.
- Şekil ve izdüşümü birbirine benzer.
- Birbirine karşılık gelen noktalara Homolog Noktalar denir.
- Şekildeki geometrik bağıntılar izdüşümde de aynıdır. (Gürbüz 1981)

Izdüşüm düzlemleri birbirine paralel değilse izdüşüme Perspektif Ikdüşüm denir.

- Bir doğrunun izdüşümü yine doğrudur fakat paralel değildir.
- Şekil ve izdüşümü birbirine benzemez.
- Birbirine karşılık gelen noktalara **Kolineer Noktalar** denir.
- Şekildeki geometrik bağıntılar izdüşümde geçersizdir. (Gürbüz 1981)



Şekil 2.3.Merkezi izdüşüm

Uzayda bir P noktasına karşılık resimde P' noktası elde edilir. Tersini düşündüğümüzde resimdeki bir P' noktasına uzayda P_1, P_2, \dots, P_n gibi sonsuz sayıda nokta karşılık gelir. Bu nedenle bir uzay cisminin merkezsiz izdüşümüyle yeniden elde edilmesine imkan yoktur. Tek resimden üç boyutlu görüntü elde edilemez. Üçüncü boyutu belirlemek için aynı noktaya ait ayrı merkezden elde edilmiş resimlerine ihtiyaç vardır.

Buraya kadar fotogrametrinin geometrik esasları üzerinde duruldu. Uzaydaki P ve resim üzerinde bu noktaya karşılık gelen p' noktası ile bir bağıntı kurularak analitik bir bağıntının elde edilmesi de mümkündür. Böyle bir bağıntı için resimde ve uzayda noktayı anlamlı kılacak bir koordinat sistemleri tesbit edilmelidir. Resim koordinat sistemi ile uzay koordinat sistemi arasında bir bağıntı kurularak merkezi izdüşümün izdüşüm denklemleri;

$$\begin{aligned}
 x &= -f \cdot \left[\frac{a_{11} \cdot (x - x_0) + a_{12} \cdot (y - y_0) + a_{13} \cdot (z - z_0)}{a_{31} \cdot (x - x_0) + a_{32} \cdot (y - y_0) + a_{33} \cdot (z - z_0)} \right] \\
 y &= -f \cdot \left[\frac{a_{21} \cdot (x - x_0) + a_{22} \cdot (y - y_0) + a_{23} \cdot (z - z_0)}{a_{31} \cdot (x - x_0) + a_{32} \cdot (y - y_0) + a_{33} \cdot (z - z_0)} \right]
 \end{aligned}
 \tag{2. 1}$$

şeklinde elde edilir. Bu denklemler bir uzay noktasının iç ve dış yöneltmesinin verildiği zaman resim koordinatlarının hesaplanmasına olanak sağlar. İç yöneltmesi verilince f bilinmeyen, dış yöneltmesi verilince a katsayıları ve x_0, y_0, z_0 çözülmüş olur. Buradaki a katsayıları dönme matrisinin elemanları x_0, y_0, z_0 'da resim çekim merkezinin koordinatlarını göstermektedir. Dönme matrisinin elemanlarını ve resim çekim merkezinin koordinatlarını hesaplayabilmek için resimde ve arazide koordinatları ile bilinen en az üç noktaya ihtiyaç vardır. Bilinen üç nokta yardımı ile dönme matrisi ve resim çekim merkezinin koordinatları hesaplanabilir. Bu uzay geriden kestirme hesabı olarak bilinir.

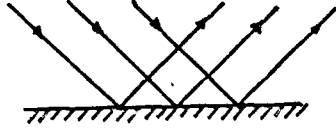
2.2. Optik Esaslar

Bu bölümde genel bir bilgi sahibi olmak amacıyla ışığın yansımaları, düzlem aynalar, küresel aynalar, ışığın kırılması ve mercekler hakkında çok özet bilgiler verilecektir.

2.2.1. Yansımalar

Saydam bir ortamda hareket eden ışınların bir yüzeye çarpıp geri dönmelerine **Yansımalar** denir.

Bir yüzeye paralel olarak düşen ışık ışınları, yüzeyden yine birbirlerine paralel olarak yansıyorlarsa **Düzgün Yansımalar**, değişik yönlerde yansıyorlarsa **Dağınık Yansımalar** denir.



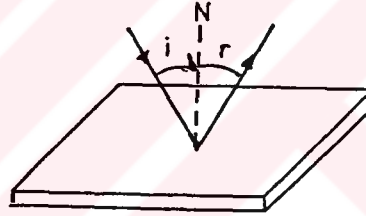
a-Düzgün yansımaya



b-Dağınık yansımaya

Şekil 2.4.Yansımalar

Bir yüzeye gelen ışın yüzeye çarptığı noktadan yüzeye çizilen dik doğruya Normal, gelen ışının normalle yaptığı i açısına Gelme Açısı, yansıyan ışının normalle yaptığı r açısına Yansımaya Açısı denir.



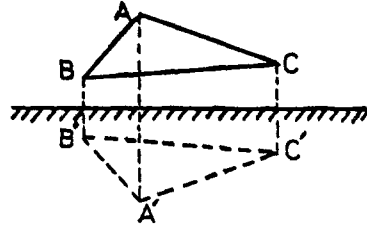
Şekil 2.5.Yansımaya açısı

2.2.1.1.Yansımaya yasaları

- Gelen ışın, normal, yansıyan ışın aynı düzlem içindedir.
- Gelme açısı, yansımaya açısına eşittir ($i=r$).

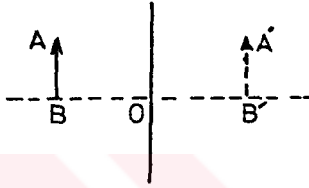
2.2.2.Düzlem aynalar ve özellikleri

- 1) Bir cismin görüntüsü düz ve aynaya göre simetriktir.

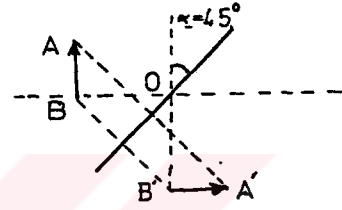


Şekil 2.6.Düz aynalarda görüntü

2) Bir düzlem ayna (α) açısı yapacak şekilde dönerse, yansıyan ışın (2α) döner.



Şekil 2.7.

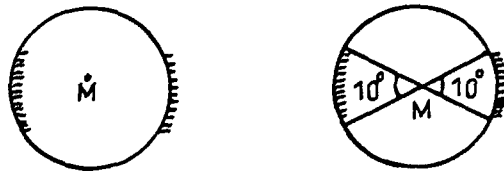


Şekil 2.8.

Şekil 2.7'deki ayna O noktası etrafında 45° 'lik açı yapacak şekilde döndüğünde Şekil 2.8'deki durum oluşur. Ayna 45° döndüğünde görüntü 90° döner.

2.2.3.Küresel aynalar

Yarıçapı R olan bir kürenin çukur tarafı parlatılırsa Çukur Ayna, tümsek tarafı parlatılıp ayna haline getirilirse Tümsek Ayna denir.



Şekil 2.9.Küresel aynalar

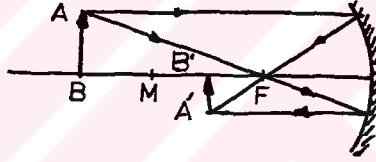
Şekil 2.9'da sol kısım tümsek ayna, sağ kısım çukur aynadır. Ancak ayna uçlarını merkeze birleştiren doğrular arasındaki açı 10^0 'yi geçmemelidir.

Küresel aynaların merkezinden geçip aynayı simetrik iki parçaya bölen doğruya Asal Eksen, asal eksenin aynayı kestiği noktaya ise Tepe Noktası denir.

2.2.3.1.Çukur aynalar

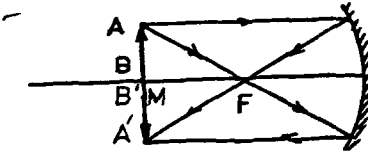
1) Gerçek cisim odağın dışında ise, görüntüsü her zaman gerçek, ters ve aynanın parlak tarafında oluşur.

a-Cisim merkezin dışında ise, görüntüsü cisimden küçük ve odakla merkez arasındadır.



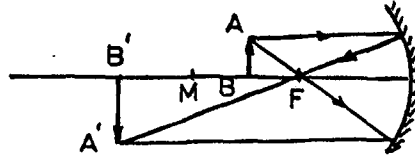
Şekil 2.10. Cisim merkezin dışında

b-Cisim aynanın merkezinde ise, görüntüsü aynı boyda ve merkezdedir.



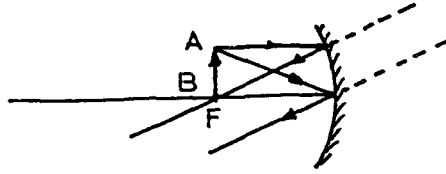
Şekil 2.11.Cisim aynanın merkezinde

c-Cisim aynanın merkezi ile odak arasında ise, görüntüsü cisimden büyük ve merkezin dışındadır.



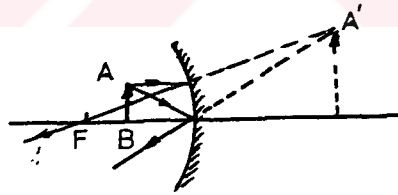
Şekil 2.12. Cisim odak noktası ile merkez arasında

2) Cisim odakta ise, görüntü sonsuzda oluşur.



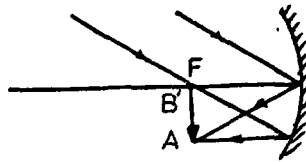
Şekil 2.13. Cisim odakta

3) Cisim odak noktası ile ayna arasında ise, cismin görüntüsü her zaman düz, cisimden büyük ve aynanın karanlık tarafındadır.



Şekil 2.14. Cisim odak noktası ile ayna arasında

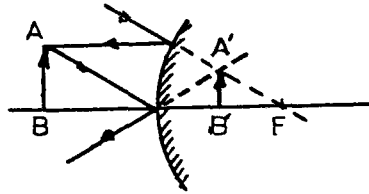
4) Cisim sonsuzda ise cismin görüntüsü odakta oluşur.



Şekil 2.15. Cisim sonsuzda

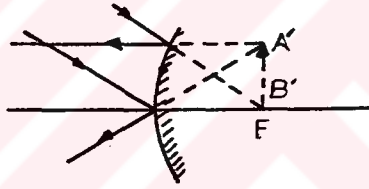
2.2.3.2. Tümsek aynalar ve özellikleri

1) Gerçek bir cismin görüntüsü her zaman düz cisimden küçük ve odak noktası ile ayna arasında oluşur.



Şekil 2.16. Gerçek bir cismin görüntüsü

2) Cisim sonsuzda ise görüntüsü odak noktasında oluşur.

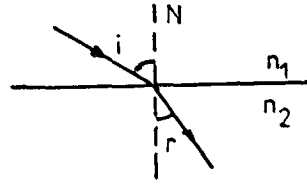


Şekil 2.17. Cisim sonsuzda ise görüntünün oluşumu

2.2.4. Kırılma

Saydam bir ortamdan diğer bir saydam ortama geçen ışık ışınlarının doğrultu değiştirmelerine **Kırılma** denir.

Şekil 2.18'de hava ortamından su ortamına geçen bir ışık ışınının durumu görülmektedir. Gelen ışık ışınının yüzeye çarptığı noktadan yüzeye çıkılan dik doğruya **Normal (N)**, gelen ışık ışınının normale yaptığı i açısına **Gelme Açısı**, kırılan ışığın normale yaptığı r açısına ise **Kırılma Açısı** denir.



Şekil 2.18.Kırılma

2.2.4.1.Kırılma yasaları

1) Saydam bir yüzeye gelen ışın, normal ve kırılan ışın aynı düzlem içinde bulunurlar.

2) Gelme açısının Sinüs'ünün, kırılma açısının Sinüs'üne oranı her zaman sabittir. Bu sabit sayıya **İkinci Ortamın Birinci Ortama Göre Kırılma İndisi** veya **Birinci Ortamdan İkinci Ortama Gitmekte Olan Işık Işınları İçin Kırılma İndisi** denir ve $n_{1,2}$ sembolü ile gösterilir.

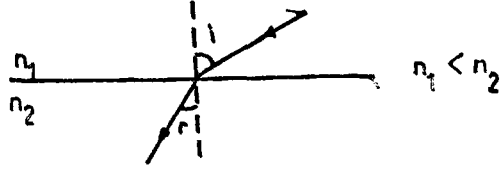
$$\frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \text{sabit} = n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow n_1 \cdot \sin(i) = n_2 \cdot \sin(r) \quad (2.2)$$

Saydam bir ortamın başka bir saydam ortama göre kırılma indisine **Bağıl İndis**, saydam bir ortamın boşluğuna göre kırılma indisine ise **Mutlak İndis** denir.

2.2.4.2.Kırılmanın temel özellikleri

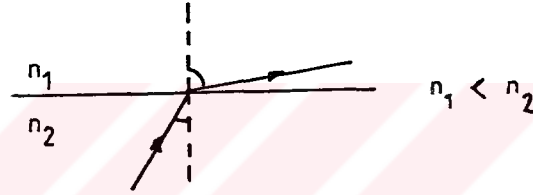
1) Az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışık ışınları normale yaklaşarak kırılırlar.

(Şekil 2.19)



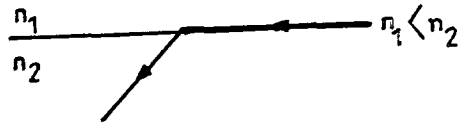
Şekil 2.19. Az yoğun ortamdandan çok yoğun ortama geçiş

2) Çok yoğun ortamdandan az yoğun ortama geçen ışık ışınları normalden uzaklaşarak kırılırlar. (Şekil 2.20)



Şekil 2.20. Çok yoğun ortamdandan az yoğun ortama geçiş

3) Az yoğun bir ortamdandan çok yoğun bir ortama ışık ışınları hangi açı altında gelirlirse gelsinler ikinci ortama geçebilirler. (Şekil 2.21)

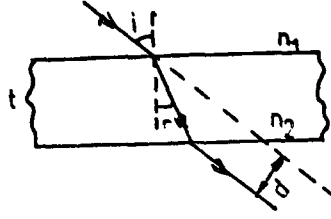


Şekil 2.21.

4) t kalınlığında paralel yüzlü saydam bir levhaya düşen ışık ışını, levhayı terkederken paralel bir kaymaya uğrar. Bu paralel kayma uzaklığı d 'dir. Bu kayma miktarı

$$d = \frac{t \cdot \sin(i - r)}{\cos r} \quad (2.2)$$

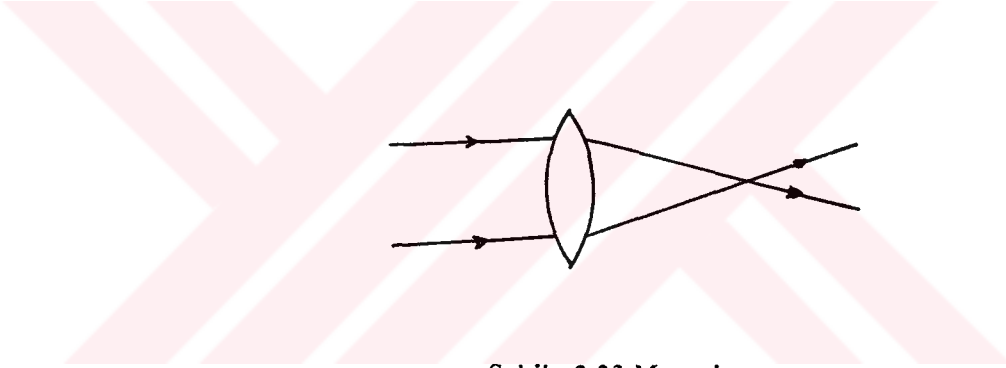
bağıntısı ile hesap edilir.



Şekil 2.22.Kayma miktarı

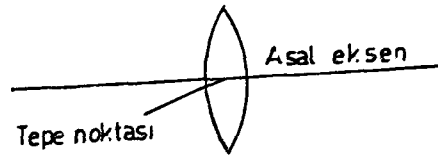
2.2.5.Mercekler

Küresel yüzeylerle sınırlanmış, paralel ışın demetlerini kırıldıktan sonra bir noktada toplayan saydam cisimlere Mercek denir.



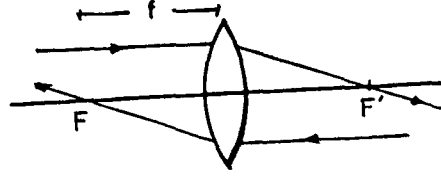
Şekil 2.23.Mercek

Bir merceği simetrik olarak iki eşit parçaya bölen doğruya Asal Eksen denir. Asal eksenin merceği kestiği noktaya Tepe Noktası denir.



Şekil 2.24.Asal eksen tepe noktası

Asal eksene paralel gelen ışın kırıldıktan sonra kendisinin veya uzantısının asal eksenini kestiği noktaya **Odak Noktası** denir. F ile gösterilir. Odak noktasının merceğe olan uzaklığına **Odak Uzaklığı** denir. f ile gösterilir.

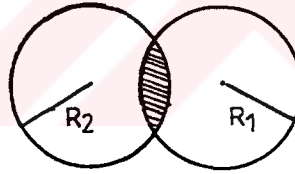


Şekil 2.25.

Kırılma indisi n_1 ve n_2 olan saydam maddelerden yapılmış, küresel yüzeylerinin yarıçapları sırasıyla R_1 ve R_2 olsun. Bu merceğin odak uzaklığı:

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.4)$$

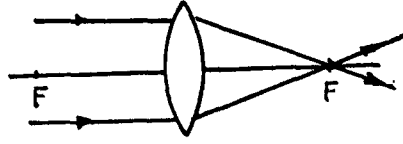
bağıntısından bulunabilir.



Şekil 2.26. Yarıçapı R_1 ve R_2 olan Merceğin Odak Uzaklığı

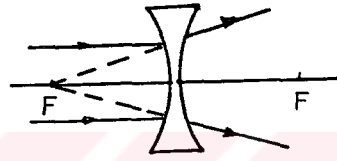
(2.4) bağıntısında R_1 ve R_2 tümsek yüzeyler (yakınsak mercekler) için (+), çukur yüzeyler (İraksak mercekler) için (-) değerlidir.

Hava ortamında, asal eksene paralel olarak gelen ışık ışınların şekildeki gibi kırılan merceklerle **İnce Kenarlı Mercekler** denir.



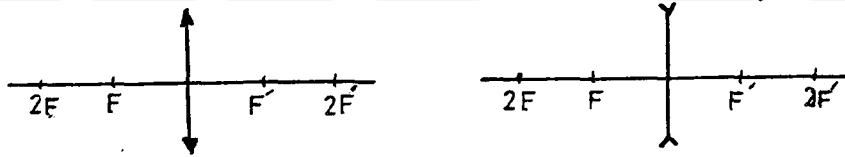
Şekil 2.27.İnce kenarlı mercek

Hava ortamında asal eksene paralel olarak gelen ışık ışınların şekil 2.28'deki gibi ışınları kıran merceklere **Kalın Kenarlı Mercekler** denir.



Şekil 2.28.Kalın kenarlı mercek

Sembol olarak ince kenarlı ve kalın kenarlı mercekler aşağıdaki şekilde gösterilir.



a-İnce kenarlı mercek

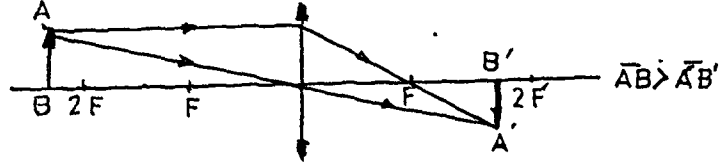
b-Kalın kenarlı mercek

Şekil 2.29.İnce ve kalın kenarlı merceğin gösterimi

2.2.5.1.İnce kenarlı mercekler ve özellikleri

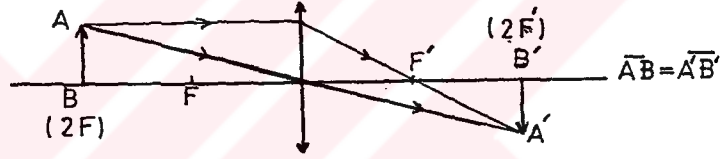
1) Cisim odak dışında (AB) ise: görüntü daima ters ve gerçek boyutuyla cismin bulunmadığı tarafta oluşur.

a-Cisim $2F$ 'in dışında ise; görüntü gerçek cisimden küçük görülür ve F ile $2F$ arasında oluşur (Şekil 2.30).



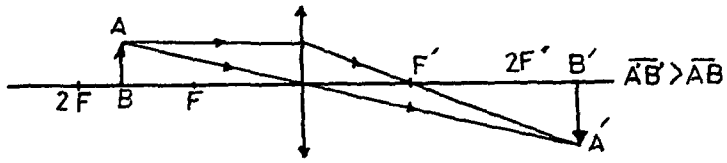
Şekil 2.30.Cisim (\overline{AB}) $2F$ in dışında

b-Cisim (AB) $2F$ de ise, görüntü aynı boyda ters olarak $2F$ 'de oluşur.(Şekil 2.31)



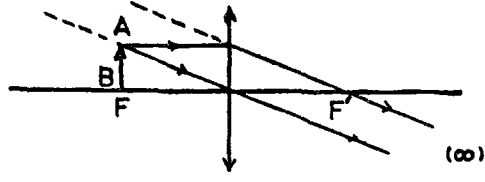
Şekil 2.31.Cisim $2F$ 'de

c-Cisim (AB) $2F$ ile F arasında ise, görüntü cisimden büyük oluşur ve yeri $2F$ 'nin dışındadır.



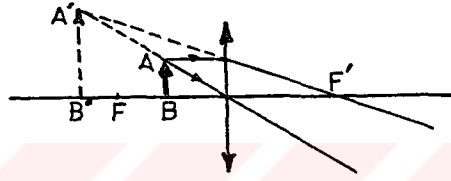
Şekil 2.32.Cisim $2F$ ile F arasında

2) Cisim (AB) O 'da ise görüntü sonsuzda oluşur.



Şekil 2.33.Cisim odakta

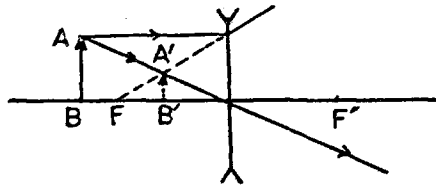
3) Cisim odakla mercekle arasında ise, görüntü daima düz, cisimden büyük ve cismin bulunduğu taraftadır.



Şekil 2.34.Cisim odakla mercekle arasında

2.2.5.2.Kalın kenarlı mercekler

Bu merceklerde gerçek bir cismin görüntüsü daima düz, cisimden küçük, cismin olduğu tarafta ve odakla mercekle arasında oluşur.



Şekil 2.35.Kalın kenarlı mercek

2.2.5.3. Mercek kusurları

Basit mercekler bazı kusurlardan dolayı çoğunlukla iyi görüntü vermezler. Bunun yerine tek mercekler yerine kusur giderici sistemler kullanılır (Yerci, 1990).

Mercek kusurlarının en önemlileri şunlardır:

-Küresel sapma: Çok sayıda odak noktası oluşumudur.

-Hale : Işın demetinin mercekte kırıldıktan sonra cismin bir noktasına karşılık görüntüde yayılmanın görülmesidir.

-Şekil düzlemi eğikliği: Düz bir cismin görüntüsünün tepesinin eğilmiş gibi görünmesi.

-Astigmatizm

-Görüntünün bükülmesi

-Renklenme kusuru

2.2.6. Objektifler

Mercekler topluluğuna **Objektif** denir. Objektif resmi çekilecek cisimden yansıyan ışınları odak noktasında toplayarak görüntünün oluşmasını sağlar. Objektifin resim çekimindeki etkili özellikleri şunlardır:

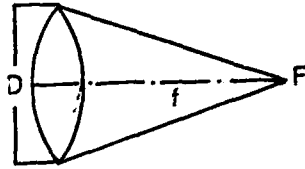
1) Bağlı açıklık:

F : Bağlı açıklık

f : Odak uzaklığı

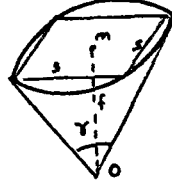
D : Mercek çapı

$$F = f / D$$



Şekil 2.36.

2) **Görüş açısı:** Görüş açısı γ objektif orta noktasından obje alanına uzanan koninin göndüğü açıdır. Fotogrametride resimin köşegenini gören ve tepesi objektifin merkezinde olan açıdır.



Şekil 2.37. Görüş açısı

3) **Ayırma derecesi:** Objektifin 1 mm'lik aralıkta görüntüleyebildiği çizgi sayısıdır. Örneğin 1 mm'de 20 çizgi birbirinden ayırd edilebilecek şekilde görüntüleyebiliyorsa bu objektifin ayırma derecesi 20 mm/çizgi olarak deyimlendirilir. Modern hava kameralarında (Zeiss RMKA gibi) ayırma derecesi 1/100 mm/çizgi'den fazladır.

4) **Odak uzaklığı (Esas uzaklık):** Merceklerde cisim ile görüntü arasında

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \text{ bağıntısı vardır. } f \text{ sabit olduğunda, } a \text{ büyüdükçe } b \text{ küçülür.}$$

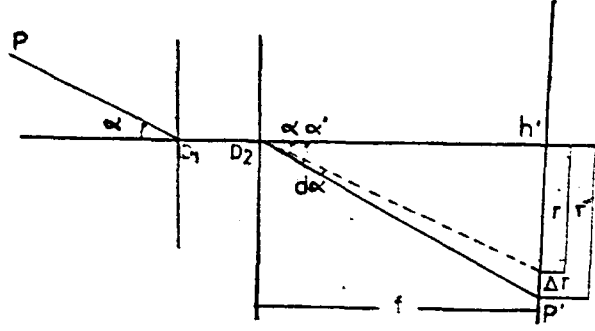
5) **Odak derinliği:** Objektiflerin oluşturduğu görüntü sadece bir noktada nettir. Odak düzleminin biraz önünde ya da arkasında da net sayılabilir. Bu tolerans aralığına **Odak Derinliği** denir.

6) **Diyafram:** Objektiflerin kendi yapıları içinde olan ve açılıp kapanabilen yaprakçılardır. Üç önemli görevi vardır (Yerci, 1990).

- Mercek kusurlarını gidermek
- Optik sistemin ışık akısını düzenlemek
- Optik sistemin odak derinliğini düzenlemek.

(Bir cisimden 1 saniyede çıkan ışık enerjisine **Işık Akısı** denir.)

7) **Distorsiyon:** Cisimden gelen bir ışın optik eksenle α açısı yapıyorsa mercecek hatalarından dolayı, objektiften çıkışta optik eksenle α' açısını yapar. (Şekil 2.38) Böylece P noktasının görüntüsü olması gereken yerden Δr kadar farklı bir yerde meydana gelir. İşte Δr görüntü kayıklığına distorsiyon hatası denir.



Şekil 2.38. Distorsiyon

şekilden

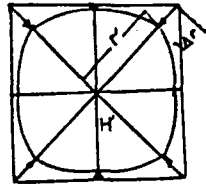
$$\Delta r' = r' - r = r' - f \cdot \tan \alpha \quad (2.3)$$

yazılabilir. r' ölçülebilir, esas uzaklığı belli olan bir objektife laboratuvarında herhangi α açıları altında ışın gönderilebilir. Yani bir objektif Δr hesaplanabilir.

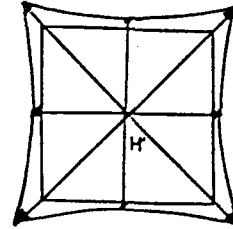
Distorsiyonlar tip olarak ikiye ayrılır:

-Fıçı şekilli distorsiyonlar

-Yastık şekilli distorsiyonlar



a-Fıçı şekilli distorsiyon



b-Yastık şekilli distorsiyon

Şekil 2.39. Distorsiyon tipleri

Merceklerin distorsiyon değerleri firmaları tarafından verilmektedir. Örneğin yüksek incelikli Zeiss kameralarından bazı distorsiyon değerleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.1. Distorsiyon Değerleri

KAMERALAR	DİSTORSİYON
RMK A 30/23	3 mm (Normal açılı kamera)
RMK A 15/23	2 mm (Standard geniş açılı kamera)
RMK A 8.5/23	7 mm (Çok geniş açılı kamera)

Elimizde olmadan oluşan distorsiyon çeşitli yöntemlerle düzeltilebilmektedir. Düzeltme yöntemleri şunlardır :

a) **Porro - Koppe yöntemi** : Bu yöntemde, distorsiyon hatasının giderilmesi için, değerlendirme aletinde, distorsiyonu alım kamerası objektifininin distorsiyonu karakterinde olan bir objektif kullanılır. Böylece ışık ışınları alım esnasında da ters yönde aynı miktarda sapması sağlanmış olmaktadır. Bu yöntem optik izdüşümlü aletlerde kullanılır. (Gürbüz, 1981)

b) **Düzeltilme Camlarıyla** : Düzeltme camları, kalınlığı ve eğriliği alım kamerası objektifinin distorsiyon eğrisi karakterinde olan camlardır. Bu camlar ya değerlendirme aletinde veya kontak tab ile diapositif cam veya filmler çekilirken, orjinal resimden geçen ışığın yolu üzerine konulurlar. Distorsiyon hatası bulunan resmin, kayık görüntü noktasından çıkan ışınlar bu cam tarafından ters yönde aynı miktarda saptırılarak distorsiyon hatasının etkisi giderilmektedir.

c) **Esas uzaklık değiştirilerek** : Değerlendirme aletlerine konulan mekanik bir sistemle resmin her noktasındaki distorsiyon hatasını giderecek şekilde esas uzaklığa Δf düzeltmeleri getirilerek giderilir.

d) **Sayısal yöntemde** : Resim üzerinden ölçülen x' y' koordinatları yardımıyla önce

$$r' = \sqrt{x'^2 + y'^2} \quad (2.4)$$

bağıntılarıyla r' , sonrada katsayıları belli hale getirilen

$$\Delta r = k_0 + k_1 r' + k_2 r'^3 + k_3 r'^5 \quad (2.5)$$

bağıntısı ile de o nokadaki Δr hesaplanır.

$$\delta x = \frac{\delta r}{r'} \cdot x', \quad \delta y = \frac{\delta r}{r'} \cdot y' \quad (2.6)$$

bağıntıları ile hesaplanan koordinat hataları hesaplanıp, resim koordinatlarına getirilerek distorsiyondan arıtılmış resim koordinatları elde edilir.

2.2.7.Prizmalar

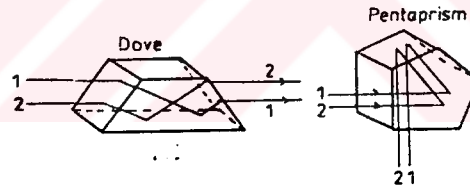
Fotogrametride en yaygın olarak kullanılan prizmalar Dove, Penta, Amici ve Phomboid prizmadır.

-Dove Prizması: Optik eksen için ışın yolu ekseninde, ışın yolu üzerinde toplanan ışın demetlerinin döndürülmesinde kullanılır. Prizmanın giriş ve çıkış yüzleri prizmanın tabanıyla 45° açı yapar.

-Penta Prizma: Prizmaya giren ışınların 80° lik açı ile çıkışını sağlar. Prizma içindeki yansıtıcı yüzeylerdeki kırılma açısı kritik açıdan küçük olduğu için yansıtıcı yüzeyler gümüşle sırlanmıştır.

-Amici Prizması: Dik açılı prizma ile aynı işlemi görür. Gelen ışının yolunu 90° değiştirir. Dik açılı prizmanın tek yansıtıcı yüzeyinden farklı olarak 2 yansıtıcı yüzeyi vardır. Bu prizma ışığın gidişini 90° lik bir kırılmaya maruz bıraktığı gibi görüntünün sağdan sola dönmesine de sebep olur.

-Phomboid Prizma: Prizmanın boyutu ile sınırlanan bir miktar paralel ışınların yerini değiştirmektedir. İki dik açılı prizmanın yaptığı işlemi yapmaktadır (Aytaç 1987).

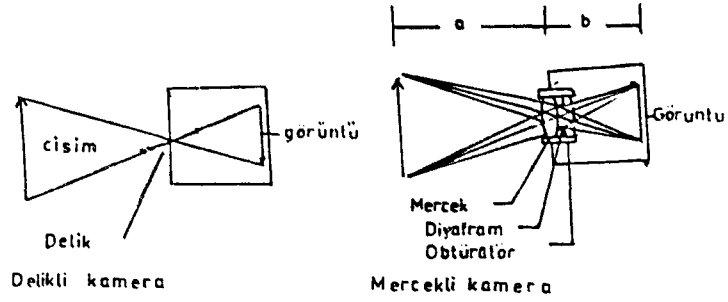


Şekil 2.40.Yaygın prizma tipleri

2.3.Fotoğrafik Esaslar

Fotoğraf ışığın bir altlık üzerine kaydedilmesidir. Bu kayıt işlemi ise kameralar yardımı ile yapılmaktadır. Fotoğrafçılığın ilk günlerinde kullanılan kameralar genellikle iğne delikli ve bu deliğin karşısına rastlayan tarafta ışığa duyarlı plaka taşıyan bir kutudan oluşmaktaydı. Zamanla delikli kameranın yerini mercekli kameralar aldı. Merceklere ek olarak diyafram ve obtüratör sistemleri geliştirildi. Diyafram pozlama süresince açık kalan merceğin çapını kontrol eden bir düzendir. Obtüratör (shutter) ise pozlama süresini ayarlamaya yarar.

Bu kameralarla yüksek kalite ve doğrulukta fotoğraflar elde edebilmek için iyi netleştirme ve doğru pozlama düzenekleriyle donatılmış olmaları gerekmektedir.



Şekil 2.41. Delikli ve merceklı kamera

2.3.1. Netleştirme (Focus)

Kamera netleştirmesinde üç parametre söz konusudur:

f: Kamera merceğinin odak uzaklığı

a: Cisim ile mercek arasındaki uzaklık

b: Mercek ile görüntü düzlemi arasındaki uzunluk

Bunlar arasındaki ilişki:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (2.7)$$

şeklindedir. f mercek için sabittir. Burada cismin merceğe uzaklığı sabit olup sadece b görüntü uzaklığı değişken bir yapı arzeder. Bu değıştirme işlemi de kamera merceğinin resim düzlemine göre hareket ettirilmesiyle yapılır.

Havadan fotoğraf alımında cisim uzaklıkları sonsuzda kabul edilir. Bu nedenle (2.7) eşitliğindeki (1/a) değeri sıfır kabul edilir. b=f değerini alır.

2.3.2. Pozlama (Exposure)

Pozlama bir emülsiyon üzerine ışık düşürülmesidir. Kamera resim düzleminin her noktasındaki pozlama;

$$E = \frac{S \cdot d^2 \cdot t}{4 \cdot f^2} \quad (2.8)$$

eşitliği ile bulunur.

E: Film pozlaması

t: Pozlama süresi

S: Pozlanan filmin parlaklığı

f: Odak uzaklığı

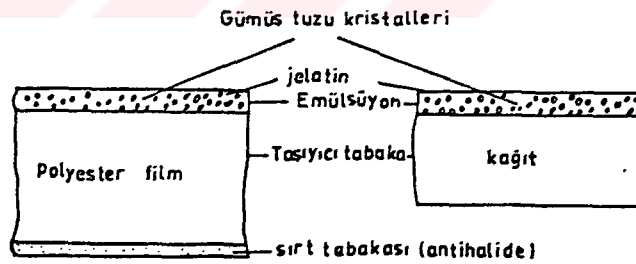
d: Mercek açıklık çapı

Mevcut kamera ve resmi çekilecek yeryüzü parçası için (2.8) eşitliğinde görüldüğü gibi pozlama değeri (t) obtüratör hızı (pozlama süresi) ile (d) merceğin açıklığına bağlıdır.

2.3.3.Siyah beyaz filmin yapısı

Film, esnek (bükülebilir) ve saydam bir taşıyıcı altlık üzerine, yaklaşık 100 mikron kalınlığında, ışığa duyarlı emülsiyon adı verilen tabaka ile kaplı fotoğrafçılık ana malzemesidir. Emülsiyon ise gümüş tuzu kristalleri içeren bir karışımdır. Taşıyıcı altlık üzerine kaplanan bu maddenin bir takım işlemlerle ışığa karşı duyarlılığı artırılır. Kamera obtüratörü açılıp kapandığında pozlanır ve gümüş kristalleri gizli bir görüntü (Latent image) oluşturan foto kimyasal reaksiyona uğrar.

Emülsiyonun kapladığı taşıyıcı altlık olarak saydam plastikler (film) veya kağıt (kart baskı) kullanılabilir (Şekil 2.42).



a-Film

b-Kart baskı

Şekil 2.42.Siyah beyaz filmin kesiti

Havadan fotoğraf alınımında kullanılan plastik altlıklı rulo filmler, ısı ve nem farklılıklarına karşı kolay boyut değiştirmeyen bir yapıdadırlar.

2.3.4. Banyo işlemleri

Banyo işlemi fotokimyasal reaksiyon sonucu oluşan latent (gizli) görüntüyü gerçek görüntü durumuna getiren bir takım kimyasal olaylardır. Çekilen filmler aşağıdaki aşamalardan geçerler.

-Geliştirme Banyosu: Pozlanan film önce developer adı verilen bir eriyik içine batırılır. Developer gümüş tuzu taneceklerini gümüşe indirger. Siyah renkli bir görünüm alır. Süresi 3 dakika kadardır.

-Durdurma Banyosu: Görüntüler developer içinde iyice geliştirildikten sonra durdurma banyosu denen asidik bir eriyiğe daldırılır. Böylece kimyasal işlem durdurulmuş olur.

-Sabitleştirme Banyosu: Bu aşamada film sabitleştirici özellik taşıyan (fixer) bir eriyiğe batırılır. Bu banyonun amacı emülsiyonu sertleştirerek ona kimyasal olarak sabit bir yapı kazandırmaktır. Bu banyonun süresi 5-15 dakika arasındadır.

-Yıkama: Filmin görüntü kalitesini bozacak kimyasal artıklardan temizlemek amacıyla film temiz bir akansu altında yıkanır. Bu işlemin süresi 30 dakikadır. Yıkama işlemini hızlandırmak için yıkama suyuna bazı kimyasal maddeler karıştırılır.

-Kurutma: Banyo işleminin son aşaması olup film üzerindeki su damlacıklarını sıcak kurutma dolaplarında ortadan kaldırmaktan ibarettir.

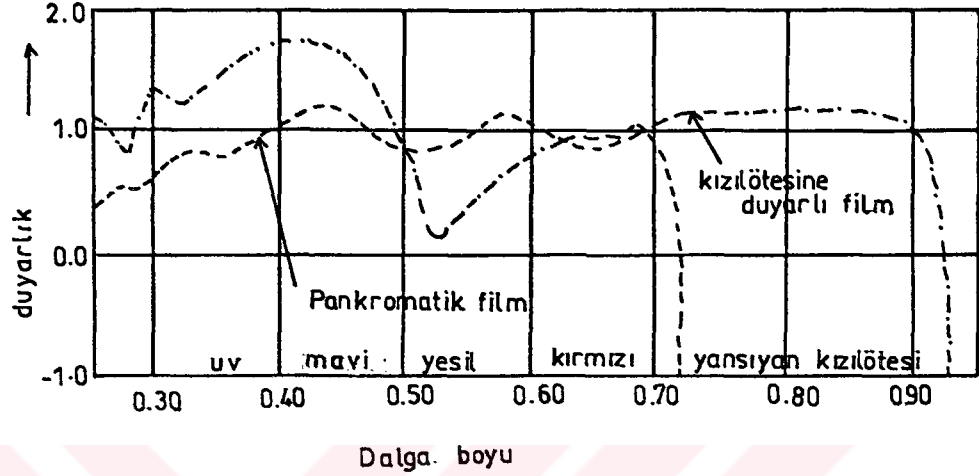
Özellikle siyah beyaz teknikte çalışan fotoğrafik işlemlerde önce negatif görüntü elde edilir. Negatif görüntü, aynı boyutta veya büyütülerek tekrar pozlanıp yukarıdaki banyo işlemlerinden geçirildiğinde doğadaki gerçek renkleriyle uyumlu pozitif görüntü elde edilir.

Hava fotoğraflarının negatiften pozitive aynı boyutta aktarılması işlemine **Kontak Baskı** denir. Elde edilen pozitif görüntünün altlığı kullanım amacına göre cam, polyester veya kağıt olabilir. Kağıt taşıyıcı altlıklı pozitifler kart baskı, cam ve polyesterler ise **Diapozitif** olarak adlandırılırlar.

2.3.5. Siyah Beyaz filmin spektral duyarlılığı

Siyah / beyaz hava fotoğrafları genellikle ya pankromatik ya da kızıl ötesi enerjiye duyarlı yapılırlar. Bu film türlerinin her biri için oluşturulan spektral duyarlılık eğrileri Şekil 2.43'de gösterilmiştir. Pankromatik film uzun bir süredir hava fotoğrafçılığında standard film özelliğini

korumaktadır. Bu fotoğraflar topoğrafik harita üretimi, jeolojik ölçmeler, mühendislik çalışmaları ve ziraatte ürün envanterini kıymetlendirme gibi işlerde temel kaynak durumundadırlar.



Şekil 2.43.Siyah beyaz pankromatik ve kızıl ötesi filmler için spektral duyarlılık eğrileri

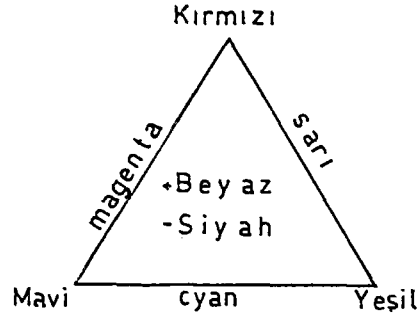
2.3.6.Renkli film

Siyah beyaz pankromatik hava fotoğrafları uzun bir süredir hava fotoğrafçılığının standard film olma özelliğini korumaktadır. Ancak özellikle uzaktan algılama uygulamaları renkli film kullanmayı gerektirmektedir. Renkli filmlerin maliyet sorunu nedeniyle hava fotoğrafçılığında halen yaygınlaşmamış olup çok özel işlerde kullanılmaktadır.

2.3.6.1.Renk kuramı

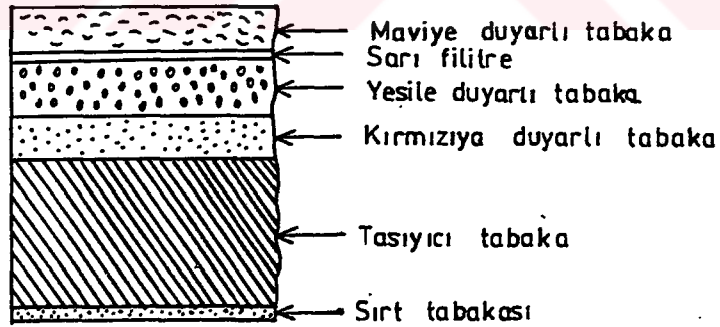
Bakılan cisimden çıkan ışınlar değişik ortamlardan geçerek gözün ağ tabakasındaki (retina) renklere duyarlı kısım tarafından algılanırlar. Cisimden gelen bu ışınların enerjisinin şiddetine göre algılayan sinir uçları beyne iletir. Beyinde yapılan sentez sonucu, cisme ait esas rengi içeren görme olayı gerçekleştirilir.

Mavi, yeşil ve kırmızı renklere Ana Renkler adı verilir. Bu üç rengin birleşmesinden beyaz renk oluşur. Beyaz görmenin nedeni ise ışığı algılayan görme hücrelerinin aynı oranda uyarılmasıdır. Üç ana rengin karışımları diğer renklerin elde edilmesinde kullanılır. Renk üçgeninde de görüldüğü gibi kırmızı ile mavinin karışımında magenta, mavi ile yeşilin karışımından cyan (açık mavi), yeşil ile kırmızının karışımından sarı renk oluşur.



Şekil 2.44. Ana ve yardımcı renk üçgeni

Sarı, magenta ve cyan renkleri Yardımcı Renkler olarak adlandırılırlar. Bunların üçünün karışımı siyah, diğer ikili karışımları da ana renkleri verir. Örneğin cyan (mavimsi-yeşil) ile magenta (mavimsi-kırmızı)'nın karışımı mavi rengi verir.



Şekil 2.45. Renkli filmin yapısı

Bir renkli filmin enine kesiti Şekil 2.45'de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi en üst tabaka mavi ışığa ikinci tabaka yeşil ışığa, üçüncü tabaka ise kırmızı ışığa duyarlıdır.

Gerçekte ikinci ve üçüncü tabakalar aynı zamanda mavi ışığa da duyarlı olmasına karşın, birinci tabakadan sonra yerleştirilen bir sarı filtre katmanı, mavi enerjinin diğer tabakalara geçmesini

önlere. Böylece mavi, yeşil ve kırmızıdan oluşan ana renklerin film üzerinde ilgili tabakalarda hassas olarak kayıt edilmesi sağlanır. Sarı filtre banyo işlemi sırasında eridiğinden görüntü üzerinde bir etkisi yoktur. Taşıyıcı tabaka ise ışık geçirgenliğine sahip saydam plastik yapıdadır.

2.3.6.2 Renkli filmlerin banyo işlemleri

Renkli filmlerin banyo edilmesinde ya siyah beyaz filmlerde olduğu gibi negatiften pozitif işlem sırası takip edilir ya da doğrudan pozitif görüntünün elde edildiği yöntemlerden biri kullanılır.

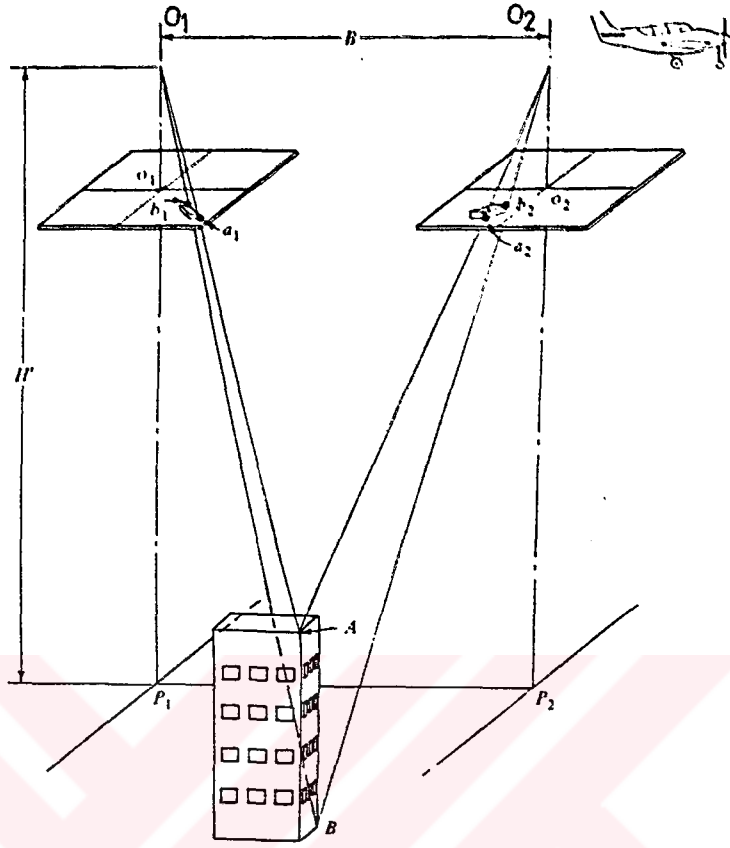
Negatiften pozitive işlem sırası takip edilecekse, renkli filmler, pozlamadan sonra banyo işlemlerine tabi tutularak renkli negatifleri elde edilir. Daha sonra pozitive dönüştürülecek negatif renkli filmler siyah beyaz negatifler gibi fotoğraflanan alanın ters renk tonlarına sahiptir. Sarı, magenta ve cyan renklerini içeren bu renk tonları pozitif görüntüde tekrar doğadaki gerçek renk tonuna kavuşur. Kullanım amacına göre ya kart baskıda ya da diapositif yapıda olabilir.

2.4. Fotogrametrik Temeller

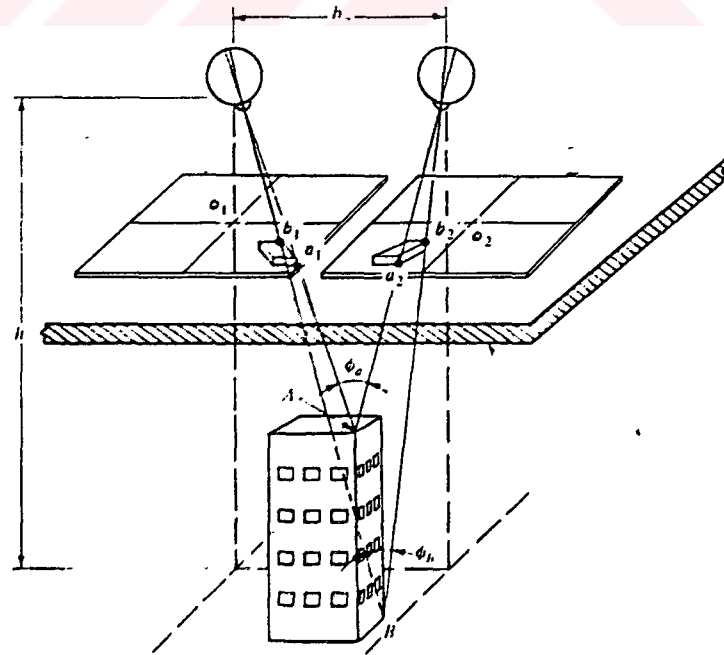
2.4.1. Stereoskopik Görüş

Bilindiği gibi insan gözleri birbirinden 5-6 cm kadar birbirinden ayrıdır. Belirli uzaklıktaki cisme bakıldığında gözler arasındaki bu farkın sağladığı farklı görüş açısı bakılan cismin üç boyutlu görülmesine imkan verir. Bu sayede o cismin uzaklığı, büyüklüğü hakkında karar verebiliriz. Tek gözle üç boyutlu görüş kaybolur. Bu nedenle tek bir hava fotoğrafı kullanılmakla üç boyutlu stereoskopik görüş elde edilemez. Sanki tek gözle bakılıyormuş intibası uyandırır. Ancak fotoğraf üzerindeki objeleri, şekilleri, büyüklükleri, sıralanışları tanınabilir. Topoğrafik şekiller hakkında da fikir edinilebilir. Fakat yükseklik ve derinlik tahmin etmek güç ve sınırlıdır (Bilgin, 1987).

Bir yere ait olan fakat Şekil 2.46'da görüldüğü gibi ayrı ayrı çekilmiş bindirmeli fotoğraflar Şekil 2.47'deki gibi stereoskop veya fotogrametrik alette bakıldığında iki görüntü beyinde birleştirilerek üç boyutlu gerçek görüntü oluşur. Buna **Stereoskopik Görüş** denir.



Sekil 2.46. Bindirmeli olarak iki ayrı çekim istasyonundan resim çekimi



Şekil 2.47. Stereoskopik görüşün mekanik açıklaması

Stereoskopik görüğü sağlamak için yukarıda da söylendiği gibi resimlerin %60-70 oranında bindirmeli çekilmesi gerekmektedir. Böyle çekilen resimlere *Stereo-resim (Stereo-pair)* adı verilir. Ancak bunlar üzerinde stereoskopik çalışma yapılabilir. Şekil 2.47'de stereoskopik görüşün mekanığı daha açık bir tarzda anlaşılmaktadır.

2.4.2. Stereoskoplar

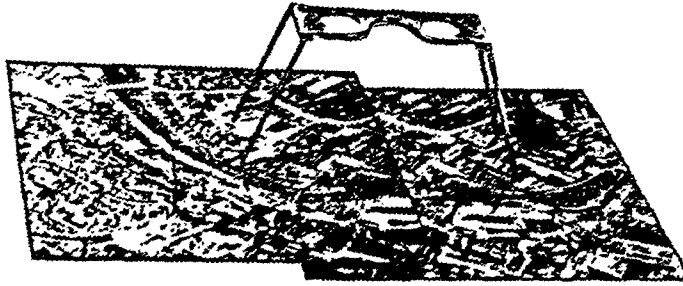
Bir hava fotoğrafından stereoskopik görüntü temin etmek için kullanılan en yaygın alet stereoskoplardır. Bu aletler üç esas tipe ayrılır:

-Prizmalı stereoskoplar

-Mercekli stereoskoplar

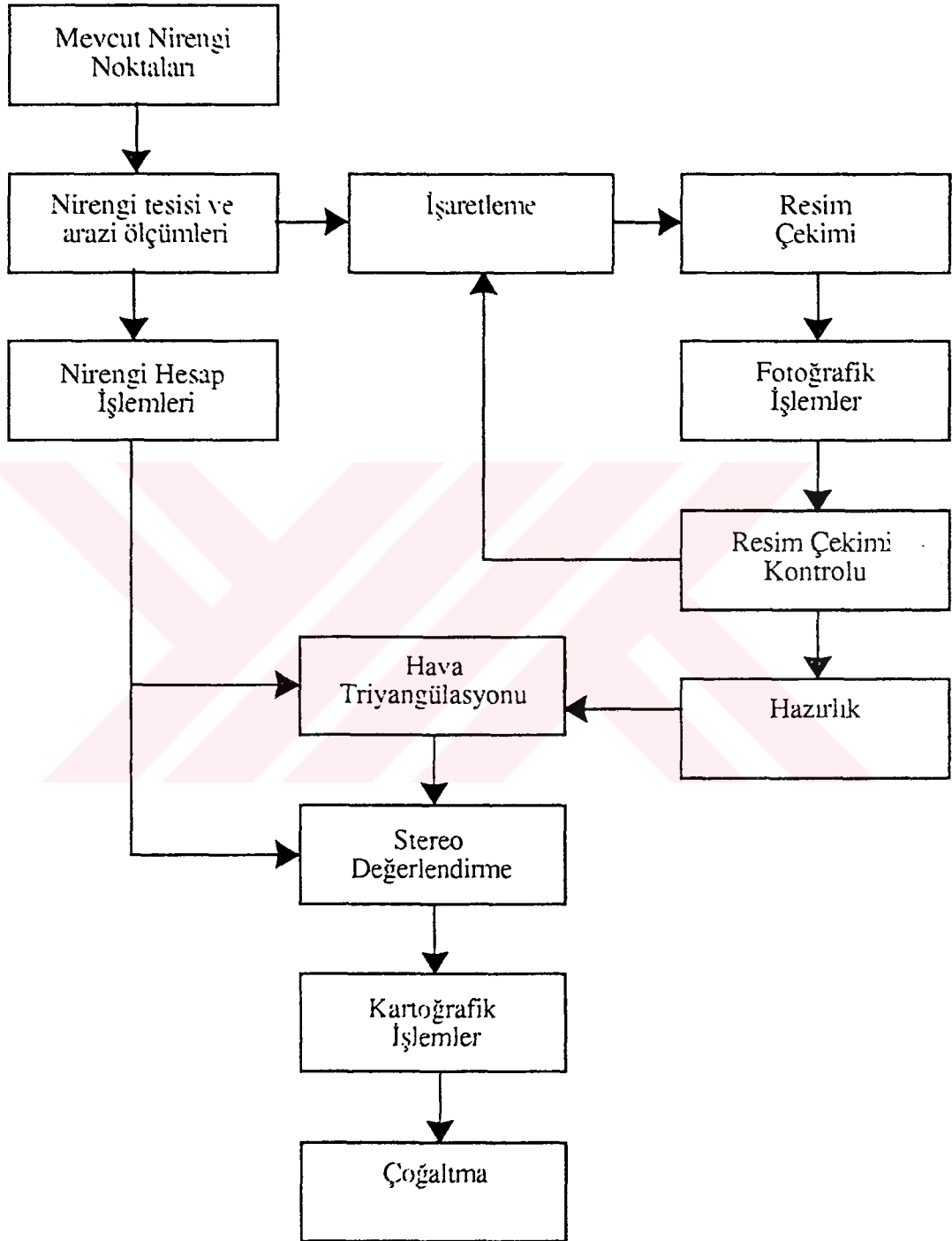
-Aynalı stereoskoplar

Prizmalı stereoskopta iki prizma göze gelen ışınları yansıtır. Ancak büyütme mümkün olmaz. bu nedenle fotogrametride fazla kullanılmaz. Stereoskoplar daha ziyade foto yorumlamada ve hazırlık işlemlerinde kullanılırlar.



Şekil 2.48. Stereoskop

3.HAVA FOTOGRAMETRİSİ



Şekil 3.1.Hava fotogrametrisinde iş akışı

3.1.Nirengi Tesisi ve Ölçümleri

Nirengi noktaları, arazide tesbit edilmiş koordinatları belirli bir koordinat sisteminde hesaplanmış olan temel dayanak noktalarıdır. Hangi yöntemle harita yapılırsa yapılsın bu noktalara ihtiyaç vardır. Fotogrametrik yöntemle harita yapımında 3 boyutlu arazi modelinin elde edilebilmesi için bu noktalara ihtiyaç vardır. Bu nedenle haritası yapılacak bölgede ilk olarak nirengi çalışmalarına başlanır. Bu noktalara beton bloklar gömülerek işaretlenir. Koordinat hesabı yapabilmek içinde açı ve kenarlar ölçülür.

Nirengi noktaları arazide uçuş planlarına göre 3 yöntemle tesis edilir.

-Havuz yöntemi

-Dizi yöntemi

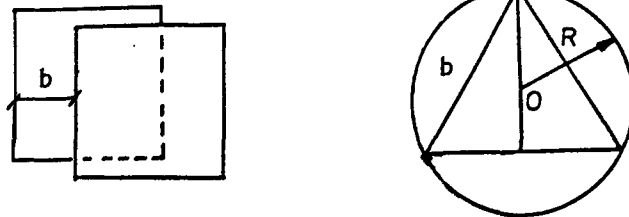
-Havai nirengi (fotogrametrik nirengi) yöntemi

Bunlardan ilk iki yöntemde yer kontrol noktaları arazide yapılan çalışmalarla tesis edilip gerekli açı ve yükseklik ölçmeleri de arazide yapılır. Fotogrametrik nirengi yönteminde ise arazi koordinatlarının büyük bir kısmı büroda hesaplanmaktadır (Gürbüz, 1982).

3.1.1.Havuz yöntemi

Bu yöntemde modele en az 3 noktanın girmesi prensibi esas alınmıştır. Bunu sağlamak içinde arazi eşkenar üçgenlere bölünür. Eşkenar üçgenin bir kenarı en fazla model faydalı alanının kısa kenarı kadar olabilir. Kontrol noktaları dağınık olduğundan sıklıkları havuz dairesi denen yöntemle yapılır (Yerci, 1978). Resim çekiminde kullanılan kameranın resim boyutlarına ve resim ölçeğine göre havuz dairesi yarıçapı hesaplanır.

Havuz dairesi yarıçapı şu şekilde hesaplanır:



Şekil 3.2.Havuz dairesi yarıçapı

$$b' = S \cdot \left(\frac{1-P}{100} \right) \quad (3.1)$$

$$h = b \cdot \sin 60^\circ = b \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (3.2)$$

$$R = \frac{2}{3} \cdot h = \frac{b}{\sqrt{3}} \quad (3.3)$$

olarak hesap edilir.

Buradaki baz uzunluğu b, eşkenar üçgen yüksekliği h, R ise havuz dairesi yarıçapıdır.

3.1.2.Dizi yöntemi

Bu yöntemde temel prensip modelin köşesine birer nokta gelerek alanın en az modelle kapatılmasıdır. Bu noktaların köşede olması mutlak yöneltmede de istenen bir durumdur. Uçuş yönü, resim ölçeği ve boyuna örtü oranı dikkate alınarak kaçar metre aralıklarla nokta tesis edileceği bulunur. Nokta tesisi bu aralıklara göre yapılır. Ancak planlanan yer her zaman nokta tesisi için elverişli olmamaktadır. Bu durumda yönetmeliğe göre 200 m civarında tesis yapılabilir.

Noktaları tam model köşelerine getirebilmek için %90 boyuna örtülü olarak çekim yapılmaktadır. Bunların arasından uygun olan %60-70 bindirmeli resimler seçilmektedir.

Uçuşun planlanan eksen üzerinde yapılması gerekmektedir. Uçuş ekseninde kayıklık olursa modelin altında ve üstünde kontrol noktası olmamakta dolayısıyla modelin değerlendirilmesi yapılamamaktadır. Bu durumda uçuşun yenilenmesi gerekmektedir. Uçuş yenilemesi ise maliyetin artması demektir. 1962'de ülkemizde kullanılan bu yöntemde eksenden kayma problemine oldukça sık düşüldüğünden vazgeçilmiştir.

3.1.3.Havai nirengi (Fotogrametrik nirengi)

Fotogrametrik yöntemle harita yapımında stereo modellerin değerlendirilebilmesi için, modellerin uygun yerlerine dağılmış koordinatları (X, Y, Z) bilinen, biri kontrol olmak üzere en az 4 noktaya gerek vardır. Nirengi adını verdiğimiz bu noktaların koordinatları, jeodezik (yer ölçme) yöntemlerle hesaplanabileceği gibi fotogrametrik yöntemlerle de hesaplanabilir. Nirengi

koordinatlarının fotogrametrik yöntemlerle hesaplanması için yapılan çalışmalara Fotogrametrik Nirengi veya Havai Nirengi denmektedir.

Genel olarak nirengi sıklaştırma amacıyla uygulanan havai nirengi, herhangi bir nedenle değerlendirilemeyen modelleri ek arazi çalışması ve uçuşa gerek kalmadan değerlendirilebilecek duruma getirmek, gerektiğinde modellerin uygun yerlerine nokta atarak presizyonu yükseltmek, sayısal değerlendirme yapabilmek, çalışmalara hız, ekonomi ve kolaylık sağlamak amaçlarıyla fotogrametri organizasyonlarında uygulanmaktadır.

Fotogrametrik yöntemle harita yapımı klasik yöntemle göre %60-70 arasında daha hızlı ve ekonomiktir. Fotogrametrik yöntemle harita yapımında ise toplam harita maliyetinin yaklaşık %50'si arazi çalışmalarına yani nirengi işlerinde harcanmaktadır. Nirengi çalışmalarında ise, jeodezik yöntemler yerine havai nirengi uygulaması çalışmalara hız ve kolaylık getirdiği gibi, nirengi işleri maliyetinde %40-60 arasında ekonomi sağlamaktadır. Bu nedenle fotogrametrinin amacına da en uygun olarak gelişmiş ülkelerde son 20-25 yıl içinde, pahalı ve güç arazi çalışmalarında maliyeti ve güçlüğü en aza indirecek şekilde uygun ve ucuz havai nirengi yöntemleri geliştirilmiştir.

Havai nirengi yöntemleriyle noktaların koordinatlarını elde edebilmek için, iş sahasında jeodezik yöntemlerle koordinatları hesaplanmış ve uygun yerlere dağıtılmış bir miktar nirengi noktalarına gerek vardır. Bu noktalara **Yer Kontrol Noktaları** denir.

Noktaların yalnız X, Y koordinatları biliniyorsa **Yatay Kontrol Noktaları**, yalnız yükseklikleri biliniyorsa (Z) **Düşey Kontrol Noktaları** ve fotogrametrik yöntemle koordinatları bulunan noktalara da **Havai Nirengi Noktaları** denir.

Fotogrametrik nirengi uygulaması durumunda yer kontrol noktalarının dağılımı ve sıklığı fotogrametrik nirengi yönteminin özelliklerine göre düzenlenir. Ancak hiçbir zaman blok kenarlarında yer kontrol noktalarının dağılımı $i=2b$ ve blok içinde ise düşey kontrol noktalarının dağılımı $i=4b$ 'den daha fazla olamaz (Teknik Yönetmelik Madde:184).

Burada ki; b:Baz uzunluğu

i:Yer kontrol noktası bandı aralığıdır.

3.2.İşaretleme

Uçuştan evvel öncelikle bütün kontrol noktaları arazide işaretlenmelidir. İşaretleme duruma göre kireçleme, boyama, plaka veya band yerleştirme şeklinde yapılır. İşaret rengi olarak

genellikle zemin toprak yapısına zat olacak şekilde beyaz, siyah, sarı veya kırmızı renkler tercih edilir (Alkış, 1985).

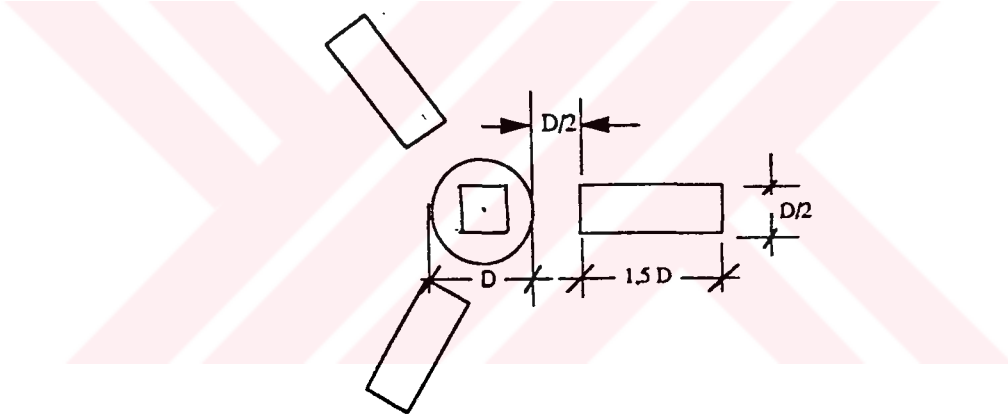
İşaretleme esnasında iki hususa dikkat edilir:

-İşaret resim üzerinde kolayca bulunmalı

-Ölçü alınacak noktada bu işaretlemelerden dolayı bir hata kaynağı meydana gelmemelidir.

Yer kontrol noktasının etrafı bir daire blokajla kaplanır. Daire blokajın boyutları değerlendirilmede kullanılacak aletin ölçü markasının büyüklüğüne ve çekilecek resmin ölçeğine göre belirlenir. İşarete eklenen kollar ise işaretin fotoğraf üzerinde bulunmasını kolaylaştırır.

Yönetmeliğe göre, zemin işareti merkez olmak üzere resmin ölçeğinde $D=50$ mikron çapında bir daire ve bu dairenin $(D/2)$ kadar uzağında, eni $(D/2)$ boyu $(1.5 D)$ olan ve aralarında 120° lik açı bulunan üç dikdörtgen işaret yapılır.

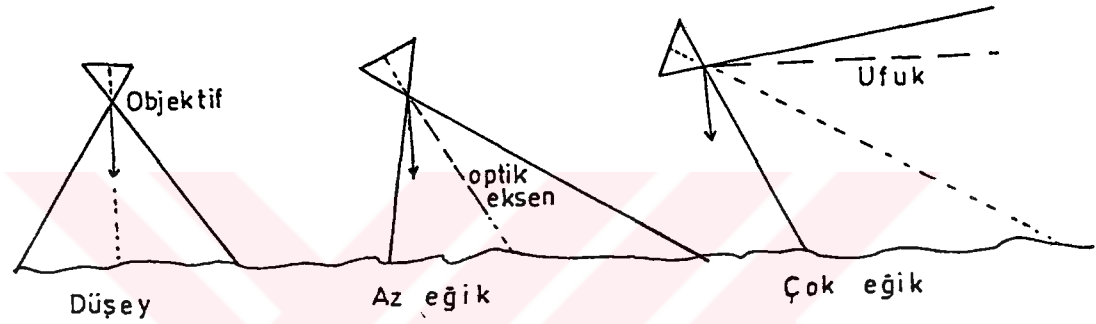


Şekil 3.3.Zemin işareti

Özellikle kadaströ çalışmalarında, kontrol noktalarının işaretlenmesi kadar önemli olan işaretleme, sınır kırık noktalarının işaretlenmesidir. Bu noktalara zemin işareti merkez olmak üzere, kenar uzunluğu resim ölçeğinde $D=50$ mikron olan içi dolu kare şeklinde işaretler yapılır (Şekil 3.4.).

3.3.1.Hava resimlerinin türleri

Resimler genellikle düşey ve eğik olmak üzere sınıflandırılırlar. Düşey resimler kamera ekseninin olabildiğince çekül hattına yöneltilmesi ile elde edilirler (Şekil 3.5.). Hava resimlerinin fotogrametri uygulamalarında en çok kullanılan türü düşey hava resimleridir ve tek objektifli veya çift objektifli hava kameraları ile çekilirler. Ancak uçağın son derece değışken özellik gösteren atmosfer ortamında gerçek anlamda düşey resim elde etmeyi imkansızlaştırır. Bu açısal hareketler kamera ekseninde yaklaşık 1° ile 5° arasında değışen eğikliğe neden olurlar.

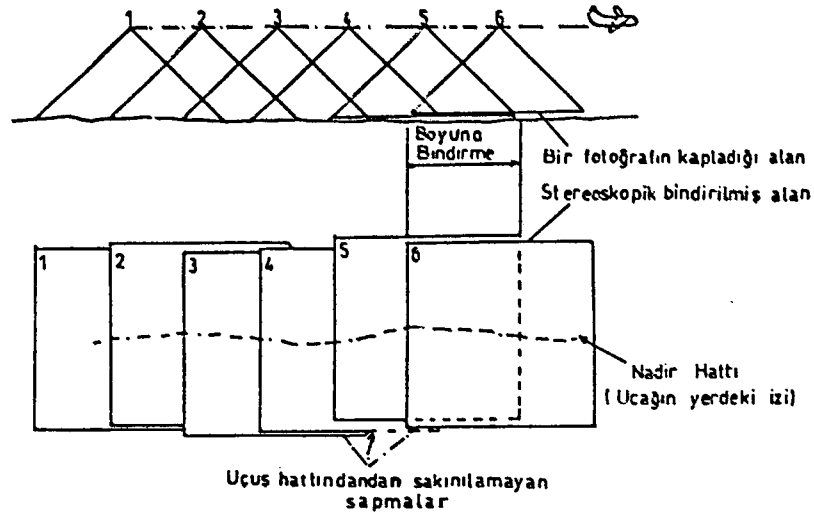


Şekil 3.5.Hava resimlerinin sınıflandırılması

Kamera ekseninin isteğe bağılı olarak eğilmesi sonucu elde edilen Eğik Resimler üzerinde ufuk hattını içermeleri durumunda Çok Eğik, diğer durumlarda ise Az Eğik şeklinde isimlendirilirler.

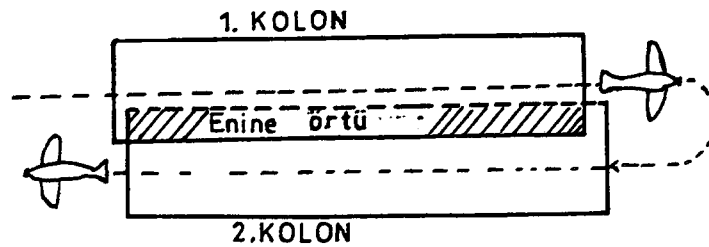
3.3.2.Havadan düşey resim çekimi

Düşey hava resimleri tek objektifli hava kameraları ile uçuş kolonları boyunca çekilirler. Resim çekimi sırasında uçağın yeryüzü üzerinde izlediğı doğrultuya Nadir Hattı adı verilir ve görüntülerin merkezlerinin birleşmesinden oluşur (Şekil 3.6).



Şekil 3.6.Uçuş kolonu boyunca düşey fotoğraf alımı

Her resim bir önceki resmin kaplamış olduğu alanın enaz yarısını kaplamak koşulu ile uçuş kolonu doğrultusunda pozlanırlar. Uçuş kolonu boyunca bu tür resim almına boyuna örtü, bir uçuş kolonu içinde birbirine bitişik fotoğraf çiftleri ile örtülmüş yeryüzü parçasına **Stereoskopik Bindirilmiş Alan** denir. İleri bindirme oranı % 55-70 arasında değişir. Her pozlama anında kameranın bulunduğu yere **Resim çekme noktası**, alım noktası ve yerden olan yüksekliğine de **Uçuş Yüksekliği** denir. Birbirine bitişik uçuş kolonları kendi aralarında da enlemesine birbindirme olacak şekilde pozlanırlar (Şekil 3.7).



Şekil 3.7.Yan bindirme

Şekil 3.7'de gösterilmiş olan enine bindirmeye **Enine örtü** denir. Oranı ise %20-30 civarındadır. İki veya daha fazla yan bindirmeli kolonlar bir **Blok** oluştururlar.

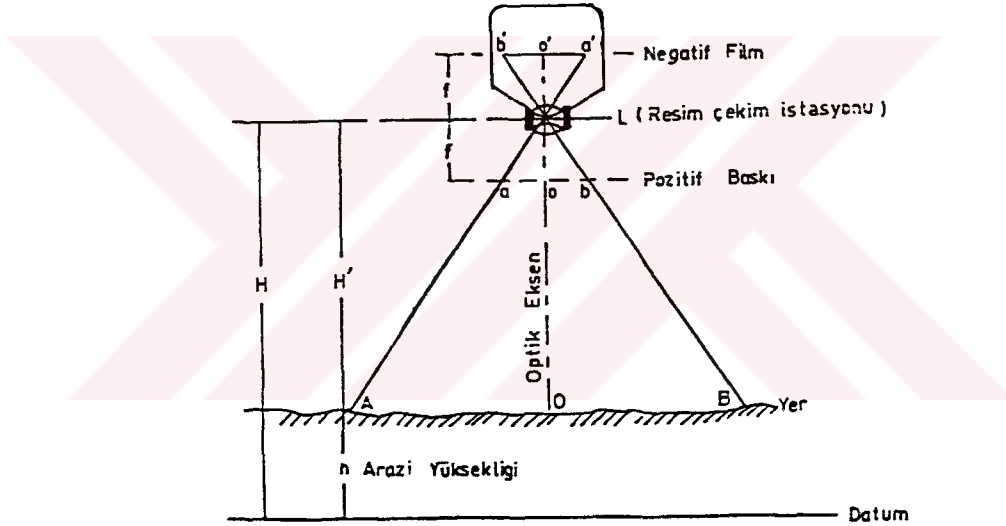
3.3.3.Hava resimlerine ait bazı kavramlar

3.3.3.1.Resim ölçeği

Bir hava resminin ölçeği kısaca, resim üzerindeki bir uzunluğun yeryüzündeki gerçek uzunluğuna oranı olarak tanımlanır. Diğer bir taraftan yeryüzünden itibaren uçuş yüksekliğinin asal uzaklığa oranı da resim ölçeğini verir. Şekil 3.8'den

$$1 / M_r = \text{Ölçek} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'} \quad (3.4)$$

olduğu görülür.



Şekil 3.8.Düşey hava fotoğrafının ölçeği

Tamamiyle düz arazi yüzeyini içeren hava resimleri için bulunan ölçek sabit bir değeri içerir. Yükseklikleri değişen bir arazi yapısında ise her noktada ölçek farklıdır. Bu durumda resmin kapladığı alana ait ortalama arazi yüksekliğinden hareketle bir ortalama ölçek hesabı yapılır.

3.3.3.1.1. Standard resim ölçeği

1/5000 ölçekli standard topoğrafik haritaların yapımında kullanılan resim ölçeklerine **Standard Resim Ölçeği** denir. Bu paftaların boyutları buldukları yerlerin enlem ve boylamına göre bir miktar farklı isede ortalama olarak Kuzey-Güney yönünde 2780 m ve Doğu-Batı yönündeki kenarı ise 2200 m olarak alınabilir. Bu paftalar ülke koordinat sisteminde açılırlar. Ülke koordinat sisteminde X koordinatları kuzeye, Y koordinatları ise doğuya doğru büyür. Aynı paralel daireler arasındaki paftalardaki yan kenarların uzunlukları birbirine eşit alt ve üst kenarlar ise bir miktar farklıdır.

1/5000 ölçekli standard haritalarda Kuzey-Güney ve Doğu-Batı uçuşları için iki ayrı resim ölçeği tesbit edilmiştir.

Tablo 3.1 Standard Resim Ölçekleri

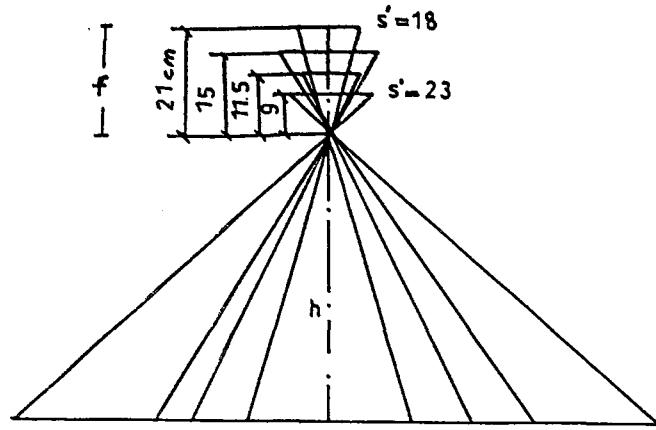
Resim Ölçeği	Doğu-Batı Uçuşu	Kuzey-Güney Uçuşu
f=11.5 cm (18*18 cm ²)	1/21 000	1/17 000
f=15 cm (23*23 cm ²)	1/16 000	1/14 000

Resim ölçeklerinin seçiminde kullanılacak hava kamerası, haritadan istenen incelik, en az maliyet, boyuna örtü oranları, paftanın en az modelle kapatılması gibi etkenler göz önünde bulundurulur.

3.3.3.2. Resmin kapladığı alan

Resmin kapladığı alan öncelikle resimlerin boyutlarına bağlıdır. Doğal olarak aynı ölçeğe sahip olmasına rağmen 23*23 cm²lik resim ile 18*18 cm²lik resmin kapladığı alan birbirinden farklıdır.

Şekil 3.9'dan da görüldüğü gibi bir resmin kapladığı alan kamera esas uzaklığına, resim boyutuna ve ayrıca uçuş yüksekliğine bağlıdır.



Şekil 3.9. Değişik kameralar için resmin kapladığı alan

3.3.3.3. Resim sürüklenmesi (image motion)

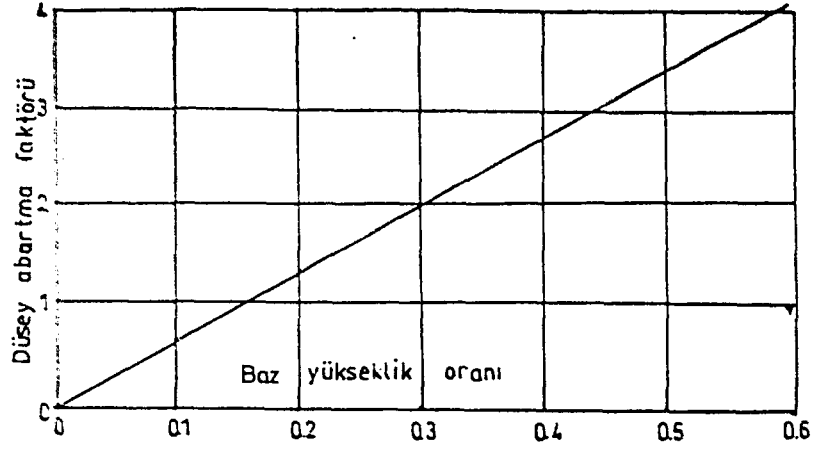
Havadan resim çekim anında uçağın hareketi nedeniyle obtüratörün açılıp kapanma süresi içerisinde oluşan görüntü kaymasıdır. Özellikle yüksek hızlı jet uçaklarına takılı kameralarla resim çekiminde ortaya çıkmaktadır. Ancak yeni geliştirilen kamera sistemleriyle büyük ölçüde bu hata FMC (Forward Motion Compensation) cihazları ile önlenmiştir.

3.3.3.4. Düşey abartma

Üç boyutlu bir model stereoskop altında incelendiğinde yeryüzü yükseklikleri olduğundan daha fazla kabartılı görülür. Bu olaya Düşey Abartma denir.

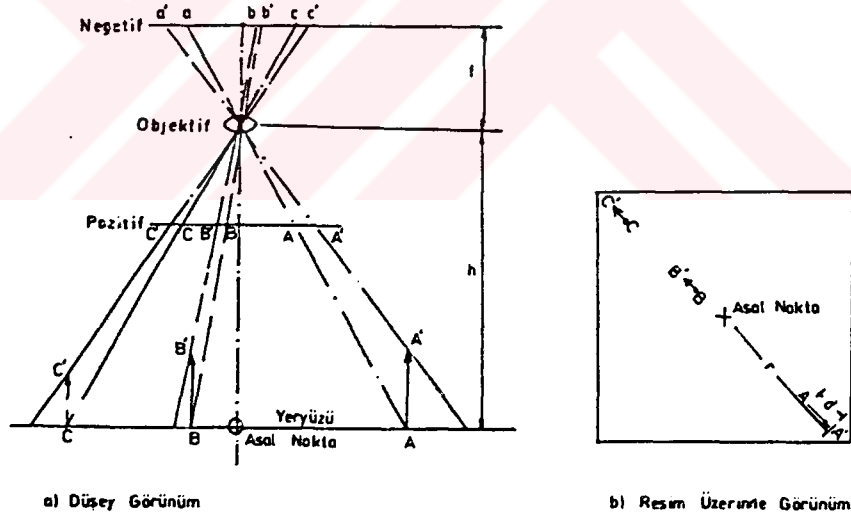
Boyuna bindirilmiş olarak çekilen resimlerin merkezleri arasındaki yer uzunluğuna Hava Bazı, hava bazının yerden olan yüksekliğe oranı ise Baz Yükseklik Oranı (b/h) olarak tanımlanır ve bu modelin düşey abartmasını verir.

Baz yükseklik oranının düşey abartma ile olan ilişkisi Şekil 3.10'da görülmektedir. Örneğin 10 000 m yükseklikteki bir kamera ile 3000 m'lik hava bazında elde edilen %60 ileri bindirmeli bir stereo model için baz yükseklik oranı $3000/10\ 000 = 0.3$ bulunur. Buna karşılık gelen düşey abartma faktörü ise 2 dir. Faktörün 1 olması düşey abartmanın olmadığını gösterir.



Şekil 3.10. Baz yükseklik oranı ve düşey abartma faktörü

3.3.3.5. Yükseklik farklarından ileri gelen görüntü kayması (rölyef kayma)



Şekil 3.11. Rölyef kayma

Bilindiği gibi havadan resim çekimi yeryüzünden gelen ışınların kamera objektifindeki ortak bir noktadan geçerek gerçekleştirilir. Dolayısı ile bir merkezi izdüşüm yapılmaktadır. Merkezi izdüşümde cisimlerin yüksekliklerinden dolayı olması gereken yerden bir miktar farklı yerde görülmektedir. Bu geometrik bozukluğa Rölyef Kayma denir. Şekil 3.11'den de görüldüğü gibi bir

A noktasının alt ve üst noktalarından çıkan ışınlar resim düzlemini A ve A' noktalarında kesmektedir. Bu A ve A' uzunluğu rölyef kaymayı ifade etmektedir. Matematiksel olarak bunu ifade edecek olursak:

$$d = \frac{h \cdot r}{H'} \quad (3.4)$$

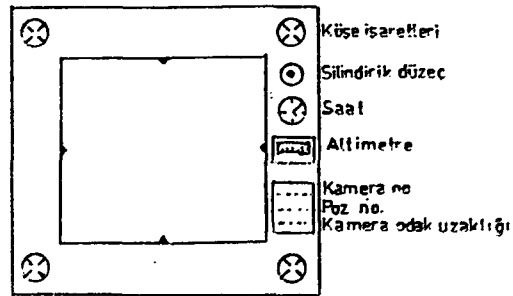
şeklinde olur. Buradan hava resimlerinde rölyef kaymadan dolayı bir cismin yüksekliği bulunabilir.

$$h = \frac{d \cdot H'}{r} \quad (3.5)$$

3.3.3.6. Resim düzlemi eğikliğinden ileri gelen görüntü kayması (tilt kayması)

Uçağın resim çekim esnasında atmosferik koşullar altında yapmış olduğu kaçınılmayan açısal hareketlerin resim düzleminde neden olduğu eğiklik sonucu ortaya çıkan görüntü kaymasıdır. Resim asal noktasından uzaklaştıkça artan bir geometrik bozulmasıdır.

3.3.3.7. Resim kenar bilgileri



Şekil 3.12. Resim kenar bilgileri

Resim kenar bilgileri resim çekilirken otomatik olarak her resmi üzerine görüntülünen bilgilerdir. Bunlardan en önemlisi ana nokta bulucularıdır. Bu işaretlerin yeri firmasına göre

değişmektedir. Diğer kenar bilgileri saat, altimetre (uçanın denizden yüksekliğini verir), poz numarası ve odak uzaklığıdır.

3.4. Resim Alım Araçları

Resim değişik taşıyıcılara takılan kameralarla elde edilir. Alım araçları taşıma platformları ve kameralar olmak üzere 2 kısma ayrılır. Taşıyıcı platformlar:

-Balon, helikopter, uçak ve uzay araçlarıdır. Uzay araçları özellikle uzaktan algılamada (remote sensing) kullanıldığından burada bahsedilmeyecektir. Diğer alım araçlarına kısaca değinilecek ve kameralar hakkında bilgi verilecektir.

Balon: İlk defa 1858'de Paris'li fotoğrafçı Gaspard Felix tarafından resim çekme amacıyla kullanılmıştır. Başlangıçta 1500 m'ye kadar çıkılabilen balonlarla sonraları daha yükseklere ulaşılabilmiştir. 1957'de Amerikalı Simens 31 000 m'ye kadar yükselmiştir.

Helikopter: Helikopterden yararlanarak fotoğraf çekme işleminde normal optüratör hızında keskin görüntü elde etmek mümkündür. Ancak helikopter ile resim çekimi maliyet olarak daha fazladır (Örmeci 1987). Teknik zorlukları ise;

- Ağırlık ve yer kısıtlaması
- Titreşim'dir.

Bu zorluklar hafif kameralar kullanılarak ve resim çekimi yatay uçuş esnasında yapılarak geçilebilir.

Uçak: Fotogrametride en çok kullanılan taşıma platformudur. Resim çekiminde kullanılacak uçakların en az ve en fazla yapabildikleri hızlar arasındaki fark büyük olmalıdır. Çünkü uçak hızla resim çekme bölgesine gidebilmeli ve resim çekimi esnasında oldukça düşük hızla resim çekebilmelidir. Pilot ve resim çekme operatörünün üstünde uçtukları araziye iyi görebilmeleri için uçak üstten kanatlı olmalıdır. Kısaca bu uçaklarda aranan özellikleri maddeler halinde sıralayacak olursak:

- İyi ve geniş görüş olanağı
- Büyük zirve yüksekliği (6000-10 000 m)
- Büyük bir aksiyon yarıçapı (havada kalma süresi 5-8 saat)
- Motorların senkronize olması yani titreşimin az olup uyumlu çalışması ve çift motorlu olması

- Yük kapasitesi 500-1000 Kg olmalı
- Personel arası irtibatı sağlayacak telsiz düzeni bulunmalı
- Tekerlekleri kapanabilmeli, eksozu arkada olmalı
- 3500 m yükseklikten sonra oksijen maskesine, 6000 m'den sonra basınç odasına ihtiyaç duyulacağından bu tesisler olmalıdır.

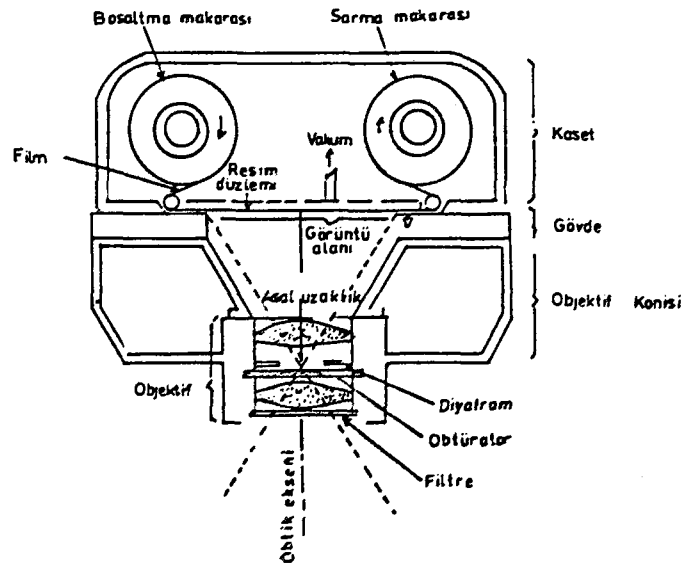
3.4.1.Resim alım kameraları

Günümüzde hava kameraları 4 grup altında sınıflandırılabilir:

- Tek objektifli hava kameraları
- Çok objektifli hava kameraları
- Kolon kameralar
- Panoramik kameralar

3.4.1.1.Tek objektifli hava kameraları

Uzaktan algılama ile fotogrametrik üretim amaçları için hava resimlerinin elde edilmesinde en çok kullanılan ve son derece yüksek görüntü kalitesine sahip kameralardır.



Şekil 3.13. Tek objektifli hava kamerası

Resim düzlemine göre sabitlenmiş mercek sistemlerine sahiptir. Kamera kaseti 120 m uzunluktaki 24 cm enindeki rulo filmleri atacak şekilde yapılmıştır. Ancak görüntü boyutu 23*23 cm'dir. Görüntüler Entervalometre adı verilen elektronik aletler yardımıyla belirli pozlama aralıklarında elde edilir.

Tek objektifli kameralar mercek sistemi görüş alanlarının açisal değerlerine göre çeşitleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 Hava Kameraları

Özellikleri	Görüş açısı (γ) (Derece)	Odak uzaklığı (mm)	Resim boyutları (cm)
Kamera Çeşidi			
Dar açılı kameralar	$\gamma < 60$	$f > 210$	
Normal açılı kameralar	$\gamma \approx 60$	210	18x18
Geniş açılı kameralar	$\gamma \approx 90$	152 . 115	23x23, 18x18
Çok geniş açılı kamera	≈ 120	80-90	23x23

3.4.1.2.Çok objektifli kameralar

Aynı geometrik noktadan, aynı anda, fotoğrafik spektrumun çeşitli dalga boylarını içeren resimlerin elde edildiği kamera sistemleridir. Daha çok 4 objektife sahip olan bu kameralar, çok bantlı (multispectral) fotoğrafçılık tekniğiyle, aynı yeryüzü parçasının değişik dalga boyları için gösterdiği farklı yansımaya özelliklerini incelemeye yarar sağlamaktadır.

Çok bantlı fotoğrafların kıyaslanması tek tek bakılarak yapıldığı gibi üstüste izdüşürülmesi sonucu ortaya çıkan karmaşık renkli görüntülerin kıyaslanması şeklinde de yapılabilir.

3.4.1.3.Kolon kameralar

Yüksek hızlı jet uçakları ile alçak yükseklikten askeri keşif amaçlı görüntü alabilmek için yapılmışlardır. Kamera ileri doğru hareket ederken, resim düzlemindeki sabit bir noktadan film

geçirilerek görüntü kaydı sağlanır. Resim çekimi sırasında obtüratör devamlı açıktır. Hızlı hareket nedeniyle görüntü üzerinde ortaya çıkabilecek bozulma, filmin uçan yer hızına eşit bir hızda yarıktan geçirilmesi ile giderilir.

Kolon kameralar otoyol veya güzergâh tayini gibi belirli bir doğrultu boyunca yapılan sivil amaçlı çalışmalarda da kullanılmaktadır.

3.4.1.4.Panoramik kameralar

Kolon kamera gibi bir yarık yardımı ile dar açık alanda kayıt yapar. Yeryüzü ya kamera merceği yada merceğin önündeki prizma döndürülerek fotoğraflanır.

Panoramik kameralar tek objektifli kameralar ile kıyaslandığında yeryüzünün çok geniş alanlarını görüntüleme olanaklarına karşılık oldukça düşük geometrik doğruluğa sahiptir.

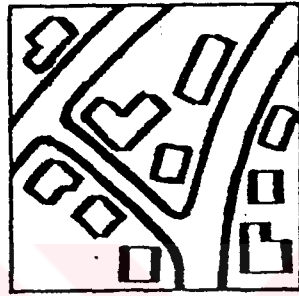
3.4.1.5.Kamera sistemlerindeki gelişmeler

Harita üretim amaçlı üretilen kameralarda ve hava filmlerinde son yıllarda büyük gelişmeler olmuştur. Kameralardaki optik ve geometrik performans artması sonucu fotogrametrik harita üretiminin önemi artmıştır. Klasik hava kameralarının sahip olduğu 21 cm asal uzaklık, 23*23 cm² resim boyutunun ötesinde 30 cm'lik asal uzaklık değeri 23*30 cm² veya 23*46 cm²ye varan resim boyutlu bu kameraların sağladığı olanaklarla uydu görüntülerinden harita üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Modern hava kameralarında fotoğraf kaliteleri diğer bir deyimle Yer Ayırma Gücü 4 veya 5 kez daha yüksek olup distorsiyon hataları yok denecek kadar azdır (Örüklü 1987)

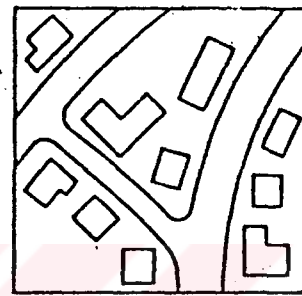
Uçak hareketi nedeniyle, obtüratör açıkken görüntü sabit filme göre biraz hareket etmektedir. Bu ileri hareket 0.1 mm ile 0.2 mm arasındadır. Buda görüntü kalitesinin bozulmasına neden olur. Bu görüntü kalitesini bozan durumdan kurtulmak için poz süresi kısa tutmaya çalışılır . Ancak o zaman da:

- Yüksek ayırma güçlü yavaş pozlanan filmler kullanılamıyordu,
- Uçuşlar ancak optimum aydınlatma koşullarında yapılabiliyordu.
- Hızlı uçuşlar yapılamıyordu.

İşte bunları önlemek için görüntü yürülmesini önleyici tedbirler düşünülmüştür. Bu da obtüratör açık olduğu süre içerisinde filmde uçağın yere göre hızına eşit bir miktar hareket ettirmesini sağlayacak bir tertibat yapılması suretiyle çözülmüştür. Bu tertibat Forward Motion Compensation (FMC-İleri Hareket Dengelemesi) olarak adlandırılıp modern kameralarda uygulamaya başlanmıştır.



a-FMC tertibatsız fotoğraf

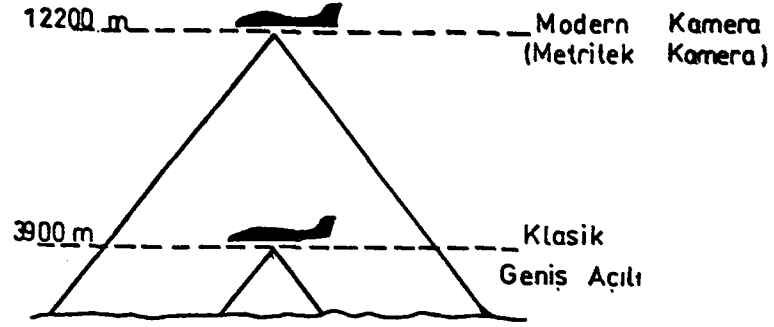


b-FMC tertibatlı fotoğraf

Şekil 3.14.FMC tertibatlı ve FMC tertibatsız kameralarda görüntü

Şekil 3.14'de de görüldüğü gibi FMC tertibatı olmayan kameralarda görüntü yürümesi olurken, FMC tertibatı olan kameralarda görüntü yürümesinin önüne geçilmiş durumdadır. Dolayısı ile resimden beklenen geometrik doğruluk artmış olmaktadır.

Modern kameralardaki fotoğraf kalitesinin artırıldığını yukarıda söylemiştik. Fotoğraf kalitesinin artması sayesinde daha yüksekten resim çekme imkanına sahip olunmuş ve aynı büyüklükteki arazilerin daha az sayıda fakat aynı hassasiyetteki resimlerle kaplanmasına olanak vermiştir. Buda daha az model, daha az yer kontrol noktası ve daha az iş demektir. Böylece zamandan ve maliyetten önemli ölçüde tasarruf sağlanmış olmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Metritek 21 modern kamerası ile klasik kameraların karşılaştırılması

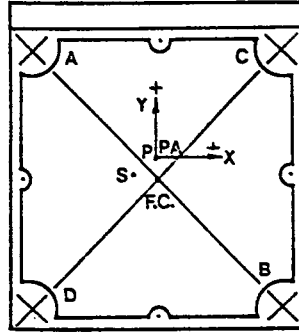
Gelişmiş hava kameralarından söz ederken uzay mekiklerinde kullanılarak 250 Km yüksekten yeryüzünün resmini çeken Metrik Kamera ve Large Format Camera'dan da bahsetmek yerinde olacaktır. Bu kameraların özellikleri aşağıda Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Tablo 3. 3. Metrik ve Large Format kameralarının özellikleri

ÖZELLİK	METRİK KAMERA	LARGE FORMAT KAMERA
Amacı	Topoğrafik ve tematik harita yapımı	Topoğrafik ve tematik harita yapımı
Uçuş Tarihi	10-11/1983	10/1984
Uçuş Platformu	Uzay mekiği	Uzay mekiği
Yörünge Tipi	Uzay mekiği yörüngesi. yaklaşık 55 ⁰	Uzay mekiği yörüngesi
Yörünge Yüksekliği	250 Km	225 Km
Fotoğraf Boyutu	23 cm*23 cm	23 cm*46 cm
Fotoğraf Arazi Boyulu	189 Km*189 Km	170 Km*340 Km
Fotoğraf Ölçeği	1/820 000	1/738 000
Algılayıcı Kamera	Zeiss-RMK 30/23	Ortofoto kamera
Kamera Sabiti	305 mm	305 mm
Divafram Açıklığı	1/5.6	1/6
Poz Süresi	1/500-1/1000 saniye	1/500 saniye
Piksel Boyutu	21 m*21 m veya 39 lp/mm	-
Siyah-Beyaz Film Dalga Boyu	200-535 mikron	-
Renkli Film Dalga Boyu	200-535 mikron	-
Siyah-Beyaz Film	-	Panatomic-X Aerocon. Ayırma gücü 125-400 lp/mm
Siyah-Beyaz Film	-	High defination, Ayırma gücü 250-800 lp/mm
Infrared (Pozitif)	-	Kodak SO-13 Color-IR Ayırma gücü 50/16 lp/mm
Renkli (Pozitif)	-	Kodak SO-242 Renkli Ayırma gücü 100-200 lp/mm

Kameralardan verim alabilmek için uçuş mevsiminden önce kalibrasyonu ve bakımı yapılmalıdır. Bu konuda yönetmeliğin maddesi şöyledir.

Her uçuş mevsiminden önce kameralar kontrol edilir. Ayrıca en az üç yılda bir fabrika seviyesinde bakım ve kalibrasyonları yaptırılır (Teknik Yönetmelik Madde:199).



Şekil 3.16. Resim göstergeleri

Kamera kalibrasyon raporlarında şunlar bulunur:

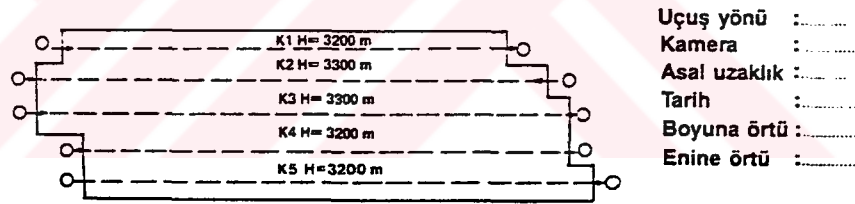
- a-Kalibrasyon tarihi
- b-Kameranın düzeltilmiş odak uzaklığı (1 mm incelikle)
- c-Resim göstergeleri (köşe veya kenar ortalarında) arasındaki uzaklıkları (1 M m incelikle)
- d-Resim orta noktası (FC), simetri noktası (S) ve resim asal noktası (PPA)'nın koordinatları (1 M m incelikle)
- e-Objektifin ayırma derecesi
- f-Resmin simetri noktası başlangıç alınarak, köşegen boyunca 1 cm aralıklarla distorsiyon değerinin listesi
- g-Distorsiyon eğrisinin denklemi
- h-Distorsiyon eğrisi

3.5.Uçuş Planlarının Hazırlanması

Uçuş eksenini boyunca çekilen resimlerin arazide örttüğü alana Uçuş Kolonu adı verilir. Bir iş sahasının resimlerinin çekiminden önce uçuş planları hazırlanır. Uçuş planlarında:

- Uçuş kolonları ve uçuş yönü
- Uçuş yüksekliği veya resim ölçeği
- Enine ve boyuna bindirme oranları
- Poz süresi ve pozlama aralıkları
- Rüzgarın yönü dikkate alınarak uçuş rotası ve hızı
- Uçuş süresi

belirlenir. Bu planların hazırlanmasında genellikle 1/25 000 ve daha küçük ölçekli haritalardan yararlanır. Bu haritalar üzerine iş sahası işlenir ve yapılacak harita boyutlarında bölünerek uçuş kolonları belirlenir. Uçuş yönü: hassasiyet, maliyet, iş sahasının geometrik şekli ve arazinin topoğrafik durumu göz önünde bulundurularak Doğu-Batı veya Kuzey-Güney yönünde seçilir. Uçuş planı konusunda yönetmeliğin ilgili maddesi şöyledir. Resim alınmadan önce bir uçuş planı hazırlanır. Bu planda kolonlar, uçuş eksenini ve yönü, örtü oranları, poz süresi ve aralığı, rüzgar yönü ve etkisi dikkate alınarak uçuşun rotası, hızı, kamera tipi, uçuş tarihi ile diğer bilgiler bulunur. Uçuş planları Şekil 3.17'deki gibi olur.



Şekil 3.17. Uçuş planı

3.5.1. Uçuş kontrolü ve uçuş grafikleri

Her uçuştan sonra, uçuş sonuçları incelenerek önceden planlanan bindirme oranlarının sağlanıp sağlanmadığı, uçuş eksenini üzerinden tam olarak gidilip gidilemediği yani kolon açıklığı, kolon kayıklığı olup olmadığı, resimlerde fotoğrafik bir hata bulunup bulunmadığı, nirengi işaretlerinin görülebilirliği, kamera çerçeve işaretlerinin çıkıp çıkmadığı ve görüntü kalitesi kontrolü yapılır.

Bu incelemeleri yapmak için hava filmleri emülsiyonlu fotoğraf kartlarına pozitif olarak basılır. Kolonlar boyunca dizilerek 1/25 000 ölçekli harita üzerine çizilmiş kolonlarla karşılaştırılır ve

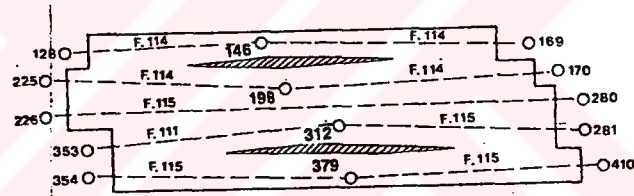
yapılmış olan uçuşlar o iş sahası üzerine işlenerek Uçuş Grafikleri hazırlanır. Uçuşun tekrarlanması gereken yerler tesbit edilir.

Teknik yönetmeliğin 202. ve 203. maddeleri bu konuyu şöyle açıklamaktadır:

Madde 202: Pozlanan hava filmleri, nem ve sıcaklık etkilerinden korunabilecek özel kaplara yerleştirilir ve en kısa zamanda banyo edilir.

Banyo edilen filmlerden fotoğraf kağıdına kontakt baskıları yapılarak görüntü kalitesi, ölçeği, örtü oranları, fotoğraftaki açısal sapmalar, hava işaretlerinin tanımlanabilirliği, kolon açığı ve bulut gölgelerinin belirlenen sınırlar içinde kalıp kalmadığı kontrol edilir. Bu sınırları aşan alımlar varsa aynı uçuş mevsimi içinde, olabilirse aynı kamera ile yenilenir.

Madde 203: Uçuş sonuçlarının inceleme ve kontrolundan sonra gerçekleşen duruma göre uçuş grafikleri hazırlanır. Bu grafiklere uçuş kolonları, kolon başı, kolon sonu ve kırılma noktalarındaki resim numaraları ve film numaraları yazılır.



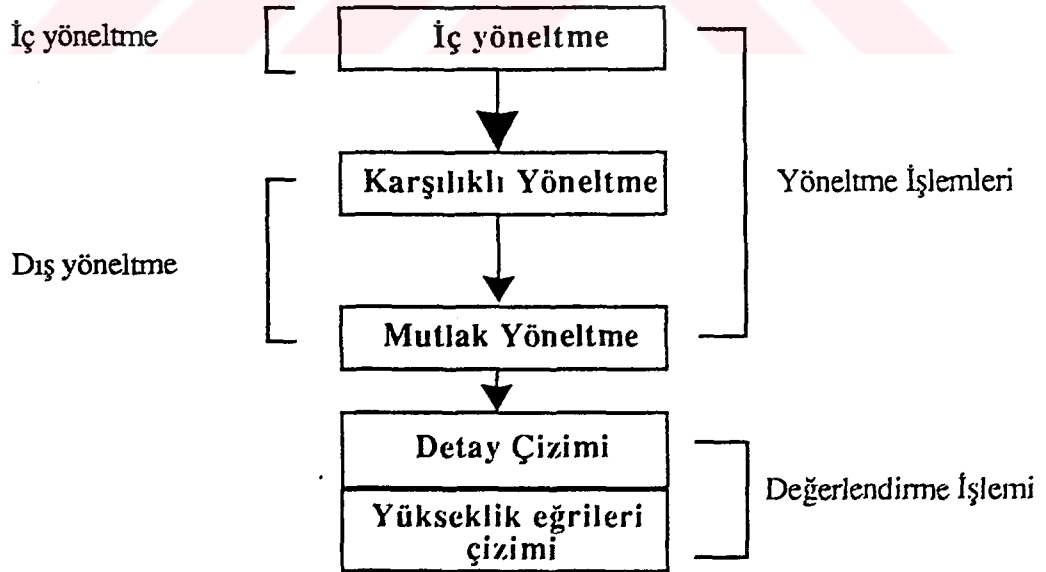
Şekil 3.18. Uçuş grafiği

4. ÇİFT RESİM DEĞERLENDİRİLMESİ

Resimler ve resimlerden oluşan stereoskopik modelin incelenerek, bunlardan harita yapımı, çeşitli amaçlar için yorumlanması ve sonuçlar çıkarılması (foto-interpretasyon), resim koordinatlarının ölçülmesi ve başka bir sistem de koordinat hesaplamaları (fotogrametrik nirengi), sayısal arazi modelleri elde etme ve kesit, alan, hacim hesaplamaları vs. benzeri işlemlerin tamamına "değerlendirme" denir. Değerlendirme işlemi özel fotogrametri aletleri yardımıyla yapılır.

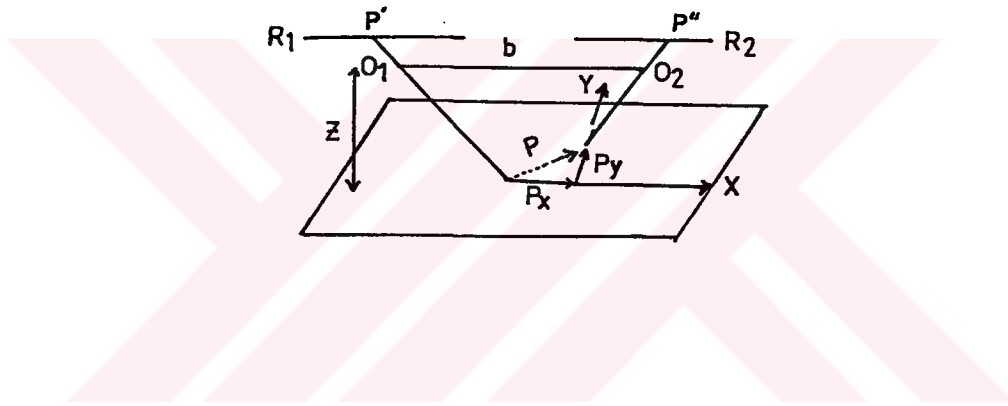
Aynı arazinin iki ayrı çekim noktasından alınmış resimleri bir değerlendirme aleti yardımıyla havadaki çekim sırasındaki konumlarına getirilir ve bir projektör ile bir düzlem üzerine izdüşürülürse, bir arazi noktasının her iki resimdeki izdüşümlerinden geçen ışınlar bir noktada kesişirler. Böylece resimlerdeki sonsuz sayıda eşlenik noktaların kesişmesiyle arazinin üç boyutlu modeli elde edilir ve bu stereoskopik olarak gözlenebilir. Bu model ölçeklendirilip kesin ölçekli haritalar üretilir. Bütün bu işlemlere çift resim değerlendirmesi diyoruz.

4.1.Çift Resim Değerlendirmesinde İş Akışı



Şekil 4.1.Çift resim değerlendirmesinde iş akışı

Bindirmeli olarak çekilmiş, ortak alanı olan bir çift resimden stereoskopik bir model meydana getirebilmek için resimlerin hava kamerasına benzer bir kameraya, soldan çekilen resimler sol, sağdan çekilen resimler sağ kameraya gelecek şekilde yerleştirilerek resim çekim anındaki kamera konumunun sağlanması gerekir. Aksi takdirde aynı arazi noktasına ait her iki resimden gelen eşlenik ışınlar bir noktada kesişmezler. Bu ışınlar bir düzlemlerle kesilirse, düzlemler iki noktada delerler. Bu iki delme noktasını birleştiren aykırılığa "paralaks" denir. Bunun X yönündeki bileşenine yatay paralaks, Y yönündeki bileşenine de dikey paralaks denir.



Şekil 4.2. Yatay ve dikey paralaks

İzdüşüm düzlemi Z ekseninde aşağı yukarı kaydırılarak yatay paralaks giderilebilir. Ancak dikey paralaksın daha önce giderilmesi gerekir. Bunu sağlamak için her iki resmin ayrı ayrı hava kamerasında olduğu gibi kameralara yerleştirilmesi ve hava kamerasının resim çekimi sırasındaki eğiklik ve dönüklüklerin bu alet kameralarına da verilmesi gerekmektedir. Bu eğiklikler şunlardır;

ω : Resmin enine eğikliği

φ : Resmin boyuna eğikliği

κ : Resmin dönüklüğüdür.

Resim çekimi sırasında bu eğiklik ve dönüklükleri sıhhatli bir şekilde ölçme imkanına sahip değiliz. Değerlendirmede karşılaşılan sorunun ilki çekim esnasındaki hava kamerasının dönüklük

ve eğikliklerinin nasıl bulunacağı ve değerlendirme aleti projektörlerine nasıl getirileceğidir. Bu eğiklik ve dönüklükler bulunup stereoskopik model oluşturulsa bile elde edilen model resmi çekilen araziyle tam uyumlu değildir. Dolayısıyla modelin yataylanması ve ayrıca ölçeklendirilmesi gerekmektedir. Fotogrametrik bir harita üretebilmek için bu işlemleri gerçekleştirebilecek aletlere ihtiyaç vardır.

Yapılan işlem resimlerin alınma kamera koşullarının değerlendirme aletinde oluşturulması, eğiklik ve dönüklüklerinin çözülmesi ve paralaksların giderilmesi ile modelin elde edilmesi, elde edilen stereoskopik modelin ölçeklendirilmesi ve yataylanması işlemidir. Bunlardan ilkinde iç yöneltme (interior orientation) diğer ikisine ise dış yöneltme (exterior orientation) denir. Dış yöneltme karşılıklı (relative) ve mutlak (absolute) yöneltme olarak iki adımda gerçekleştirilir.

4.1.1. Değerlendirme aletleri

Tam olarak fotogrametrik harita üretiminin yapıldığı aletlerdir. Bu aletler bir takım sistemlerden meydana gelmişlerdir. Bunlar:

- a-İzdüşüm sistemi
- b-Gözleme sistemi
- c-Hareket sistemi
- d-Ölçme sistemi
- e-Yazıcı sistemi

İzdüşüm Sistemi: Bu sistemin görevi homolog ışınları model alanında kesiştirerek uzay modeli meydana getirmektir.

Gözleme Sistemi: Meydana gelen uzay modeli operatörün gözüne ulaştırılan sistemdir.

Hareket Sistemi: Müşiri model içerisinde hareket ettiren sistemdir. Model üç boyutlu olduğuna göre X, Y ve Z hareketlerini verir. X ve Y el çarklarıyla, Z ise ayak çarkıyla verilir.

Ölçme Sistemi: Bu sistem ile X, Y, Z model koordinatları ölçülür.

Yazıcı Sistemi: Model üzerinde gezen müşirin hareketini masaya aktaran sistemdir.

4.1.2.İç yöneltme (interior orientation)

İç yöneltme iki adımda yapılır. Önce diaporitler alet kameralarının resim taşıyıcılarına, resim çerçeve işaretleri yardımı ile büyüteç ve ışıklı masa kullanarak çakıştırılır, ve resim taşıyıcı mandalları vasıtasıyla sabitlenir. Resim taşıyıcısı ait olduğu kameraya yerleştirilir. Sol resim sol kameraya sağ resimde sağ kameraya gelecek şekilde yerleştirilir. İç yöneltmenin ikinci adımı olarak resim kenar bilgilerinde yazan kalibre edilmiş odak uzaklığının değerlendirme aletine uygulanmasıyla yapılır (odak uzaklığına operatörler fuaye demektir).

Resimler alete yerleştirilirken;

-Resimlerin emülsiyonlu (mat) yüzü aletin gözleme sistemine dönük olmalıdır. Aksi takdirde görüntüden çıkan ışın, cam veya filmde geçerken kırılacağından geometrik doğruluğu bozulur.

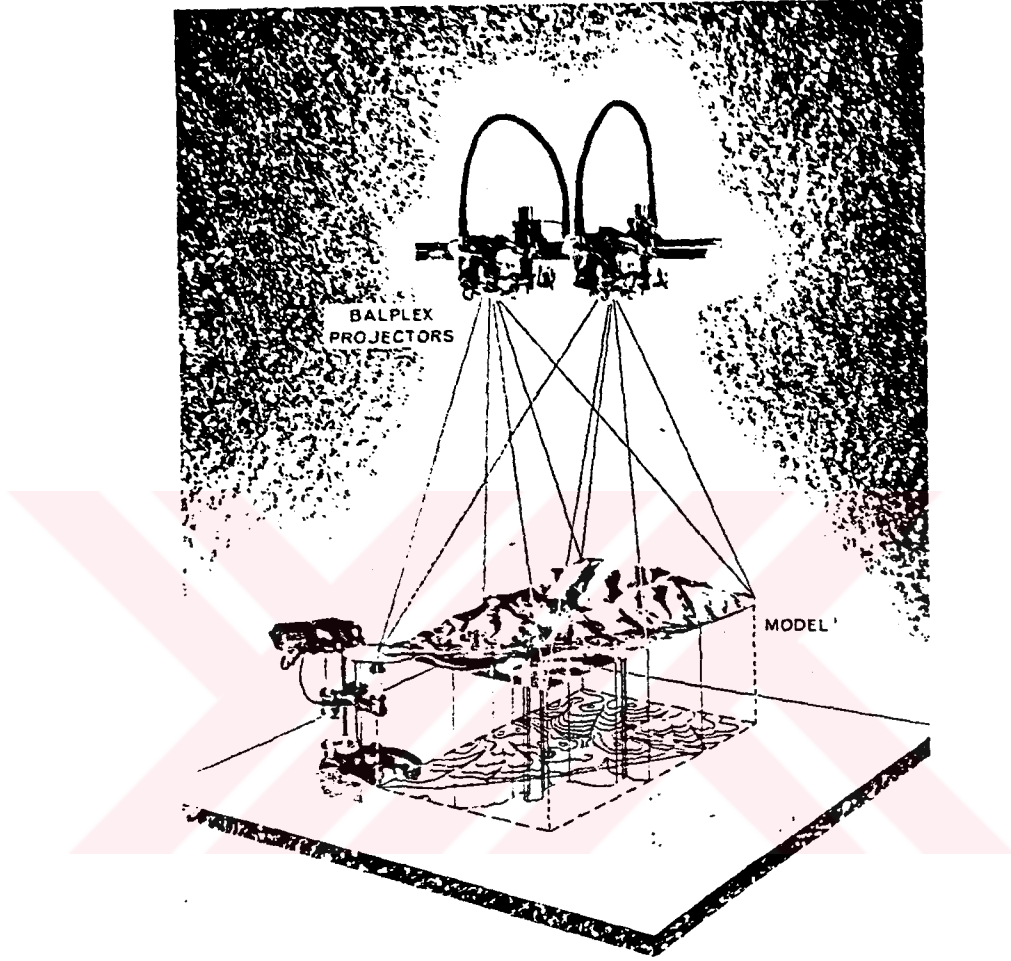
-Resimlerin bindirmeli ortak alanı, aletin yapısına göre içe veya dışa getirilmelidir.

4.1.3.Karşılıklı yöneltme (relative orientation)

Resimlerin çekim sırasındaki konumlarına yani paralaksların yok edilerek eşlenik ışınların kesiştirilmesi suretiyle ışın demetlerinin kesiştirilmesi ve araziye benzer bir modelin elde edilmesi için yapılan işlemlere denir.

Çekim sırasında hava kamerası dönüklük ve eğiklikleri ölçülememekte ancak sonradan paralakslar yardımı ile bunları hesaplamak mümkün olabilmektedir. Ayrıca ampirik olarak (deneme yanılma ile) alet projektörlerine söz konusu dönüklük ve eğiklikler verilebilmektedir. Dolayısı ile karşılıklı yöneltme ampirik ve analitik olarak 2 şekilde yapılabilmektedir.

Karşılıklı yöneltmede çekim durumunun tam tersi oluşturulduğundan objenin tam benzeri olan model elde edilmiş olur (Şekil 4.3.). Resimlerin çekim sırasındaki konuma getirilmeleri kendi eksenleri etrafında döndürülerek veya kaydırılarak sağlanır.

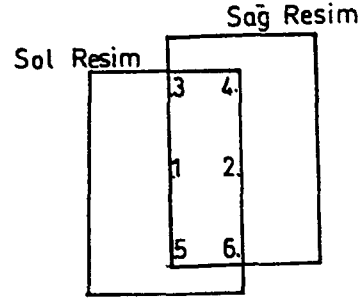


Şekil 4.3. Bir çift Balplex projektörü ile stereo modelin oluşturulması

Bu işlemlerde amaç homolog ışınların yani aynı arazi noktasına ait izdüşüm ışınlarının çakıştırılmasıdır. Homolog ışınların kesişmesi sonucu resimler birbirine nazaran çekildikleri konuma gelirler. Bu ışınların kesişmesini sağlamak demek o noktadaki yatay ve düşey paralaksı gidermek demektir. Bunlardan yatay paralaks, model referans düzleminin Z eksenine boyunca ve ayak çarkı yardımı ile aşağı-yukarı kaydırılması suretiyle giderilir. Yatay paralaksı gidermek için resimlerin eksenleri etrafında döndürülmeleri ve kaydırılmaları gerekir.

4.1.3.1. Model standard noktaları

Modelde standard nokta olarak 6 nokta seçilmiştir. Bu noktaların seçimini Von Gruber yapmıştır. Bu nedenle bu noktaları Gruber noktaları da denir.



Şekil 4.4. Model standard noktaları

Karşılıklı yöneltmede 5 yöneltme bilinmeyenleri vardır. Bu nedenle bu noktaların 5 tanesi kullanılır. 6. noktada da kontrol yapılır. Bu noktaların yerleri model üzerinde kesin olarak belirli yerler değildir. Analog aletlerde izdüşüm ışınlarının durumuna göre bunlar bulunur. Örneğin sol izdüşüm ışını dik iken operatöre doğru çekilmesiyle gelinen köşeye yakın nokta 3 noktasını, zıt istikamete itilmesi ile gelinen nokta 5 noktasını temsil eder. Sağ izdüşüm ışını dik iken operatöre doğru çekilmesi ile gelinen köşeye yakın nokta 4 noktasını zıt istikamete itilmesi ile gelinen nokta ise 6 noktasını temsil eder.

Karşılıklı yöneltme elemanları bu Gruber noktalarında uygulanır.

4.1.3.2. Karşılıklı yöneltme elemanları

Model standard noktalarında paralaksları gidermeye yarayan elemanlara **Karşılıklı Yöneltme Elemanları** denir. 3 grup karşılıklı yöneltme elemanları vardır. Bunlar:

I. grup elemanlar: ω' , ω''

II. grup elemanlar: κ' , κ'' , b'_y , b''_y

III. grup elemanlar: φ' , φ'' , b'_z , b''_z

Bir resim çiftinin karşılıklı yöneltmesini yapabilmek için bu üç grup içinden uygun olarak seçilmiş elemanlara ihtiyaç vardır. Ancak I.grup elemanlardan en az bir tanesi, II. grup elemanlardan en az birisi döndürme elemanı olmak üzere iki tanesi III.grup elemanlardan en az birisi döndürme elemanı olmak üzere en az iki tanesi alınmalıdır.

Bu elemanların hepsine sahip olan aletlere "Üniversal Aletler" denmektedir. Bu aletlerle tek projektörün elemanlarıyla yöneltme yapılabilmekte. analog yöntemle fotogrametrik nirengi yapımında kullanılmaktadır. Örneğin laboratuvarımızda bulunan Zeiss C8 aleti bu tür alettendir.

Günümüzde fotogrametrik nirengi bağımsız modellerle veya analitik yöntemle daha kolay yapıldığından aletlere sadece karşılıklı ve mutlak yöneltme için yeterli olacak sayıda hareket serbestisi konmaktadır. Örneğin laboratuvarımızda bulunan aletlerde:

Kern PG2 aletinde κ' , κ'' , φ'' , b_z'' , ω' elemanları.

Topocart B aletinde κ' , κ'' , φ' , φ'' , b_y'' , b_z'' , ω' , ω'' elemanları.

Wild A8 aletinde ise κ' , κ'' , φ' , φ'' , ω' , ω'' elemanları bulunmaktadır.

Karşılıklı yöneltmenin sayısal yöntemle yapılabilmesi için o alette b_y elemanının olması ve her elemanın hareket büyüklüklerini gösteren sayaçların bulunması gerekmektedir. Analog aletlerde sayısal yöneltme işlemi zaman yönünden bir üstünlük sağlamamakta inceliğini bir miktar artırmaktadır. (Gürbüz 1982)

4.1.3.3.Karşılıklı yöneltme elemanlarının uygulanmasında temel kurallar

a-Her eleman yalnız bir noktaya uygulanmalı. bir noktaya birden fazla eleman uygulanmamalıdır.

b-Her eleman en fazla etkili olduğu noktaya uygulanmalıdır.

c-Elemanların uygulama sıraları düzenlenirken bir elemanın kendisinden önce paralaksı giderilmiş noktada yeniden paralaks meydana getirmemesi sağlanmalıdır. Bunu sağlamak için:

-Önce orta noktalardaki paralaksları giderecek elemanları (κ' , κ'' , b_y , b_y'') uygulamalı,

-Daha sonra alt ve üst köşe noktalarına etkili elemanlar (φ' , φ'' , b_z' , b_z'').

-En son olarakta diğer köşe noktalarının birinde ω uygulaması yapılır.

Eğer karşılıklı yöneltmede aynı nokta grubunda hem öteleme hem de döndürme elemanları kullanılacaksa önce öteleme elemanları daha sonra döndürme elemanları kullanılır. Çünkü döndürme

elemanları yalnız bir düşey kesitte etkili oldukları halde öteleme elemanları her iki düşey kesitte de etkili olmaktadır.

Karşılıklı yöneltme elemanlarının etkili oldukları noktalar ise:

b_y - Her noktada etkilidir

b_z - Bütün köşe noktalarında etkilidir

φ - Sadece sağ veya sol köşede etkili

κ - Sağ veya sol sütun boyunca etkili

ω - Bütün noktalarda etkili olup uygulaması diğer elemanlardan

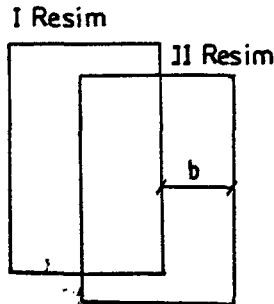
farklılık arzeder.

4.1.3.4. Ampirik karşılıklı yöneltme

Resimler yerleştirilip iç yöneltme yapıldıktan sonra bütün yöneltme elemanları sayaçları sıfır durumuna getirilir. Öküler ayarları (göz bazı, netlik ayarı) yapıldıktan sonra alete yaklaşık baz (b_x) sayacı vasıtasıyla yerleştirilir.

Yaklaşık Baz: Karşılıklı yöneltmeye başlamadan önce belirlenen model ölçeğine uygun olarak yaklaşık model bazı ve yaklaşık izdüşüm uzaklığı hesaplanır. Bu değerler baz uygulama vidası ile baz sayacına ve izdüşüm uzaklığı cetveline de ayak çarkı ile getirilir. Bu uygulamadan sonra modeldeki ortak detaylar yaklaşık olarak üst üste gelir. Böylece rahat bir stereoskopik görüş sağlanmış olur. Ayrıca ölçek ayarı yapılırken baz fazla değişmeyeceğinden mutlak yöneltme zorlanmaz.

Resim üzerindeki baz uzunluğu resimler bindirildiğinde resim kenarlarında artan uzunluktur.



Şekil 4.5. Yaklaşık baz

Resim formatı ve boyuna bindirme oranına göre resim üzerinde baz uzunluğu:

$$b' = \left(\frac{100 - P}{100} \right) \cdot s' \quad (4, 1)$$

Bazın arazideki karşılığı ise:

$$b = b' \cdot m_r \quad (4, 2)$$

olur. Yaklaşık baz ise: $\bar{b} = \frac{b}{M_m}$ (4, 3)

olur. M_m model ölçeğidir. (4, 3) de hesaplanan b değeri alete uygulanır.

Baz yerleştirilip uzay model oluştuktan sonra model içindeki düşey paralaksı gidermek için standart noktalara yöneltme elemanları aşağıdaki şekilde uygulanmalıdır.

1 noktasında κ'' veya b_y

2 noktasında κ' veya b_y

3 noktasında φ'' veya b_z

4 noktasında φ' veya b_z

5 ve 6 noktalarında ω ve fazla düzeltme uygulanır.

1, 2, 3 ve 4 nolu noktalarda paralaksar giderildikten sonra ω uygulaması yapınca ω bütün noktalarda etkili olduğundan diğer noktalarda tekrar paralaks oluşur. Bu nedenle amprik karşılıklı yöneltmeyi bir kerede yapmak imkansızdır. Bu nedenle iteratif bir yöntemle devreler halinde yapılır. Ancak yukarıdaki 5 işlem ne kadar tekrar edilirse edilsin 1, 3, 5 nolu noktalarda ki paralaksar aynı anda sıfır yapılamaz. Bu nedenle 5 nolu noktadaki düşey paralaksı sıfır yapan ω dan farklı bir ω uygulaması yapmak gerekiyor. Analog aletlerde bu farklı ω uygulamasını operatörler iteratif bir çözüm yöntemi kullanarak yapmaktadırlar. Bu uygulama Wild A8 aletinde yapılış biçimiyle bölüm 9'da anlatılmaktadır.

4.1.4 Mutlak Yöneltme

Karşılıklı yöneltmesi tamamlanmış, ve üç boyutlu görünümde düşey paralaksarı giderilmiş modelden, harita elde edebilmek için modelin kesin olarak ölçeklendirilmesi ve harita düzlemine

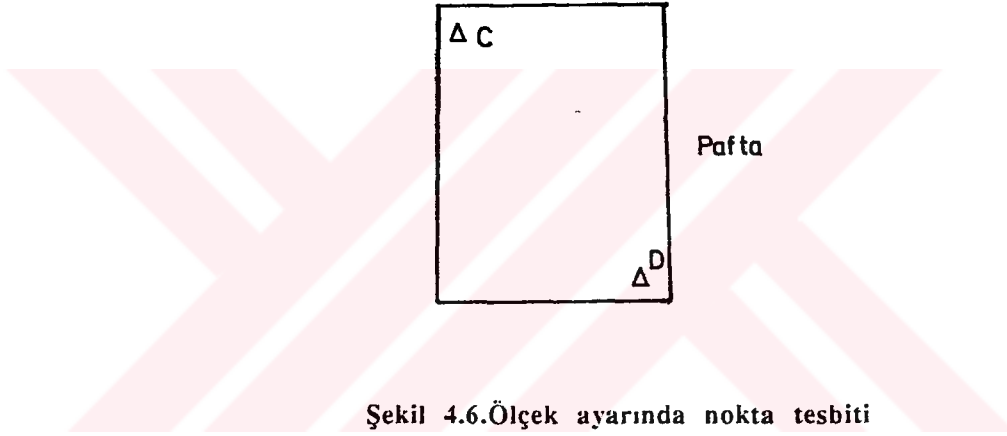
paralel duruma getirilmesi yani yataylanması gerekir. Bu işlemlere **Mutlak Yönelme** denir ve iki aşamada yapılır.

1) Model ile pafta arasında istenen ölçek bağlantısını sağlamak, yani model ile arazi arasında ölçek bağlantısını kurmak. Bu işleme "**Ölçek Ayarı**" ya da "**Baz Ayarı**" denir.

2) Baz ayarı ile arazinin benzeri haline gelmiş olan model, konum itibariyle araziye paralel hale getirilir. Bu işleme de "**Yükseklik Ayarı**" denir.

Mutlak yöneltmeye başlamadan önce model içindeki yer kontrol noktalarının (nirengilerin) bir altlık üzerine tersim edilmesi yani paftanın açılması gerekir.

4.1.4.1. Ölçek ayarı



Şekil 4.6. Ölçek ayarında nokta tesbiti

Ölçek ayarına baz ayarı da denmektedir. Ölçek ayarı ile modelin x, y eksenleri ile arazinin aynı eksenleri uyumlandırılır. Analitik olarak λ ölçek kat sayısı, A modelin Z eksenini etrafında dönüklüğü ile X_0 ve Y_0 bilinmeyenleri çözülür. Ölçek ayarının yapımı aşağıdaki gibidir.

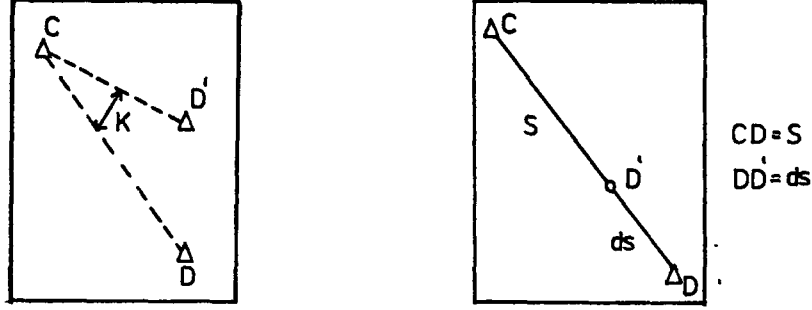
a-Paftaya tersim edilmiş noktalardan alette yeri kolayca bulunabilen ve tanımlanabilen birbirinden uzak iki nokta seçilir (C ve D noktaları).

b-Modelde ölçü markası (c) noktasına uygulanır.

c-Masada pafta kaydırılarak C noktası tam kalemin altına getirilir.

d-El çarkları ile model içinde (d) noktasına gidilir ve ölçü markası (D)'ye uygulanır.

e-Kalem paftada (D) noktası yerine (D')'ye gidecektir. Bu durumda K dönüklük açısı kadar model yerine, masadaki pafta (C) noktası etrafında döndürülerek (D') noktası (CD) doğrultusu üzerine getirilir.



Şekil 4.7. Ölçek ayarında paftaların dönüklüğünün alınması

f-Masa veya aletin (X, Y) çarklarıyla kalem yürütülerek DD' 'nün orta noktasına getirilir (ds/2).

g-Bu hareket sonunda ölçü noktası (d) noktasından kayacaktır. Kayan ölçü markası sadece b_x ve Z çarkı ile tekrar (d)'ye uygulanır. Böylece b_x 'e bir miktar düzeltme getirilmiş olur.

h- $DD' \leq 0.2 \text{ mm}$ oluncaya kadar (a-g) işlemi tekrarlanır.

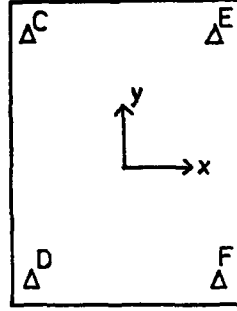
ı-Üçüncü bir nirengi noktasına gidilerek ölçek ayarı kontrol edilir.

Ölçek ayarını sayısal olarak yapmak mümkündür.

4.1.4.2.Yükseklik ayarı

Bu ayar ile modelin oturduğu düzlem deniz yüzeyine (yatay düzleme) paralel hale getirilir. Bunun için model X eksenini etrafında genel omega (Ω), Y eksenini etrafında genel fi (Φ) kadar döndürülür. Böylece noktaların alette okunan değerleri ile arazi yüksekliklerinin aynı olması sağlanır.

Yükseklik ayarını yapabilmek için en az üç düşey kontrol noktasına ihtiyaç vardır. 4. nokta (F) kontrol noktası olarak kullanılır.



Şekil 4.8. Yükseklik ayarı

Ω ve Φ genel dönüklük açılarının değerini bulmak için yine modelde belirli ve paftaya tersim edilmiş noktalardan yararlanılır (C, D, E noktaları). Ω için modelde Y eksenini boyunca birbirinden uzak iki nokta Φ içinde X eksenini yönünde (uçuş doğrultusunda) birbirinden uzak noktaya ihtiyaç vardır. Bu noktaların en uygun konumdaki dağılımları modelin köşelerinde, şekildeki gibi olmalıdır. C ve D noktaları Ω çözümünde, C ve E noktaları Φ çözümünde kullanılır (C noktası hem Ω hem de Φ çözümünde kullanıldığından baz ayarında D ve E noktalarında yapılması daha uygun olur).

Yükseklik ayarı yukarıda da söylendiği gibi en az 3 nokta ile yapılır. Ancak bu üç noktanın aynı doğru üzerinde olmaması gerekir. Kontrol için 4. nokta gereklidir.

Üç noktadan birinin yüksekliği hatalı bile olsa yükseklik ayarı yapılabilir. Çünkü üç noktadan bir düzlem geçer. Hatalı yöneltilmiş modellerin değerlendirilmesiyle üretilen paftalar komşu paftalar ile kenarlaşmaz. Bu bakımdan yükseklik ayarının kontrolü şarttır. 4. nokta bulunamadığı zaman kontrol komşu paftalarda çizilmiş ve değerlendirilmiş, paftaya aktarılabilen yükseklik eğrilerinin uçları ile yapılmalıdır.

Mutlak yöneltmede kullanılacak nokta için en uygun konum model köşeleridir.

Yükseklik ayarı yapılan model iki eksen etrafında döndürüldüğünden daha önce yapılmış olan baz ayarı bozulmuş olabilir. Bu nedenle baz ayarı tekrar yapılmalıdır. Baz ayarından sonrada yükseklik ayarına bakılmalıdır.

4.1.5. Değerlendirme ve çizim

Karşılıklı ve mutlak yönelmesi tamamlanan model, değerlendirmeye hazır duruma gelmiştir. Çift resim değerlendirmesi:

-Çizgisel olarak

-Fotoğrafik olarak (ortofoto-diferansiyel yataylama)

-Sayısal olarak yapılabilir.

Hangi yöntemle yapılırsa yapılsın çift resim değerlendirilmesi:

-Detayların değerlendirilmesi (planimetrik çizim)

-Yükseklik eğrilerinin elde edilmesi

adımlarından meydana gelir.

Stereo değerlendirmeden elde edilecek verim ise resim ölçeğine, arazinin topoğrafik yapısına yerleşme alanının olup olmamasına, ayrıntıların sıklığına, operatörün yeteneğine bağlıdır.

4.1.5.1. Çizgisel değerlendirme

Modelin değerlendirilmesinde önce model içindeki detaylar (evler, yollar, resmi binalar, parseller vs.) sonrada yükseklik eğrileri çizilir.

4.1.5.1.1. Detayların çizimi

Detayları çizmek için modelde ölçü markası, çizilmek istenen detayların üzerinde dolaştırılır. Her durumda ölçü markasının tek bir nokta olarak kalması, yani ayak çarkı ile gerekli hareket verilerek ölçü markasının araziye tam teğet kalması sağlanır. Ölçü markası model içerisinde dolaştırılırken, kaleme masada aynı detayı çizer. Ölçü markasının model içerisindeki hareketi bazı aletlerde serbest el ile vektörel olarak verilir. Laboratuvarımızda bulunan Kern PG2 aleti bu tip alettendir. Bu tip aletlerde çizilecek detayın üzerinde hareket etmek kolaydır. Birinci sınıf aletlerle (değerlendirme hassasiyeti 10 mikrondan küçük olan aletlerle), Prezisyonlu değerlendirme aletlerinde bu hareket X ve Y eksenleri yönünde olmak üzere yalnız iki yönde ve el çarkları ile verilmektedir.

Eğik ve eğri detay çizgileri her iki hareketin uyumlu biçimde yapılması ile çizilebilir. Başlangıçta zor gelmesine rağmen bu tip aletlerde ölçü markasının hareket ettirilmesi daha hassas olmaktadır. Bazı aletlerde bu hareketler için iki hız uygulanabilmektedir. Örneğin Wild A8 aleti böyle çalışır.

Kalemin masa üzerine indirilip kaldırılması, bazı aletlerde el, bazılarında ayakla komut verilen bir pedal yardımıyla yapılır.

4.1.5.1.2.Yükseklik eğrilerinin çizimi

Değerlendirilen pafta üzerine belirlenen aralıklarla, modelden yararlanılarak yükseklik eğrileri de çizilir. Yükseklik eğrileri ayrı paftaya çizilebileceği gibi aynı paftaya da çizilebilir. Aynı paftaya çizilmesi durumunda detaylarla karışmaması için ayrı renklerde çizilir.

Yükseklik eğrisi çizmek için, yükseklik çarkı ile Z sayacı çizilecek eğrinin yüksekliğine getirilir. Yükseklik çarkına hiç dokunmadan ölçü markası araziye teğet kalacak şekilde dolaştırılır.

Böylece modelde yüksekliği aynı olan noktalar üzerinde dolaşmış, kalemde paftada ölçü markasının dolaştığı yerleri çizerek, yükseklik eğrisini kaydetmiş olur.

Çizim model kenarından 2 cm içerideki alanı kaplayacak şekilde yapılır ve değerlendirilmiş komşu paftalarla kenar uyumu sağlanır (teknik yönetmelik madde:214). Modelin değerlendirilmesi bittikten sonra kontrol edilir.

4.1.6.Çizim atlıkları

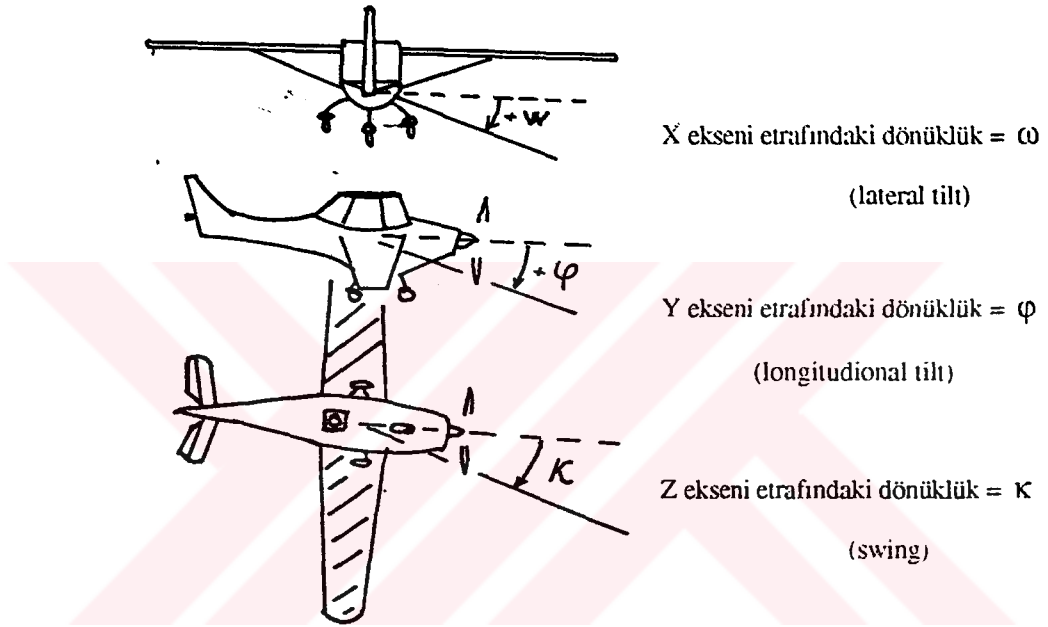
Harita altlığı olarak genellikle astrolon veya polyester bazlı geçirgen malzemeler kullanılır. Bunlar üzerine kurşun kalemle yapılan çizimler, sonra özel mürekkebi ile mürekkeplenerek sabitleştirilir.

Mürekkepleme işini ortadan kaldırmak, çizimin inceliğini artırmak, çoğaltma işleminde düzgün ve net çizgiler elde etmek üzere "maylar" adı verilen üzeri bir tür emülsiyonla kaplanmış astrolon veya polyester türünden geçirgen malzemeler kullanılır. Çizim kalemlerle üzerine yapılır. Çizilen detaylar ve tesviye eğrileri sıvı uçla kazınır. Böylece paftanın negatif görüntüsü elde edilmiş olur.

5.SAYISAL FOTOGRAMETRİ

5.1.Resimlerin Dönüklüğü

Hava fotogrametrisinde dönüklük eksenini uzay koordinat eksenine paralel olarak seçilmiştir. dönüklükler uçağın hareketine göre tanımlanmıştır.



Şekil 5.1. Dönüklükler

Dönüklük matrislerini ayrı ayrı yazacak olursak:

$$\Delta\omega = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & -\sin\omega \\ 0 & \sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix} \dots(5.1) \quad \Delta\phi = \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & \sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\phi & 0 & \cos\phi \end{bmatrix} \dots(5.2)$$

$$\Delta\kappa = \begin{bmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots(5.3)$$

Dönüklük matrisinin toplam ifadesi:

$$\Delta = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

Bu matrisi elde edebilmek için 3 eksen etrafında dönüklüğün yapılması gerekir. Yani: $\Delta = \Delta\omega \cdot \Delta\varphi \cdot \Delta\kappa$ formülüyle toplam dönüklüğün elde edilmesi sağlanır. Bu 3 matrisi çarparsak dönme matrisinin elemanları:

$$\begin{aligned} a_{11} &= \cos\varphi \cdot \cos\kappa \\ a_{12} &= -\cos\varphi \cdot \sin\kappa \\ a_{13} &= \sin\varphi \\ a_{21} &= \cos\omega \cdot \sin\kappa + \sin\omega \cdot \sin\varphi \cdot \cos\kappa \\ a_{22} &= \cos\omega \cdot \cos\kappa - \sin\omega \cdot \sin\varphi \cdot \sin\kappa \\ a_{23} &= -\sin\omega \cdot \cos\varphi \\ a_{31} &= \sin\omega \cdot \sin\kappa - \cos\omega \cdot \sin\varphi \cdot \cos\kappa \\ a_{32} &= \sin\omega \cdot \cos\kappa + \cos\omega \cdot \sin\varphi \cdot \sin\kappa \\ a_{33} &= \cos\omega \cdot \cos\varphi \end{aligned} \quad (5.4)$$

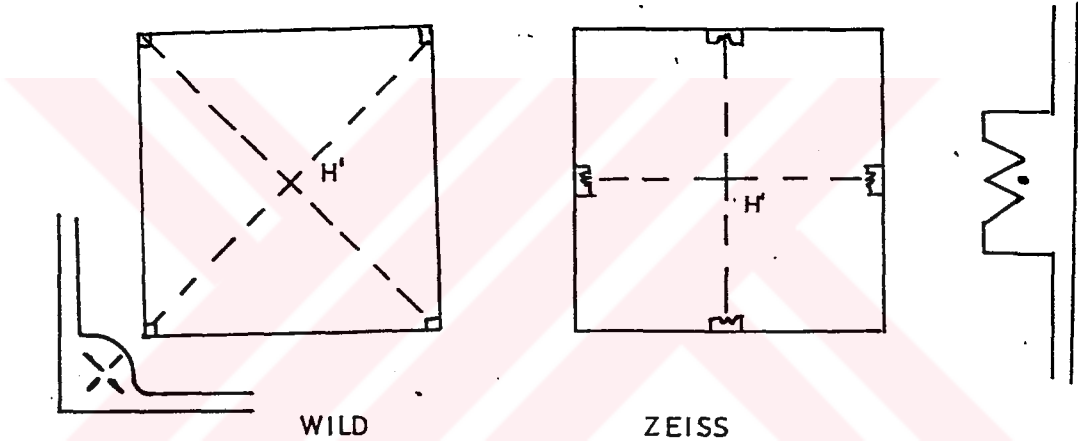
Küçük dönüklükler için diferansiyel dönüklük matrisi ise:

$$d\Delta = \begin{bmatrix} 1 & -d\kappa & d\varphi \\ d\kappa & 1 & -d\omega \\ -d\varphi & d\omega & 1 \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Dönüklük matrisinin değerinin hesap edilmesi için resim koordinatı ve arazi koordinatı bilinen en az 3 noktaya gerek vardır. Bu üç nokta yardımıyla uzay geriden kestirme problemiyle (iteratif bir çözümle) resim dönüklük elemanları ω , φ ve κ ile uzay koordinat sistemine göre başlangıç noktalarının değeri olan X_0 , Y_0 , Z_0 için yaklaşık değerler alınarak işleme başlanır. Denklemler lineer olmadığından iteratif bir çözüm gerektirir.

5.2.Asal Nokta (Principal Point)

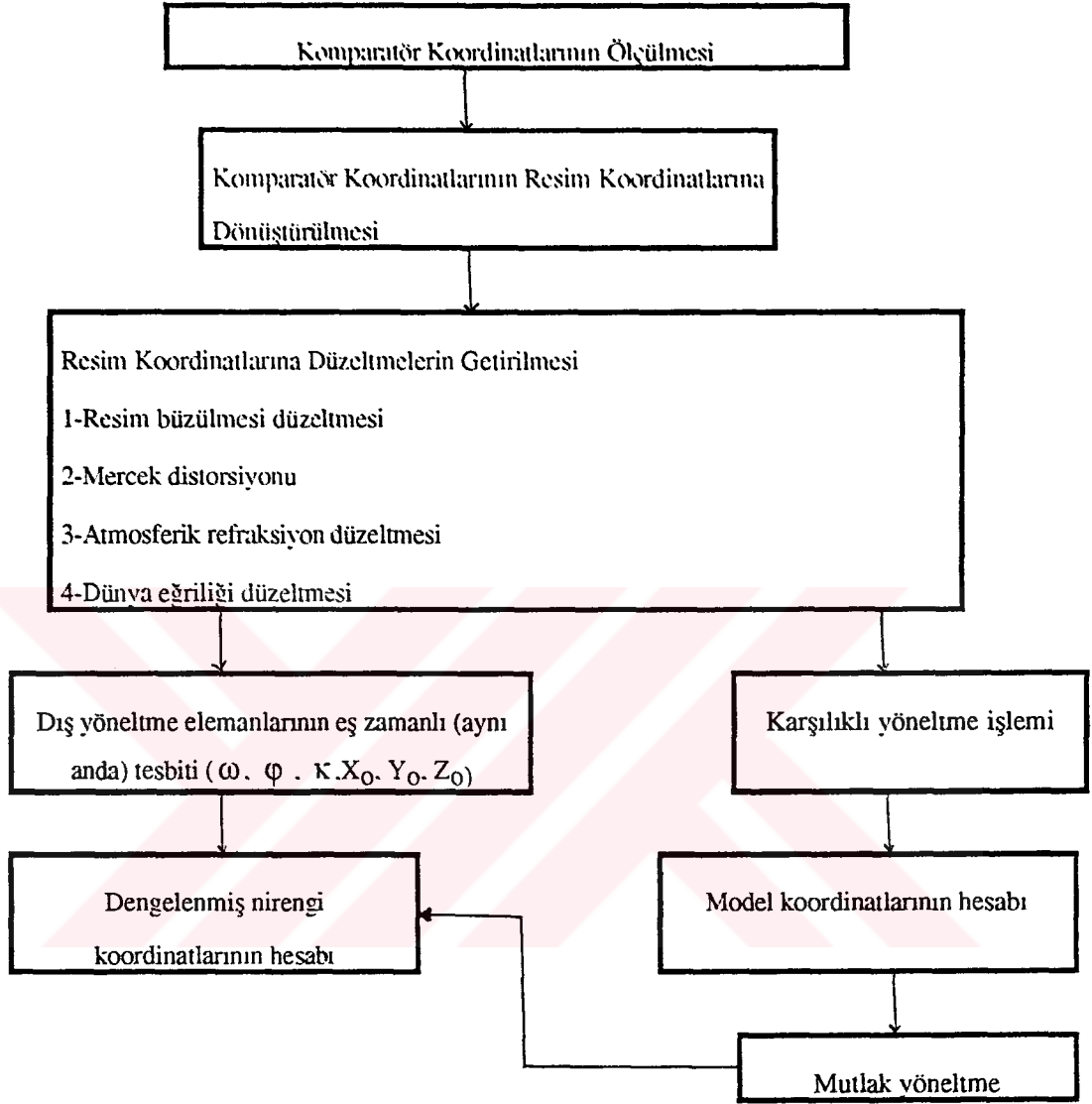
Çekim merkezinden resim düzlemine inilen dikin resim düzlemini deldiği nokta **Asal Nokta** olarak adlandırılır. Resimlerin tam yatay olarak çekildikleri kabulüne göre bu asal noktanın yeri resim üzerindeki o noktanın yardımı ile tesbit edilebilir. Bu noktalara "**Ana Nokta Bulucuları (Fiducial Marks)**" denir. Bu noktaların durumu kameranın özelliklerine göre değişik olur. Örneğin Wild firmasının aletlerinde köşede olurken Zeiss firmasının aletlerinde resim kenarlarının orta noktalarında olmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3.Asal nokta

Görüntü düzlemlerindeki asal nokta olan H' 'nin pozisyonu ve kalibre edilmiş odak uzaklığı biliniyorsa bir resim için yöneltme elemanları tamam demektir. İç yöneltmede asal noktanın koordinatları X , Y ve odak uzaklığının belirlenmesi ile 3 bilinmeyen yok edilmiş olur. Şayet bir resmin asal noktasının yeri ve odak uzaklığı biliniyorsa bu resme **Metrik Resim** denir.

5.3. Resimlerin Sayısal Değerlendirilmesinin İş Akışı

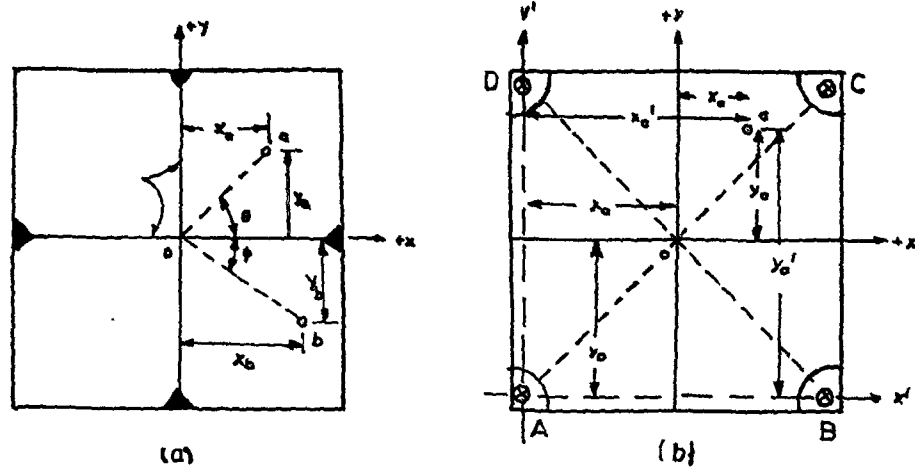


Şekil 5.4. Resimlerin Değerlendirilmesinde İş Akışı

5.3.1. Resim koordinatlarının ölçümü

Resim koordinatlarının ölçümüne geçmeden önce resim koordinat sisteminden bahsetmek yerinde olacaktır.

5.3.1.1. Resim Koordinat sistemi



Şekil 5.5. Resim Koordine Sistemi

Resim koordinat sisteminin başlangıcı Şekil 5.5'de görüldüğü gibi ana nokta bulucuları (fiducial marks) yardımıyla elde edilir. Zeiss kameralarında ana nokta bulucularının kesişim yeri resim koordinat sisteminin başlangıç noktasıdır +X yönü uçuş istikametini göstermektedir. +Y yönü ise buna saat istikametinin tersi yönünde 90° dik açıda uzanan yöndür. (Şekil 5.5a)

Şayet ana nokta bulucuları Wild firmasının kameralarında olduğu gibi köşelerde ise resim koordinatı keyfi olarak X' ve Y' eksenleri alınabilir (Şekil 5.5b). Burada X' eksenini yine uçuş yönünü göstermektedir. X' - Y' koordinat sisteminde ölçülen koordinatlar;

$$\begin{aligned} X_a &= X'_a - X_0 & Y_a &= Y'_a - Y_0 \\ X_0 &= \frac{X'_B + X'_C}{4} & Y_0 &= \frac{Y'_D + Y'_C}{4} \end{aligned} \quad (5.6)$$

formülleri kullanılarak asal noktanın başlangıç kabul edildiği klasik koordinat sistemindeki koordinatlara dönüştürülebilir.

Bazı yeni hava kameralarında 8 tane ana nokta bulucuları mevcuttur. Bu durumda da koordinat sistemi yine Şekil 5.5'deki gibi oluşturulur.

Bu basit dik koordinat sisteminde ölçülen koordinatlar yardımı ile iki nokta arasındaki fotoğrafik mesafe ve eksenlerle yaptıkları açılar hesaplanabilir. Örneğin fotoğrafik mesafe ab aşağıdaki gibi basit geometrik eşitlikle hesaplanabilir.

$$ab = \sqrt{(X_a - X_b)^2 + (Y_a - Y_b)^2} \quad (5.7)$$

Aynı şekilde θ ve Φ açıları da:

$$\theta = \text{Arc tan}\left(\frac{Y_a}{X_a}\right) \quad \Phi = \text{Arc tan}\left(\frac{Y_b}{X_b}\right) \quad (5.8)$$

formülleri ile hesaplanabilir.

5.3.1.2. Koordinatların ölçümü

Resim koordinatlarının ölçümü için basit işlemler ve basit aletler mevcuttur. Fakat koordinatların hassas elde edilmesi gereken işlerde komparatör aletlerinin kullanılması gerekmektedir.

2 tip komparatör vardır:

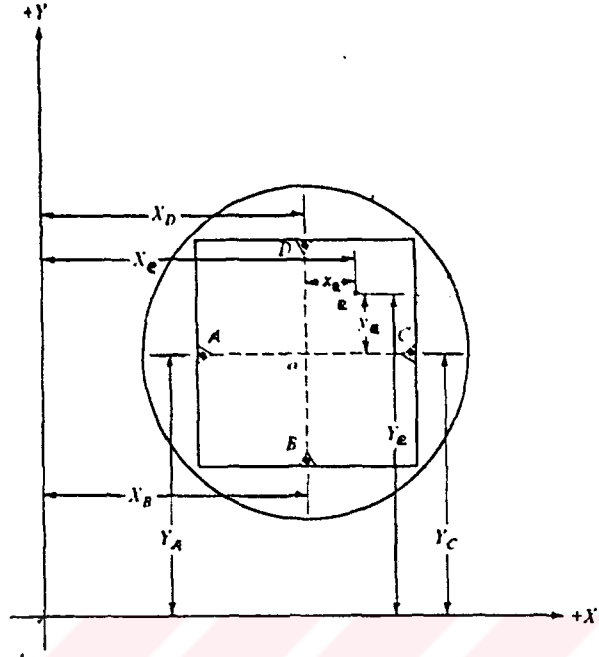
-Monokomparatör

-Stereokomparatör

Monokomparatör tek resim üzerinden stereo komparatör ise stereo çift resimler yardımıyla koordinatları ölçer (Wolf, 1983).

Monokomparatörde ölçüm, resim koordinat sisteminin komparatör koordinat sistemine paralel getirilmesiyle yapılır. Bu paralelliği sağlamak için komparatöre yerleştirilen resim X ve Y etrafında döndüren el çarkları mevcuttur. X , Y komparatör eksenini ile x , y resim eksenini paralel duruma getirildikten sonra koordinatı ölçülecek olan noktanın (örneğin e noktasının) komparatör koordinatı ölçülür. e noktasının resim koordinatı ise;

$$x_e = X_e - \frac{X_B + X_D}{2} \quad y_e = Y_e - \frac{Y_A + Y_C}{2} \quad (5.9)$$



Şekil 5.6. Komparatör Koordinatlarının Ölçümü

Bilgisayarla yapılan işlemlerde yukarıda anlatılanların yapılmasına gerek yoktur. Bu durumda resim üzerindeki ana nokta bulucuları dahil ölçülmek istenen tüm noktaların koordinatları komparatör koordinat sisteminde ölçülür. Bu koordinatlar lineer afin dönüşümüyle doğrudan resim koordinatlarına çevrilir.

Ayrıca resim koordinatları analitik değerlendirme aletleri ile de ölçülebilirler.

5.3.1.3. Komparatör koordinatlarının resim koordinatlarına dönüştürülmesi

Bu işlem iki yöntemle yapılabilir:

-Helmert dönüşümü

-Afin dönüşümü

Şayet yeterli nokta varsa afin dönüşümü yapmak daha uygundur.

5.3.1.3.1.Helmert dönüşümü

Diğer bir adı benzerlik dönüşümüdür. Burada dönüşümün özelliklerine girilmeden matris formunda direkt olarak formülleri verilecektir.

$$\begin{aligned}x' &= b_1 \cdot x - b_2 \cdot y + b_3 \\y' &= b_1 \cdot y - b_2 \cdot x + b_4\end{aligned}\quad (5.10)$$

$$\begin{bmatrix}V_{x_1} \\ V_{x_2} \\ V_{x_3} \\ \vdots \\ V_{x_n} \\ V_{y_1} \\ V_{y_2} \\ V_{y_3} \\ \vdots \\ V_{y_n}\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ x_2 & -y_2 & 1 & 0 \\ x_3 & -y_3 & 1 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & -y_n & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \\ y_2 & x_2 & 0 & 1 \\ y_3 & x_3 & 0 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_n & x_n & 0 & 1\end{bmatrix} * \begin{bmatrix}b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4\end{bmatrix} - \begin{bmatrix}x'_1 \\ x'_2 \\ x'_3 \\ \vdots \\ x'_n \\ y'_1 \\ y'_2 \\ y'_3 \\ \vdots \\ y'_n\end{bmatrix}\quad (5.11)$$

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot (A^T \cdot L) = \begin{bmatrix}b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4\end{bmatrix}\quad (5.12)$$

Bulunan b katsayıları genel denklemde yerine yazılır. Böylece bilinmeyen dönüşüm parametreleri hesaplanmış olur. Koordinatı hesaplanmak istenen noktanın değeri (x ve y) denklemde yerine konarak dönüştürülmüş koordinatlar hesaplanır.

5.3.1.3.2. Afin dönüşümü

Afin dönüşümü Helmert (benzerlik) dönüşümüne göre bazı avantajlara sahiptir. Ancak her iki sistemde de koordinatı bilinen ortak nokta sayısında bir artış olduğundan her zaman yapılamaz.

Genel Afin dönüşüm denklemi:

$$\begin{aligned} x' &= a_1 \cdot x + a_2 \cdot y + a_3 \\ y' &= a_4 \cdot x + a_5 \cdot y + a_6 \end{aligned} \quad (5.13)$$

$$V = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_2 & y_2 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ x_3 & y_3 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & x_3 & y_3 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

$$X = (A^T \cdot A)^{-1} (A^T \cdot L) = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} \quad (5.15)$$

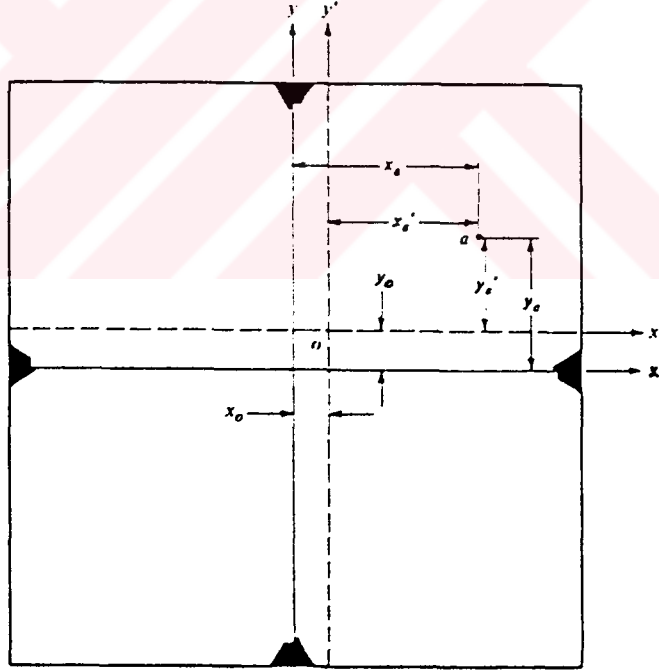
Bulunan a katsayıları genel afin denkleminde yerine yazılır. Bilinmeyen koordinatların denkleminde yerine yazılarak dönüştürülmüş koordinatları hesaplanır.

5.3.1.4.Ölçülen resim koordinatlarına getirilen düzeltmeler

Buraya kadar resim koordinatlarının ölçüm teknikleri ve ölçüm aletleri üzerinde duruldu. Ölçülen bu resim koordinatlarının fotogrametride kullanılabilmesi için bazı düzeltmelerin getirilmesi gerekmektedir. Bu düzeltmeler ve işlemler şunlardır:

- Koordinat sisteminin başlangıç noktasının asal noktaya indirgenmesi
- Resmin kılalma veya uzaması (shrinkage or expansion)
- Mercek distorsiyonu
- Atmosferik refraksiyon
- Yerküresi eğriliği

5.3.1.4.1.Koordinat sisteminin başlangıç noktasının asal noktaya indirgenmesi



Şekil 5.7. Resim Koordine Sisteminin Asal Noktaya İndirgenmesi

Teorik olarak ana nokta bulucularına göre ölçülen noktaların koordinatları asal noktayı başlangıç kabul eden sisteme indirgenmelidir. Şekil 5. 7'de bu koordinat sistemi x' ve y' olarak gösterilmiştir. Ana nokta bulucularının kullanılması ile bulunan koordinatlar x_0 ve y_0 kamera

kalibrasyonundan elde edilir. Buna göre bir a noktasının asal noktaya indirgenmiş koordinatı kolaylıkla aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$x'_a = x_a - x_0 \quad y'_a = y_a - y_0 \quad (5.16)$$

Afin dönüşüm yapılmış ise bu işleme gerek yoktur.

5.3.1.4.2. Resim büzülmesi düzeltmesi

Resmin büzülmesi ölçülen resim koordinatları ile kalibrasyon değerinin karşılaştırılması ile elde edilebilir. Şayet x_m ve y_m olarak ana nokta belucularının koordinatları ölçülmüş ise ve bu noktaya karşılık gelen noktada x_c ve y_c ise herhangi bir a noktası için düzeltilmiş resim koordinatı:

$$x'_a = \left(\frac{x_c}{x_m} \right) \cdot x_a \quad y'_a = \left(\frac{y_c}{y_m} \right) \cdot y_a \quad (5.17)$$

eşitliği ile hesap edilir.

$$\frac{x_c}{x_m} \quad \vee \quad \frac{y_c}{y_m} \quad \text{ise } x \text{ ve } y \text{ yönlerindeki basit ölçek faktörüdür.}$$

Koordinat sisteminin başlangıç noktasının asal noktaya indirgenmesi esnasında afin dönüşümü kullanılmışsa bu düzeltmeye gerek yoktur.

5.3.1.4.3. Mercek distorsiyonu düzeltmesi

Mercek distorsiyonunun giderilmesi için çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan birisi de analitik çözümdür. Mercek distorsiyonu düzeltmesi yapılmadan önce koordinatlar asal noktaya indirgenmiş olmalı ve resim büzülmesi düzeltmesinin getirilmiş olması gerekmektedir.

Polinomal metod denen bu yöntem analitik fotogrametri için çok uygundur. (Wolf 1983).

Getirilecek distorsiyon düzeltmesi;

$$\Delta r = k_1 \cdot r + k_2 \cdot r^3 + k_3 \cdot r^5 + k_4 \cdot r^7 \quad (5.18)$$

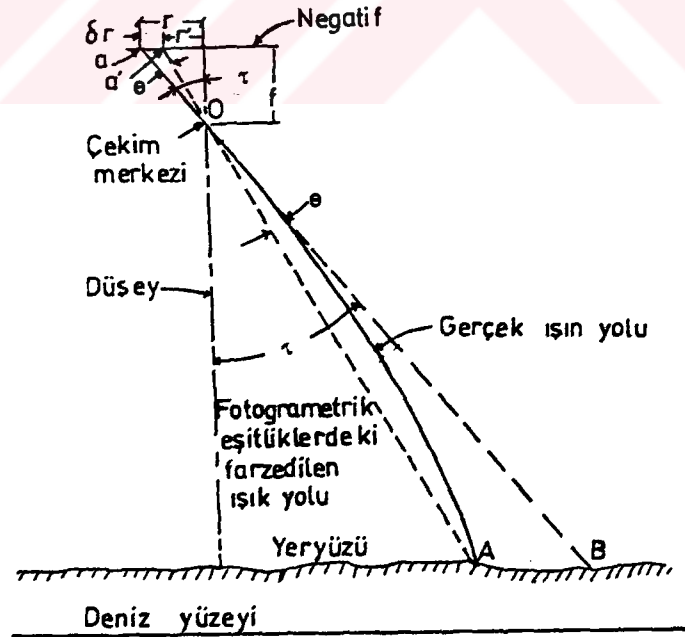
formülü ile hesaplanır. k katsayıları eğrinin şeklini tanımlar. Bu katsayılar ise kalibrasyon raporlarında verilmektedir. Verilen k değerleri yardımı ile r radyal mesafesindeki bir noktanın mercek

distorsiyonu eşitlikte yerine konarak bulunabilir. (5.19) eşitlikleri ile de düzeltilmiş resim koordinatları elde edilir.

$$\begin{aligned} dx &= \frac{\Delta r}{r} \cdot x' & dy &= \frac{\Delta r}{r} \cdot y' \\ x &= x' \pm dx & & (5.19) \\ y &= y' \pm dy \end{aligned}$$

5.3.1.4.4. Atmosferik refraksiyon düzeltmesi

Atmosferin yoğunluğu her yerde aynı değildir. Bu yüzden ışık ışınları atmosferde düz bir şekilde ilerlemezler. Atmosfer içerisinde kırılma kanunlarına uyarak düz bir yol değilde eğri bir yol takip ederler.



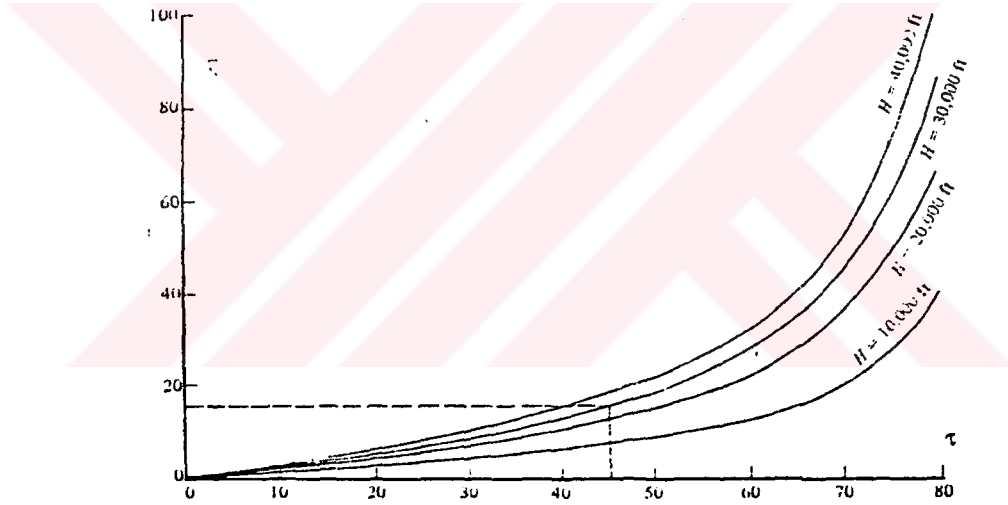
Şekil 5.8. Hava fotogrametrisinde atmosferik refraksiyon

Şekil 5. 8'de A noktasından gelen ışın dikey eksenle α açısını yapmaktadır. Şekil 5. 8'den de görüldüğü gibi A noktasından gelen ışın resimde sanki B noktasından geliyormuş gibi görünmektedir. q kadar bir açı farkından dolayı δ_r kadar bir hata oluşur. Bu düzeltme için:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \tau = \text{Arctan}\left(\frac{r}{f}\right) \quad \delta_r = \left(\frac{r^2 + f^2}{f}\right) \cdot \theta \quad (5.20)$$

$$r' = r - \delta_r \quad x' = \left(\frac{r'}{r}\right) \cdot x \quad y' = \left(\frac{r'}{r}\right) \cdot y \quad (5.21)$$

buradaki x ve y değerleri (r değerini hesaplamada kullanılacak değer) resim büzülmesi ve mercek distorsiyonu düzeltilmesi getirilmiş değerdir. f ise odak uzaklığını göstermektedir. θ için α 'nın aldığı değere göre θ açısını veren tablodan alınır.

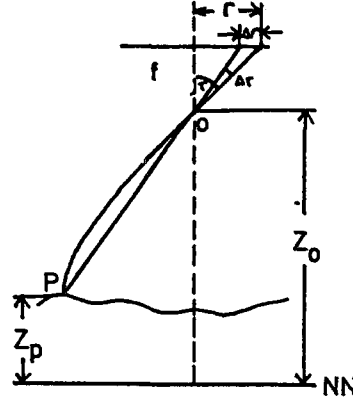


Şekil 5. 9. Atmosferik Refraksiyon Miktarı

Örneğin $\tau = 45.3^0$ için $\theta = 16''$ değerini alır ve problemin çözümüne gidilir.

Bu yöntemde yukarıdanda görüldüğü gibi tabloya bağımlı kaldığından analitik fotogrametri için uygun değildir. Bunun için Alhertz/Kreiling'in formülleri daha uygun olur.

Bu formüller tamamen nümerik çözümü ifade etmektedir.



Şekil 5.10. Atmosferik Refraksiyon

$$\Delta r' = \frac{f}{\cos^2 \tau} \cdot \Delta \tau$$

$$\Delta \tau = \Delta \tau_0 \cdot \tan \tau$$

$$\Delta r' = \frac{f \cdot \sin \tau}{\cos^3 \tau} \cdot \Delta \tau_0$$

$$\Delta r' = \frac{r}{\rho \cdot f^2} (f^2 + r^2) \cdot \Delta \tau_0$$

$$\Delta \tau_0 = T - \rho \frac{Q_0 - Q_p}{Z_0 - Z_p}$$

$$\rho = 636620^{cc}$$

$$T = 178.46 - 17.14 \cdot Z_0 - 0.6296 \cdot Z_0^2 - 0.01071 \cdot Z_0^3 - 0.000077 \cdot Z_0^4$$

$$Q_0 = \left(2803.11 \cdot Z_0 - 134.629 \cdot Z_0^2 - 3.2966 \cdot Z_0^3 - 0.04205 \cdot Z_0^4 + 0.000242 \cdot Z_0^5 \right) \cdot 10^{-7}$$

$$Q_p = \left(2803.11 \cdot Z_p - 134.629 \cdot Z_p^2 - 3.2966 \cdot Z_p^3 - 0.04205 \cdot Z_p^4 + 0.000242 \cdot Z_p^5 \right) \cdot 10^{-7}$$

Daha sonra

$$dx = \frac{\Delta r'}{r'} \cdot x' \quad dy = \frac{\Delta r'}{r'} \cdot y'$$

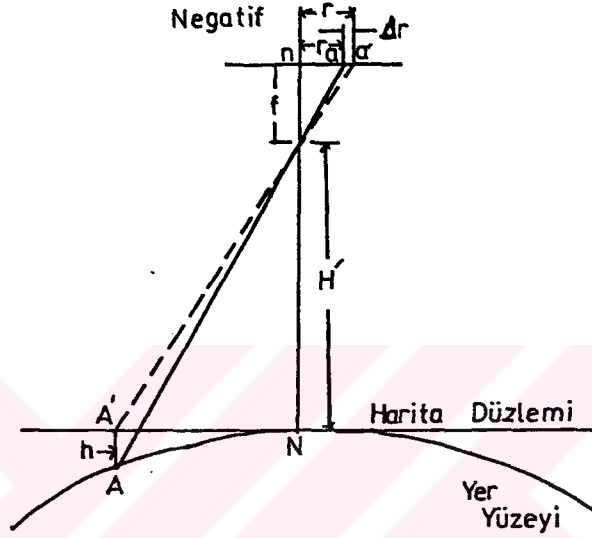
$$x = x' \pm dx$$

$$y = y' \pm dy$$

ile hesaplanır.

5.3.1.4.5.Yerküresi eğriliği düzeltmesi

Objeye uzayın düz koordinat sisteminde elde edilmesi Dünya'nın küreselliğinden dolayı görüntü kaymasına neden olur. Şekil 5. 11'de A yer noktası ve A' harita düzlemindeki karşılığı göstermektedir.



Şekil 5. 11. Yer eğriliği düzeltmesi

Haritada A'nın olması gereken yerde elde edilebilmesi için resimdeki a noktasının değil a' noktasının kullanılması gerekir. aa'=dr yerküre eğiklikten dolayı oluşan kaymadır. Bu miktar da:

$$\Delta r = \frac{H \cdot r^3}{2 \cdot R \cdot f^2} \quad (5.23)$$

formülü ile hesap edilir. Burada:

H'=Yeryüzünden uçuş yüksekliği

r=Esas nokta ile görüntü noktası arasındaki radyal mesafe

R=Dünyanın yarıçapı R= 6 373 394.m

f=Kamera odak uzaklığıdır.

Buradan da

$$dx = \frac{\Delta r}{r} \cdot x' \quad dy = \frac{\Delta r}{r} \cdot y' \quad x = x' \pm dx, \quad y = y' \pm dy$$

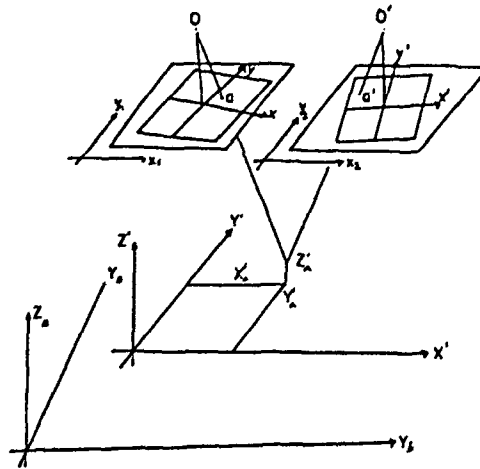
5.3.2. Analitik fotogrametri aletleri ve yöneltme işlemleri

Analitik fotogrametrik aletler temel olarak prezisyonlu stereo komparatör ve bilgisayarla bağlantılı bir koordinatografıtan oluşur. Ne tamamen optik ne de tamamen mekanik aletler grubuna girerler. Yapılan fotogrametrik işlemlerde matematik modele göre yapılır. Yer kontrol noktalarının bilgileri ve kamera değerleri dışardan bilgisayara el ile girilir. Resim koordinatları ise analitik değerlendirme aletinde veya komparatörde ölçülerek direkt bilgisayara aktarılır. İstenen noktalara ait koordinat değerleri ekranda görülebilir, istenirse de çıktıları alınabilir.

Analitik aletler de matematik modelde optik ve mekanik bir sınırlama olmadığından çok yönlü kullanılabilirler. Düşey, eğik, az eğik, çok eğik, panoramik olmak üzere her türlü fotoğrafların değerlendirmesi yapılabilir. Bunun yanında ayrı odak uzaklığına sahip objektiflerle çekilen resimlerden dahi model oluşturulabilmektedir.

Modellerin oluşturulmasında optik, mekanik hataların önüne geçildiğinden ve her türlü hata kaynaklarına karşı fiilen düzeltme getirildiğinden ayrıca matematik model kullanıldığı için işlemin her adımında en küçük kareler yöntemini kullanarak kaba hatalar bertaraf edildiğinden analog aletlere nazaran oldukça yüksek doğrulukta üretim yapılabilmektedir.

Analog aletlerde iç, karşılıklı ve mutlak yöneltme yapıldığına göre aynı işlemlerin analitik aletler yardımıyla da yapılması istenir. Burada veri girişleri ya klavye yardımıyla veya aleti kullanmak suretiyle ölçülüp kaydedilerek olur. İşlemler yapılırken bilgisayar ile operatör arasında sürekli diyalog kurulur. Bilgisayar operatörden bazı kararlar vermesini ister. Bütün analitik aletlerdeki yöneltme işlemleri birbirine benzemektedir.



Şekil 5.12. Analitik aletlerin koordinat sistemi

5.3.2.1. Analitik aletlerde iç yöneltme

İç yöneltme işleminde diaporitler resim kızaklarının üzerine rastgele konur. Resmin ana nokta bulucularının koordinatları ve aralarındaki mesafeler bilgisayara girilir. Analitik aletle esas noktaların alet koordinat sisteminde sol resim için x_1, y_1 ve sağ resim için x_2, y_2 koordinatları okunur. Koordinat okumadan önce analitik alet esas noktanın yaklaşık civarına müşiri getirir. Operatör el çarkları yardımıyla asal nokta üzerine yanaşır ve kayıt yapar. Genelde her noktada 2 kayıt yapılır. Sol resmin 4 asal noktasındaki kayıt bittikten sonra sağ resim için de aynı işlemler yapılır. Ölçme işlemi bittikten sonra bilgisayar koordinat dönüşümünü yapar. Dönüşümün yapılabilmesi için programda seçenekler mevcuttur. Fakat afin dönüşümü tercih edilir. Resim büzülmesi düzeltme de dönüşüme dahil edilir. Artık hatalar bilgisayar ekranında görünür. Kabul edilebilecek incelikte ölçüm yapılmışsa bilgisayar iç yöneltme parametrelerini hafızasında saklar.

5.3.2.2. Analitik aletlerde karşılıklı yöneltme

Karşılıklı yöneltme için x, y ve x', y' makina koordinatları resim üzerinden en az 5 yerde okunur. Fakat 6 yerde okunması en küçük kareler yöntemini kullanmak için tavsiye edilmektedir. Uygulamada da 6 noktada ölçüm yapılmaktadır. Bir çok analitik alet 20 noktaya kadar karşılıklı yöneltmede kayıt yapma yeteneğine sahiptir. Analitik aletler Gruber noktası denen 6 noktaya sırasıyla otomatik olarak kendisi gider. Yaklaşık olarak gelinen bu noktada operatör paralaksı gidererek bilgisayara kayıt etme komutunu verir. Burada kayıt etme genelde ayak pedalları yardımıyla olur. 6 noktada kayıt işlemi yapıldıktan sonra bilgisayar kolinearite eşitliklerini kullanarak karşılıklı yöneltme elemanlarını hesaplar. Artık paralaks hataları ekranda görünür. Karşılıklı yöneltmeden beklenen hassasiyet sağlanmışsa bilgisayar karşılıklı yöneltme elemanlarını daha sonra kullanmak üzere saklar. Yöneltme işlemlerinin yapılmasıyla model oluşmuş durumda olduğundan model içinde gidilen her noktanın (örneğin bir a noktasının) koordinatlarını alette ölçerek model koordinatlarını (X'_A, Y'_A, Z'_A) elde edilebilir. Karşılıklı yöneltmede koordinatı hesaplanmak istenen ne kadar nokta varsa model koordinatları kaydedilir.

5.3.2.3. Analitik aletlerde mutlak yöneltme

Analitik aletlerde mutlak yöneltmenin yapılabilmesi için koordinatları bilinen yer kontrol noktalarının daha önceden bilgisayara girilmesi gerekmektedir. Mutlak yöneltme için minimum 2 yatay, 3 düşey kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Minimumdan daha fazlası tavsiye edilir. Kontrol noktalarında kayıt yapıldıktan sonra bilgisayar mutlak yöneltme parametrelerini hesaplar. Mutlak yöneltme parametreleri sayesinde istenen bir noktanın model koordinatının ölçülmesiyle direkt olarak arazi koordinatının hesaplanması mümkün olmaktadır. Bu parametrelerin hesaplanmasında üç boyutlu helmert transformasyon formülleri kullanılmaktadır.

5.3.2.4. Analitik Kıymetlendirme Aletlerinin Değerlendirilmesi

1960'lı yıllarda üretime başlayan analitik aletler günümüzde yaygın kullanım alanına sahip olmuştur. 2000'li yıllarda fotogrametrik üretim yapan özel bürolar kurulmuş bu büroların hepside analitik aletleri bünyelerinde bulundurmuş olacaktırlar. Etkin bir şekilde bunlar üretimde kullanılmış olacaktırlar. Ülkemizdeki kuruluşlardan ise T.K.G.M., H.G.K., Karayolları Genel Müdürlüğü ve Orman Genel Müdürlüğü analitik aletlere sahip olup üretimde tam randımanlı bir şekilde yararlanmaktadırlar.

Klasik analog aletlerde operatörün fonksiyonu büyüktür. Bu aletlerde çalışan operatörlerin yetişmesi için 2 yada 3 yıl bir eğitim gerekmektedir. Çoğu analog aletlerde çalışabilmek için operatörde hiçbir vücut arzısı olmaması gerekir. Çünkü bu tür aletlerde model kıymetlendirmesinde 2 el, 2 ayak ve gözler tam faal olarak çalışmaktadır. Gözlerle optik aletler sayesinde ölçü markası model üzerinde takip ederken eller X ve Y yönünde hareket eden el çarklarını kullanmakta. sağ ayak Z çarkını aşağı yukarı hareket ettirmekte, sol ayak ise masada çizim yapan kalemi kontrol etmektedir. Operatörün etkinliğini azaltmak analitik fotogrametrik aletlerle büyük oranda sağlanmıştır. Analitik aletlerde yapılan ölçüler tamamen matematik bir model içerisinde sayısal olarak değerlendirilmekte ve hassasiyet artırılmaktadır. Bunun yanında üretim maliyeti de düşürülmekte önemli ölçüde zaman kazancı olmaktadır. Bu aletlerin avantajlarını ele alacak olursak şu şekilde sıralayabiliriz:

-Optik ve mekanik bir sınırlama sözkonusu olmadığından, dik, eğik, konvergent çekilmiş olan her türlü fotoğraflar kıymetlendirilebilir.

-Mercek distorsiyonu, film büzülmesi, atmosferik kırılma, yeğ yuvarlağı hatası tamamen matematiksel olarak elde edilip düzeltmeler getirilebilir.

-Fotogrametrik nirengi üretiminde, sayısal arazi modellerinin oluşturulmasında kullanılabilir. Yol projesi uygulamalarında enkesit alma, boy kesit çıkarma gibi uygulamaları yapabilecek yazılımlar mevcuttur.

-Kıymetlendirme ölçekleri son derece değişkendir. İstenen ölçekte çıktı alınabilir.

-Noktalar arası uzaklık, kapalı yerlerin alanları gibi bir çok matematiksel hesaplamalar yapılabilir.

-Analog aletlerde büyük zaman alan bir noktadan diğer bir noktaya gidiş hızlı bir şekilde yarı otomatik olarak yapılabilir.

-Optimum çalışmada 8 saatlik bir iş gününde 20-24 model okuması yapılabilmekte, bununla birlikte bir modelin maliyeti yaklaşık 15 Amerikan dolarını bulmaktadır (Önder 1985).

-Analitik aletler bilgisayar desteğini aldığından hesaplama işlemleri hızlı bir şekilde yapılmaktadır.

-Operatör rahat ve sıkıcı olmayan bir çalışma yapma imkanına sahip olmuştur.

-23*23 cm'lik fotoğrafların yanında daha büyük boyutlu (23*46 cm'lik) fotoğrafların değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

-Yersel kameralarla çekilen filmlerinde kıymetlendirmesi yapılabilmektedir.

-Fotogrametrik harita üretiminin yanında bazı mühendislik işlerinde de kullanılmaktadır.

-Yeni analitik aletlerle ve yeni yazılımlarla uzaydan alınan fotoğraflarla harita üretmek mümkün olabilmektedir. Örneğin H.G.K.'da 1/50 000 ölçekli topoğrafik harita üretimi gerçekteştirilmiştir. Ancak daha büyük ölçekli haritaların üretiminde yeterli hassasiyete ulaşılamamıştır. Ayrıca uydu resimlerinin pahalılığı nedeniyle yaygın üretim düşünülmemektedir (bir stereo resmin bu günkü fiyatı 250-300 milyon civarındadır).

Analitik aletlerin üstünlüklerini anlatırken dezavantajlarını da sıralamak yerinde olacaktır. Bunların en başında donanım maliyetinin (yatırım maliyetinin) çok pahalı olması gelmektedir(Yaklaşık 500.000 \$). Sistemin üreticisi yabancı firma olduğundan periyodik bakımları, arızaları da ayrı bir külfet olmaktadır. Örneğin T.K. Genel Müdürlüğü'nde 1995 yılında bakıma gelen bir teknisyenin yevmiyesi 7500 Alman Markı olarak firmaya ödenmiştir. Bilgisayar teknolojisi çok hızla gelişmektedir. Yeni geliştirilen programlar daha kapasiteli bilgisayar gerektirdiğinden eski bilgisayarlara yeni geliştirilen programlar yüklenememektedir. Çünkü eski bilgisayar kapasitesi

yetersiz kalmaktadır. Bilgisayar yenilenmek istendiğinde ise aynı firmadan alınması zorantuluğu diğer bir dezavantajdır.

5.3.3.3. Karşılıklı yöneltmenin matematiksel çözümü

Resim eksenlerini, bu resimlerin çekildiği zamandaki durumlarına sokarak aynı noktaya ait ışınların doğadakine uygun olarak arazinin stereoskopik modelini verecek biçimde kesişmelerini elde etmeğe "Karşılıklı Yöneltme" adı verilmektedir (Aytaç, 1987).

Bir resmin değerlendirmesinde 15 bilinmeyen vardır. Bu bilinmeyenlerin üçü iç yöneltmede, beş tanesinde karşılıklı yöneltmede çözülür. Karşılıklı yöneltmede çözülen bilinmeyenler ω , ϕ , κ ve b_y , b_z 'dir. Bu bilinmeyenlerin çözümü sonunda stereoskopik modelin elde edilmesi sağlanır. Beş noktada "Kopleneareite Şartı"nın sağlanması ile elde edilen modelin analitik aletlerde elde edilmesi resim koordinatları yardımı ile olmaktadır. Matematiksel modeli ise "paralaks" eşitliklerine dayanmaktadır. (Burada denklemin çıkarılmasına girilmeden direkt paralaks denklemleri verilecektir.) Paralaks denkleminin genel ifadesi şöyledir;

$$V_i = y_1 - y_2 + \frac{x_1 \cdot y_1}{f} \cdot d\phi_1 - \frac{x_2 \cdot y_2}{f} \cdot d\phi_2 - x_1 \cdot d\kappa_1 + x_2 \cdot d\kappa_2 - f \left(1 + \frac{y_1^2}{f^2} \right) d\omega_2$$

Bu denklemdeki, x_1 , y_1 sol resim koordinatı, x_2 , y_2 sağ resim koordinatıdır. f de odak uzaklığını temsil etmektedir.

Karşılıklı yöneltmede 5 noktada koordinat okuması yapılırsa ise bilinmeyen sayısı ölçü sayısına eşit olacağından birebir çözüm verir. Şayet 6 veya daha fazla noktada koordinat okuması yapılırsa o zaman dolaylı ölçüler dengelemesi kullanılabilir.

Katsayılar matrisini A ile gösterirsek düzeltme denklemleri:

$$V = A \cdot x - L \text{ olur. } x \text{ bilinmeyenlerin vektörü ise; } x = (A^T \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot L$$

L :Gözlemlerin vektörünü ifade etmektedir.

$L_i = y_1 - y_2$ 'dir. Yukarıdaki katsayıların çözümünde bilinmeyen olarak;

$$x = \begin{bmatrix} d\varphi_1 \\ d\varphi_2 \\ d\kappa_1 \\ d\kappa_2 \\ d\omega_2 \end{bmatrix} \quad (5.25)$$

bilinmeyenleri çözülmüş olur. Bunlar kesin değerler değildir. Çünkü bu formüller paralaks eşitliklerinin lineerleştirilmesi sonucu elde edildiğinden çözüm iterasyonu gerektirmektedir.

Denklemlerin çözümünden sonra presizyon araştırmasına geçilir. Bir ölçümedeki karesel ortalama hata:

$$m_o = \sqrt{\frac{[V^T \cdot V]}{n - u}} \quad (5.26)$$

olup. n ölçü sayısı, u bilinmeyen sayısı, $[V^T \cdot V]$ ise düzeltmelerin karesinin toplamını göstermektedir. Yönelme elemanlarının karesel ortalama hataları ise: $M_i = m_o \cdot \sqrt{Q_{ii}}$ (5.27)

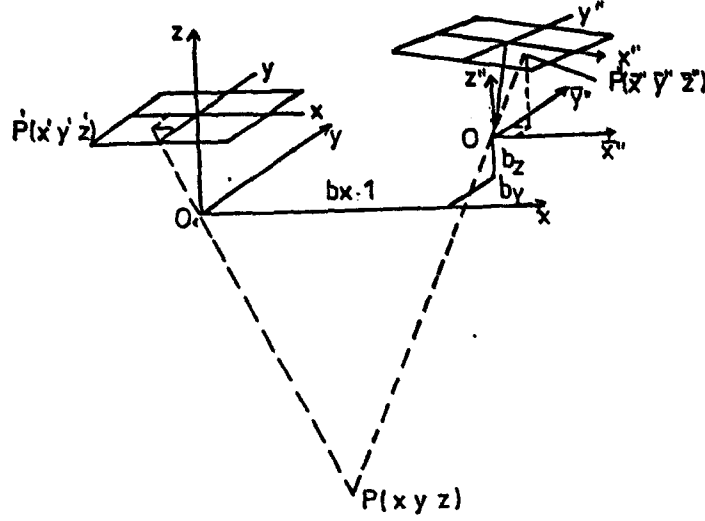
Q ağırlık katsayıları matrisi $Q = (A^T \cdot A)^{-1}$ formülüyle hesaplanır.

Yönelme işlemi birinci resmin sabit olması durumunda biraz farklılık gösterir. Bu durumda birinci resmin yönelme elemanlarına dokunulmaz. Karşılıklı yönelme elemanları olarak $b_y, b_z, \omega_2, \varphi_2, \kappa_2$ uygulaması yapılır. Matematiksel yapısında x', y', f resim koordinatının başlangıcı model koordinatının başlangıcı olarak alınır. Koplenearete şartı genel ifadesi ile yazılırsa;

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & x' & \bar{x}'' \\ b_y & y' & \bar{y}'' \\ b_z & z' & \bar{z}'' \end{vmatrix} \quad (5.28)$$

$$d\Delta = \Delta - \Delta_o = \frac{\partial \Delta}{\partial b_y} \cdot db_y + \frac{\partial \Delta}{\partial b_z} \cdot db_z + \frac{\partial \Delta}{\partial \omega} \cdot d\omega + \frac{\partial \Delta}{\partial \varphi} \cdot d\varphi + \frac{\partial \Delta}{\partial \kappa} \cdot d\kappa \dots (5.29)$$

genel ifadesi elde edilir.



Şekil 5.13. Karşılıklı yönlmede sol resmi sabit olması

Matematiksel işlem sırasını gösterecek olursak:

- b_x , b_z , ω , φ ve κ için yaklaşık değerler seçilir.

- Yaklaşık model koordinatları hesaplanır.

$$\begin{pmatrix} \bar{x}_i'' \\ \bar{y}_i'' \\ \bar{z}_i'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_i'' \\ y_i'' \\ z_i'' \end{pmatrix}$$

$$a_{11} = \cos\varphi \cdot \cos\kappa$$

$$a_{12} = -\cos\varphi \cdot \sin\kappa$$

$$a_{13} = \sin\varphi$$

$$a_{21} = \cos\omega \cdot \sin\kappa + \sin\omega \cdot \sin\varphi \cdot \cos\kappa$$

$$a_{22} = \cos\omega \cdot \cos\kappa - \sin\omega \cdot \sin\varphi \cdot \sin\kappa$$

$$a_{23} = -\sin\omega \cdot \cos\varphi$$

(5.30)

$$a_{31} = \sin\omega \cdot \sin\kappa - \cos\omega \cdot \sin\varphi \cdot \cos\kappa$$

$$a_{32} = \sin\omega \cdot \cos\kappa + \cos\omega \cdot \sin\varphi \cdot \sin\kappa$$

$$a_{33} = \cos\omega \cdot \cos\varphi$$

-Yönelme yapılan bütün homolog noktalar için ayrı ayrı hata denklemleri oluşturulur.

$$v_{\Delta_i} = k_{y_i} \cdot db_y + k_{z_i} \cdot db_z + k_{\omega_i} \cdot d\omega + k_{\varphi_i} \cdot d\varphi + k_{\kappa_i} \cdot d\kappa + \Delta_{oi} \quad (5.31)$$

Buradaki katsayılar determinantları ise;

$$\begin{aligned}
\Delta_{oi} &= \begin{vmatrix} 1 & x_i & \bar{x}_i \\ b_y & y_i & \bar{y}_i \\ b_z & z_i & \bar{z}_i \end{vmatrix} \\
k_{yi} &= \frac{\partial \Delta}{\partial b_y} = \begin{vmatrix} 0 & x_i & \bar{x}_i \\ 1 & y_i & \bar{y}_i \\ 0 & z_i & \bar{z}_i \end{vmatrix} & k_{zi} &= \frac{\partial \Delta}{\partial b_z} = \begin{vmatrix} 0 & x_i & \bar{x}_i \\ 0 & y_i & \bar{y}_i \\ 1 & z_i & \bar{z}_i \end{vmatrix} \\
k_{\omega i} &= \frac{\partial \Delta}{\partial \omega} = \begin{vmatrix} 1 & x_i & 0 \\ b_y & y_i & -\bar{z}_i \\ b_z & z_i & \bar{y}_i \end{vmatrix} \\
k_{\varphi i} &= \frac{\partial \Delta}{\partial \varphi} = \begin{vmatrix} 1 & x_i & -y_i \cdot \sin \omega + z_i \cdot \cos \omega \\ b_y & y_i & \bar{x}_i \cdot \sin \omega \\ b_z & z_i & -\bar{x}_i \cdot \cos \omega \end{vmatrix} \\
k_{\kappa i} &= \frac{\partial \Delta}{\partial \kappa} = \begin{vmatrix} 1 & x_i & -\bar{y}_i \cdot \cos \omega \cdot \cos \varphi - \bar{z}_i \cdot \sin \omega \cdot \cos \varphi \\ b_y & y_i & \bar{x}_i \cdot \cos \omega \cdot \cos \varphi - \bar{z}_i \cdot \sin \omega \\ b_z & z_i & \bar{x}_i \cdot \sin \omega \cdot \cos \varphi + \bar{y}_i \cdot \sin \omega \end{vmatrix}
\end{aligned} \tag{5.32}$$

-Normal denklemler oluşturulur. Bilinmeyenlerin hesabı yapılır.

-Bulunan değerler ilk başta seçilen yaklaşık değerlere eklenir.

$$\begin{aligned}
b_y^{k+1} &= b_y^k + db_y & \omega^{k+1} &= \omega^k + d\omega \\
b_z^{k+1} &= b_z^k + db_z & \varphi^{k+1} &= \varphi^k + d\varphi \\
&& \kappa^{k+1} &= \kappa^k + d\kappa
\end{aligned} \tag{5.33}$$

Tekrar işleme başlanır. Düzeltme değerleri ihmal edilebilecek değerleri alana kadar ($d\omega$, $d\varphi$, $d\kappa$ 0.0001 radyan) iterasyona devam edilir (Albertz/Kreiling, 1975).

5.3.4. Mutlak yöneltmenin matematiksel çözümü

Karşılıklı yöneltmeden sonra homolog ışınlar kesiştirilmiş ve objenin tam benzeri olan üç boyutlu model elde edilmiştir. Ancak bu modelin arazi ile uyumu yoktur. Yani model ile arazi arasında bir paralellik sözkonusu değildir. Ayrıca model ile arazi arasında ölçek bağıntısının

sağlanması gerekir. Analitik olarak ifade etmek istersek bir modelin değerlendirilmesinde çözülen toplam 15 bilinmeyen 7 bilinmeyi mutlak yönelimde çözümlür.

Bu bilinmeyenler:

Model ile arazi arasındaki ölçek katsayısı

Modelin Z eksenini etrafındaki dönüklüğü

Modelin X eksenini etrafındaki enine eğikliği

Modelin Y eksenini etrafındaki boyuna eğikliği

Model koordinat sisteminin başlangıç noktasının arazi koordinat sistemine göre koordinatları olan X_0 , Y_0 ve Z_0 'dır.

Mutlak yönelimde yapılan matematiksel işlemde model içinde arazi koordinatı bilinen en az 2 yatay 3 düşey kontrol noktasına ihtiyaç vardır.

x, y, z model koordinatlarını; X, Y, Z ise bu noktalara karşılık gelen arazi noktalarının koordinatlarını gösterebilir. katsayılar matrisi:

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & 0 & z_1 & -y_1 & 1 & 0 & 0 \\ y_1 & -z_1 & 0 & x_1 & 0 & 1 & 0 \\ z_1 & y_1 & -x_1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_n & 0 & z_n & -y_n & 1 & 0 & 0 \\ y_n & -z_n & 0 & x_n & 0 & 1 & 0 \\ z_n & y_n & -x_n & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5.34)$$

$$\text{şeklinde dir. } L^T \text{ matrisi ise: } L^T = [X_1, Y_1, Z_1, \dots, X_n, Y_n, Z_n] \quad (5.35)$$

olup, bilinmeyenler matrisi:

$$X = \begin{bmatrix} \lambda \\ \Omega \\ \Phi \\ K \\ X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (5.36)$$

λ ölçek faktörünü, Φ genel f_j , Ω genel omega, K genel kapa, X_0 , Y_0 , Z_0 ise model koordinat sisteminin arazi koordinat sistemine göre koordinatlarıdır.

5.4.Hava Triyangülasyonu

Hava fotogrametrisinde her bir modelin kıymetlendirilebilmesi için en az üç adet yer kontrol noktasına gerek vardır. Hava triyangülasyonu ile modellerin veya resimlerin yöneltme bilgileri ve bütün kolon, model bağlama noktalarının (yeni nokta) arazi koordinat sistemindeki koordinatları elde edilmektedir (Özbalımcu, 1995).

Fotogrametrik nirenginin amacı, arazide tesis edilecek olan nirengi sayısını azaltmak dolayısı ile hem maliyet olarak kazanç sağlamak hem de arazi işlerinin bir kısmını büroya taşımaktır.

Önceleri grafik yöntemlerle ve analog aletlerle uygulanan fotogrametrik nirengi ölçümleri günümüzde yaygın olarak analitik aletlerle yapılmakta, dengeleme için oldukça gelişmiş yazılımlar kullanılmaktadır.

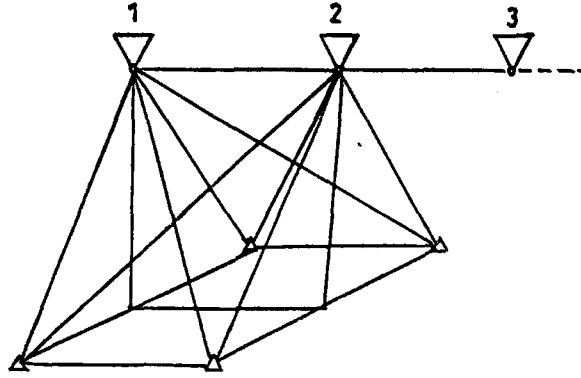
5.4.1.Hava Triyangülasyonunun amacı

Fotogrametrik Triyangülasyon (Hava Triyangülasyonu), birbirini takip eden hava fotoğrafları arasındaki geometrik ilişkileri kullanarak yatay ve düşey kontrol noktalarının sıklaştırılmasını tamamlayan yöntemdir.

Bütün fotogrametri işlerinde, bir stereo modelin veya birbirini takip eden resimlerin yöneltmesini yapmak için yeterli sıklıkta yer kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Bu noktaların sıklaştırılması hava triyangülasyonu ile yapılabilmektedir. Hava triyangülasyonunun temel amacı çok zahmetli ve pahalı bir ölçümle tesbit edilen kontrol noktalarının arazide ki işini azaltıp gerekli nokta sıklaştırmasını büroda yapmaktır.

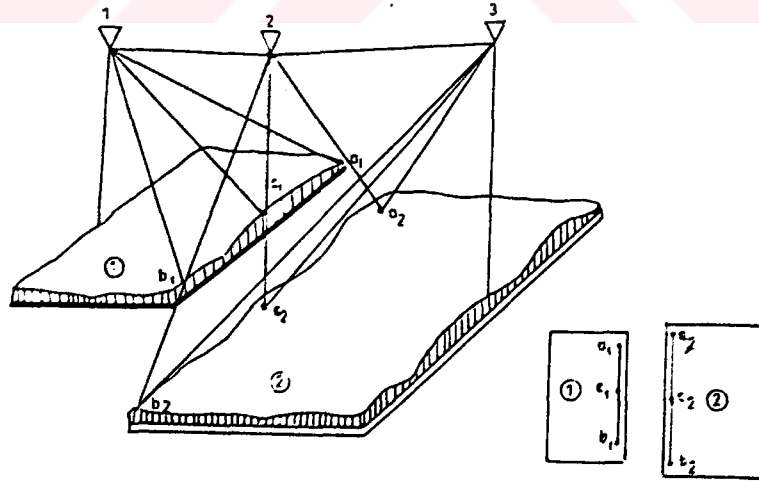
5.4.2.Hava Triyangülasyonunun prensipleri

Hava triyangülasyonunun prensibini göstermek için multipleks tipi aleti göz önüne alabiliriz (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Hava Triyangülasyonu

Şayet 1. ve 2. fotoğraf projektörlere yerleştirilirse ilk iki projektörün yöneltmesiyle 1 nolu model oluşturulabilir. Şekil 5.14deki gibi yeterli kontrol noktası varsa 1. modelin mutlak yöneltmesi de yapılabilir. Böylece 1. modeli çizebiliriz. Şimdi problem 2. modelin çiziminde ortaya çıkıyor. Çünkü bu 2. modelde yeterli kontrol noktası mevcut değil. Fakat karşılıklı yöneltmesini sadece 3. projektörlerin yöneltme elemanlarını kullanarak yapma imkanına sahibiz. Böylece 2. nolu modeli elde etmiş oluyoruz. Ancak 2. model ile 1. model arasında ölçek uyumsuzluğu söz konusudur. Bu durumda 2. modelin ölçeğinin 1. modelin ölçeğine eşitlenmesi gerekir. Ancak bu ölçek transferini yaparsak 2. modeli çizmemiz söz konusu olabilir.

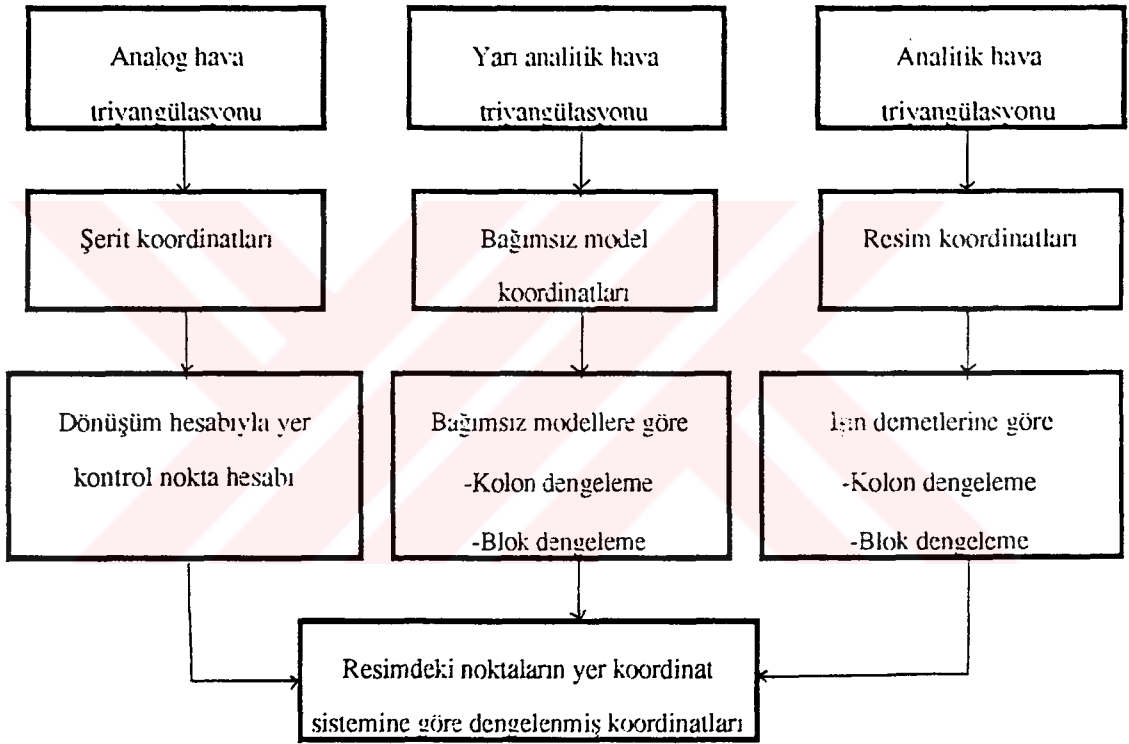


Şekil 5.15. Ölçek Transferi

Ölçek transferi bazen değiştirilmesi ile olur. Şekil 5.15'de de görüldüğü gibi 1. model ile 2. model aynı ölçeğe sahip değildir. Her iki modelde de bulunan sabit noktalar (pass noktaları)

yardımıyla ölçek kontrolü yapılır. Sadece 3. projektörün baz elemanı yardımıyla $a_1 b_1 = a_2 b_2$ oluncaya kadar baz ayarı değiştirilir. Bu eşitliğin sağlanması halinde 2. modelin ölçeği 1. modelin ölçeğine eşit olmuş olur. Bu durumda modelin çizimi mümkün olabilmektedir. 4. 5. 6 ve diğer fotoğraflar konarak işleme devam edilir.

5.4.3.Hava Triyangülasyonunun sınıflandırılması



Şekil 5.16. Hava Triyangülasyonu Yöntemleri

5.4.3.1.Analog hava triyangülasyonu

Analog hava triyangülasyonu ya çok projektörlü aletlerle veya üniversal aletlerle yapılmaktadır. Bu tip triyangülasyonda karşılıklı yöneltme yeni projektörün elemanları kullanılarak yapılır. Önceki projektöre dokunulmaz. Böylece şerit. alet yardımıyla oluşturulur ve koordinat sistemi ilk modelin başlangıcı olarak kabul edilir.

Üniversal aletlerle (Wild A7, Zeiss C8) bu yöntemi uygulamak mümkündür. 1. modelin fotoğrafları yerleştirilip iç, karşılıklı ve mutlak yönelmesi yapıldıktan sonra 1. resim çıkarılıp yerine 3. resim takılır. Resimlerin durumu ters olduğundan alette bazı durumları değiştirilir. Yani "baz içte" ise "baz dışta" yapılır. Yönelme işlemi sadece 3. resmin elemanları ile yapılır. 1. resmin yönelme elemanlarına dokunulmaz. Kısacası bağımlı bir yönelme yapılır.

5.4.3.2.Yarı analitik hava triyagülasyonu (bağımsız modeller)

Bağımsız model triyagülasyonu da denir. Bilgisayarların yaygınlaşması ile kısmen analog kısmen analitik olan bu yöntem kullanılmaya başlanmıştır.

Bu yöntemde her modelin bağımsız olarak yönelmesi yapılır. Dolayısıyla her modelin koordinat sistemi değişiktir. Yani modeller birbirinden bağımsızdır. Model oluşturulduktan sonra bütün noktaların 3 boyutlu model koordinatları okunur. Her iki modeldeki ortak noktalar yardımı ile modeller birbirine bağlanır. Ancak burada çekim merkezinin koordinatları da ortak nokta olarak kullanılır. Dolayısıyla çekim merkezinin koordinatları da model koordinatları sisteminde ölçülür ve hesaplamaya katılır. Perspektif merkezinin koordinatları üç yöntemle ölçülür (Wolf, 1983):

- Direkt aletlerdeki özel düzeneğe yardımıyla
- 2 nokta (two point) yöntemiyle
- Grid düzlemi (grid plate) yöntemiyle

(Bu yöntemler "Elements of Photogrammetry" 'Paul R. Wolf' kitabında detaylı bir şekilde ele alınmıştır.)

Bağımsız model triyagülasyonu da denen bu yöntemde modellerin sadece karşılıklı yönelmesinin yapılması yeterli olmaktadır. Modellerin şerit veya kolon şeklinde birleştirilmesi ise hesaplama yöntemiyle yapılmaktadır (Kubik/Tan, 1967). Modelleri bağlamak için yani bir sonraki model ile bir önceki modelin birleştirilmesi için üç boyutlu dönüşüm hesabından yararlanır. Bu dönüşümde modellerin ortak alanlarında bulunan pass noktaları (model bağlama noktaları) bağlantı noktaları olarak kullanılır.

5.4.3.3. Analitik hava triyangülasyonu yöntemi

Bu üçüncü yöntemde triyangülasyon işlemlerinin hemen hemen bütünü hesaplama yöntemiyle yapılır. Hatta modellerin ölçümü dahi hesaplama yöntemiyle elde edilir. Bu yöntemde sadece resim üzerindeki istenilen noktaların resim koordinat sistemindeki planimetrik koordinatlar ölçülür. Ölçülen koordinatlar dengeleme yapılabilmesi için yeterli olmaktadır. Dengeleme işleminden sonra (ışın demetleri yöntemine göre) noktaların arazi koordinat sistemindeki koordinatları direkt olarak hesaplanır.

5.4.3.4. Hava triyangülasyonu için hazırlık

Hava triyangülasyonunun hazırlama safhaları uçuş haricinde proje planlamasından başlar aletlerle ölçümüne kadar devam eder. Bir kısım hazırlıklar büroda bir kısmında arazide yapılır. Hazırlık safhasına çok önem verilmelidir. Çünkü hem maliyet hem de yapılan işin inceliği buna bağlıdır.

Hazırlama safhasında aşağıdaki işlemler sırası ile takip edilir.

- Ölçme, işaretleme ve arazi kontrol noktalarının tesbit edilmesi
- Pass (model bağlama) noktalarının ve tie (kolon bağlama) noktalarının seçimi
- Yer kontrol noktaları, pass noktaları ve tie noktalarının kartlar ve diapoziitifler üzerine işaretlenmesi ve gerekli noktaların bir sonraki veya bir önceki modele, resime transferi
- Operatörün yapılacak dengeleme türüne göre koordinat ölçümlerini yapması

Hazırlık safhasında arazide yapılacak işlem yer kontrol noktalarının ölçümü ve işaretlenmesini içerir. Uçuş yapıldıktan sonra hazırlık grubu tarafından yer kontrol noktalarının fotoğraf üzerinde bulur ve kalemle işaretlenir. Uygun olarak seçilen modeller üzerinde pass ve tie noktalarının yerleri tesbit edilir. Nokta transfer aleti yardımı ile bu noktalar diğer resimlere taşınır. Değerlendirme aletine yerleştirilen resimlerin yapılacak dengelemeye göre ya resim ya da model koordinatları okunur.

5.4.3.5. Hava triyangülasyonunda kullanılan dengeleme türleri

Hava triyangülasyonunun son aşamasını oluşturan dengeleme ile analog ve analitik yoldan elde edilen koordinatlar arazi sistemine uydurulur.

Fotogrametrik triyangülasyon dengelemesinin gelişmesi önce kolon dengelemesi ile başlamış grafik-mekanik-numeric çözüm biçimleri uygulanmıştır (Yıldız, 1982). Sadece tek tek kolonlarla çalışıldığında (örneğin yol güzergahında) bir problem yoktur. Ancak birbirine bindirmeli yani her iki kolonda da ortak noktası olan kolonlar olduğunda ortak noktalar arasındaki farklar problem olmaktadır. Bu sebepten dolayı blok dengeleme yöntemleri geliştirilmiştir. Böylece hem nokta sayısında azalma, hem de hassasiyet yönünden incelik artışı sağlanmıştır. Ancak blok dengelemede, dengelemede birim olarak alınan üniteye göre üç ana grupta toplanmaktadır.

Tablo 5.1. Blok Dengeleme

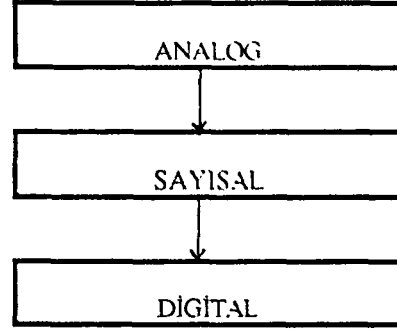
BLOK DENGEME	Şerit birim alınır	Resim	Model	Şerit	Şeritlerle blok dengeleme
		Şeritlerin elde edilmesi			
	Model birim alınır	Resim	Model	Modellerle blok dengeleme	
		Modellerin elde edilmesi			
	Işın demetleri birim alınır	Resim	Işın demetleriyle blok dengeleme		
		Resim koordinatlarının ölçümü			

Bu yöntemler arasında en genel çözümü ışın demetleri yöntemine göre yapılan dengeleme vermektedir.

Her üç yöntemde de aynı sonuca gidilmektedir. fakat gidiş yolu değişiktir. Örneğin şerit birim alınır önce resimler değerlendirme aletine konur, modeller oluşturulur ve bu modellerin birleştirilmesi ile de şeritler oluşturulur. Şerit koordinatları dengelemeye girer. Model birim alınması durumunda ise model koordinatları ile dengelemeye geçilir. Işın demetlerinde ise resim koordinatları yardımı ile dengeleme yapılır ve sonuçta arazi sisteminde istenen noktaların üç boyutlu koordinatları elde edilir.

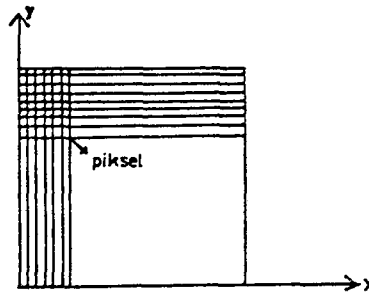
Dünyada bu dengelemeleri yapan yaygın paket programlar vardır. En yaygın kullanılan program PAT-MK ve PAT-B'dir. PAT-MK bağımsız modellere göre blok dengeleme, PAT-B ise ışın demetleri yöntemine göre blok dengeleme yapmaktadır.

6. DİGİTAL (SOFTCOPY) FOTOGRAMETRİ



Şekil 6.1. Fotogrametrinin gelişimi

Fotogramrideki en büyük gelişmelerden birisi de analitik fotogramtriden digital fotogrametriye geçişin sağlanmasıdır. Analog fotogrametri resimlerle başlar optik, mekanik aletlerle devam eder. Analitik fotogrametri resimlerle başlar bilgisayar destekli aletlerle devam eder. Digital fotogramtride ise görüntü de digital olarak kaydedilir. Işık fotoğrafik olarak değil, elektronik araçlarla kaydedilir. Sonra insan gözü ve algılamasını taklit eden bilgisayarlı tekniklerle devam eder. Bu yönüme *Computer Vision Image Understanding, Pattern Recognition, Softcopy Photogrammetry* veya *Digital Photogrammetry* gibi isimler de verilmektedir (Özbalıumcu, 1994).



Şekil 6.2 Piksel

Digital görüntünün en küçük elemanı piksel adı verilir. Her piksel'in bulunduğu konumunu gösteren satır ve sütun numarası vardır, dolayısıyla bir koordinat sisteminde yeri bellidir. Ayrıca her piksel'in parlaklık derecesini gösteren bir numarası (Grey value) bulunur. Bir piksel'in

boyutu, sayısal görüntü elde etmede kullanılan kamera veya sayısallaştırıcının ayırma gücüne bağlı olarak 6-200 mikron arasında değişmektedir (Ölçücüoğlu, 1989).

Digital fotogrametride digital görüntü bilgileri kullanıldığından, görüntü koordinat sistemi (x, y) ile piksel koordinat sistemi arasında bir ilişki kurmak gereklidir.

Daha hassas ve doğru sayısal görüntü verilerinin elde edilmesi için hava filmlerinin yüksek ayırma gücü duyarlılığında taranması gerekir. Taranmış veriler çok büyük yer tutar. Fotoğraf sayısallaştırmada bugün kullanılan tarayıcılar hemen hemen basım endüstrisindekiler gibi ise de fotogrametrik çalışmalar için özel donanımlara gereksinim vardır. Hava fotoğraflarının görüntü niteliği çok yüksektir. Bu yüksek nitelik aynı ölçüde korunmalıdır. Öyleyse tarayıcılar gerekli ayırma gücünü (çözünürlüğü) sağlamalıdır.

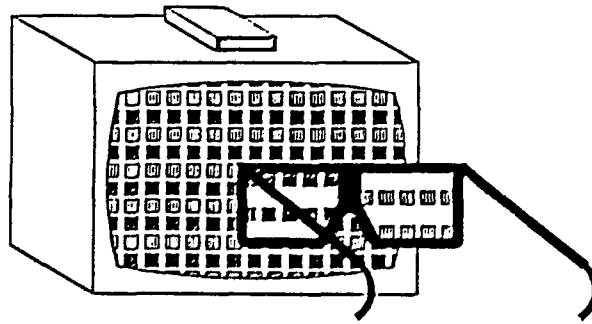
Sayısal görüntü işlemede kullanılan veriler:

-Uydu tarayıcı sistemleriyle elde edilen sayısal görüntü sistemleri.

-Resim tarayıcı sistemleriyle elde edilen sayısal fotoğrafik görüntülerdir.

Uydu verilerinin yaygın olarak kullanıldığını söylemek oldukça zordur. Sebebi ise bu yöntemde verilerin depolanması, işlenmesi, sunulması için çok güçlü bilgisayarların kullanılması gereklidir. Maliyet olarakta oldukça külfetlidir.

Digital fotogrametri iş istasyonlarında hava fotoğrafları ekranda görüntülenmektedir. Yalnız bir tek hava fotoğrafı değil bindirmeli iki hava fotoğrafı görüntülenerek stereo görüş elde edilebilmektedir. Stereo görüş için polarizasyon yaklaşımı kullanılır. Şöyle ki: Operatör polarizasyon gözlüklerini takar. Buna karşılık, bindirilmiş fotoğraf çiftleri, iş istasyonu ekranının olanakları ile polarize edilmiş olarak görüntülenir. Böylece sol göz sol fotoğrafı, sağ göz de diğer yönde polarize edilmiş sağ fotoğrafı görür. Bu yaklaşım Leica-Helava iş istasyonunda kullanılmaktadır. Polarizasyona olanak sağlayan ekran Tektronix firmasının yapımıdır.



Şekil 6.3. Digital Fotogrametride Stereoskopik Görüş

Daha geniş bir uygulama alanı bulmuş sistem kırpıştırma (Flickerprinzip) ilkesidir. Burada ki gözlükler mekanik değil elektronik olarak açılıp kapanmaktadır. Bu yaklaşım İngiltere'de "*Liquid Cristal Eye Shutters*" olarak bilinmektedir. Burada, elektronik olarak titreşim yapan bir gözetleme sistemi ile stereoskopik görüş sağlanır. Bu ilke söz gelimi Intergraph "Image Station" da ya da Zeiss'in Phodis iş istasyonunda uygulanmaktadır.

Fotogrametrik iş istasyonlarındaki diğer önemli bir eleman görüntü işleme algoritmaları ile desteklenmiş ölçme işlemleri olanağıdır. Fotogrametrik nirengide olduğu gibi bir fotoğraftan diğerine otomatik nokta aktarma yaklaşımı bugün için en gelişmiş bir uygulamadır. Burada korelasyon algoritmaları uygulanır. Operatör önce, nokta aktarmak için uygun bir bölge seçer. Bu noktanın karşılığı diğer fotoğrafta otomatik olarak bulunur. Bu korelasyon yaklaşımı sayısal arazi modelinin otomatik olarak oluşturulmasında da çok yoğun olarak kullanılır. Küçük ölçekli çalışmalarda, söz gelimi 1/50 000 ölçekli hava fotoğraflarında ya da uydu görüntülerinde bu yaklaşımla ilginç doğruluk derecelerine ulaşılmaktadır. Buna karşılık daha büyük ölçeklerde sayısal arazi modeli oluşturulması için bugün sağlanan güvenilirlik düzeyi henüz tam yeterli değildir. Daha geniş bir alanda, söz gelimi caddeler gibi nesnelerin otomatik izlenmesi ya da binaların otomatik olarak tanınması, gösterilmesi gibi alanlarda yoğun araştırmalar vardır. Bu algoritmaların henüz pratik olmadığı, daha fazla araştırmanın yapılması konusunda bir izlenim vardır. Sayısal iş istasyonları, şimdilik, konum haritaları ve fotogrametrik nirengi için uygundur.

Noktaların krokilerinin yapılması ya da diapositifler üzerine işaretlerinin yapılması ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle fotogrametrik nirengi için çok az bir hazırlık gereklidir. Daha önemlisi otomatik nokta aktarma işlemidir. Hangi fotoğraf çiftinde belirlenirse belirlensin, sayısal görüntü işleme yaklaşımı ile bu noktalar komşu fotoğraflara otomatik olarak aktarılabilir. Güvenirliği sağlamak için burada gözle denetim gerekir. (Kolbl 1995)

Digital fotogrametrik uygulamaların içerisinde gerçekleşen çalışmalardan birisi de yükseklik verilerinin otomatik elde edilmesidir. Yaygın olarak uygulamada kullanılmamakla beraber bazı sistemlerde bu tür yazılımlar bulunmaktadır. Bu konudaki ilk çalışmalar sayısal uzay görüntüleri üzerinde yapılmış, daha sonra sayısallaştırılan hava fotoğrafları üzerinde de denenmeye başlanmıştır. Otomatik DTM elde etmeden önce her piksel'e ait paralaks farkları elde edilir. Paralaks farkları ile yükseklikler arasında ilişki bulunduğundan yükseklik farkları hesaplanır. Son olarak modelde bulunan kontrol noktalarının yükseklikleri girilerek, yükseklik farklarından mutlak yüksekliklere geçilir. Bu konudaki çalışmalar içerisinde, özellikle gölgeli ve şehir alanlarında algoritma sırasında yanlış çakışmadan (Mis-matching) dolayı anormal yükseklikler ortaya çıkabilmektedir. Anormal

yükseklikleri ölçmede korelasyon analizleri veya önceden yapılacak bir ön işleme etkili olmaktadır (Ölçücüoğlu, 1989).

Dijital fotogrametrinin her ne kadar fazla problemlili olduğu görülüyorsa da gelecekte bu problemlerin tamamen çözümlü yaygınlaşacağı bir gerçektir. Yatırım maliyetinin de analitik aletlerde olduğu kadar pahalı olmaması ise bir avantajdır.

6.1. Dijital ve analitik sistemlerin karşılaştırılması

-Analitik sistemler optik-mekanik düzeneklerle donatılmıştır. Dijital sistemlerde optik mekanik parçalara gerek yoktur. Bu bakım ve kullanım açısından büyük bir kolaylık sağlar.

- Dijital sistemlerde resimler sayısal formata girdiğinde geometrisi değişmeden kalır.

- Dijital sistemler yüksekdercede otomasyon sağlarlar. Bu nedenle üretim hızı yüksektir.

- Dijital sistemler gigabyte (GB) düzeyinde kapasiteye gereksinim duyarlar.

- Hem analitik hemde dijital sistemde bilgisayarlar belirli bir yıl sonra değiştirilmek zorundadır.

- Dijital sistemlerde yeni yazılımlar kolaylıkla adapte edilebilir oysa analitik sistemlerde yıllarca aynıteknoloji seviyesini korumak zorundadır.

- Dijital sistemlerde arazi çalışmaları en aza indirgenmiştir.

- Üç boyutlu gözlük ve süper-imposition sebebiyle dijital sistemlerin kullanım kolaylığı vardır.

- Modellerin ekrana çağrılabilmesi sayesinde komşu modellerle kenarlaşma kolayca yapılabilir. (Erkek 1995)

7. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ VE FOTOGRAMETRİ İLİŞKİSİ

Coğrafi bilgi sistemi (GIS) bilgisayar ortamında verilerin toplanması, saklanması, istenen amaca göre işlenmesi ve sunulması işlemidir.

Daha genel bir şekilde ifade edecek olursak: Bir coğrafi bilgi sistemi araştırma, planlama ve yönetimdeki karar verme yeteneklerini artırmak ve ayrıca zaman, para ve personel tasarrufu sağlamak amacıyla coğrafi varlıklara ilişkin grafik ve non-grafik verilerin çeşitli kaynaklardan toplanması, bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, analizi ve sunulması fonksiyonlarını bütünlük olarak yerine getiren donanım, yazılım, coğrafi veri ve personel bileşenlerinden oluşan bir bütündür.

Coğrafi bilgi sistemi tanımında yer alan temel fonksiyonlardan coğrafi bilgi toplama, depolama ve işleme fonksiyonları, coğrafi veri tabanının oluşturulmasına yöneliktir. Bu fonksiyonlar kullanılarak grafik ve non-grafik veriler bilgisayar ortamına aktarılır, gerekli düzeltmeler yapılır, gerekli koordinat/projeksiyon/datum dönüşümleri yapılır, yapılandırılır, aralarındaki mantıksal ve topolojik ilişkiler kurulur ve sonuçta coğrafi veri tabanı kullanıma hazır duruma getirilir.

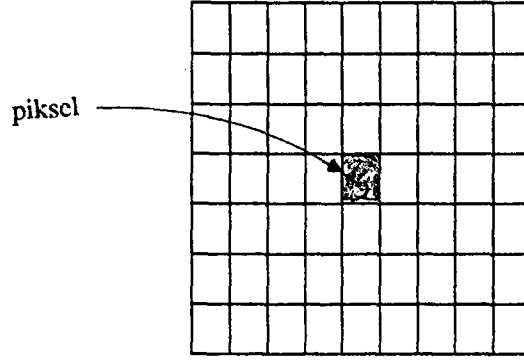
Diğer taraftan "Coğrafi Bilgilerin Analizi" fonksiyonu, oluşturulan coğrafi veri tabanının amaca ve uygulama alanına göre kullanılmasını ve böylece kullanıcıların CBS'den beklentilerinin karşılanmasını hedefler. Analiz sonrası elde edilen sonuçlar "Coğrafi Bilgilerin Sunuşu" fonksiyonu ile kullanıcılara ulaştırılır (Bank/Taştan, 1994).

Coğrafi bilgi sistemleri (GIS) kısaca nesnelere arasındaki ilişkileri de göz önüne alan veri tabanları olarak tanımlanabilir. GIS'in bilgisayar destekli harita üretiminden olan en önemli farkı, grafik veriler ile grafik olmayan verilerin ilişkilendirilmesidir. CBS çalışmalarında önemli yeri olan veri toplama işleminin genellikle fotogrametri aletleri tarafından yapılması üzerine, özellikle analitik fotogrametri sistemlerinin bünyesinde CBS yazılımları da yer almaya başlamıştır. Örnek olarak Zeiss analitik aletlerinde Phocus, Kern analitik aletlerinde Infocam ve Wild analitik aletlerinde System 9 verilebilir.

7.1. Coğrafi Bilgi Sisteminde Veriler ve Fotogrametrik Olarak Veri Toplama Yöntemleri

Coğrafi bilgi sistemlerinde veriler raster, veya vektör formatta bulunurlar. Vektör veriler nokta, çizgi, ve alan biçiminde raster veriler ise fotoğraf veya uydudan direkt sayısal olarak gelen kayıtlar şeklindedir.

İki boyutlu şeklin bilgisayarda raster teknikte temsil edilmesinde, şekli içeren grafik alan üzerinde bir grid ağı oluşturduğu düşünülür. Grid ağını oluşturan herbir kare "piksel" olarak adlandırılır. (Sarbanoğlu, 1990) Grid ağı bir matris gibi düşünülür ve herbir piksel bu matrisin elemanlarını temsil eder.



Şekil 7.1. Piksel

Raster teknikte, bir grid ağının karesinin her yerinde aynı detayın olduğu varsayılır. Buna göre gösterimin inceliği piksel ile ters orantılıdır. Raster verilerin depolanmasında genel olarak zincir kodlama (chain code), blok kodlama (block code), sıralı kodlama (run-length code) ve dörtlü ağaç kodlama (Quad-tree) yöntemleri kullanılmaktadır. Çalışmanın amacını açtığı için bu yöntemler ele alınmayacaktır.

Raster formatta bilgiler daha önce üretilen vektör haritaların veya fotoğrafların scanner (tarayıcı) ile taranması ile elde edilir. Bunun yanında LANDSAT ve SPOT uydularından alınan stereo görüntüler de raster formattadır.

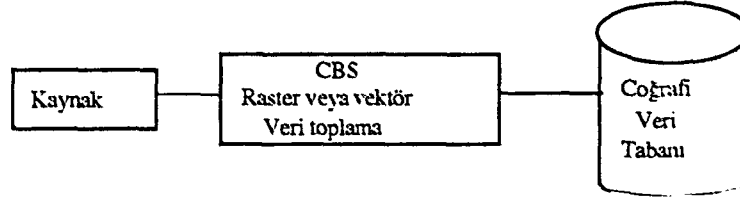
Vektör teknikte, detaylar geometrik elemanlar olarak nokta, çizgi ve alan (poligon) detaylar olarak ele alınırlar. Nokta detaylara kuyu ve elektrik direkleri çizgi detaylara yollar, akarsular alan detaylara ise parseller, binalar örnek olarak verilebilir.

Vektör teknikte grafik veri toplamada ençok el (manuel) sayılaştırıcılar ve stereo sayılaştırıcılar kullanılır. Vektör veri elde etmenin bir yoluda raster formattaki verilerin vektör formata dönüştürülmesidir. Modern yazılımlarda rasterden vektöre vektörden rasterye dönüşüm yapan programlar mevcuttur. Elde edilen vektör verilerinin depolanması beş türlü olmaktadır. Basitten gelişmiş olana doğru bir sıralama yapılırsa;

- Yapısallaştırılmış vektör veri yapısı
- Spagetti veri yapısı

- Kenar-Düğüm veri yapısı
 - Topolojik Kenar-Düğüm veri yapısı
 - Tam topolojik veri yapısı
- şeklindedir (Sarbanoğlu, 1990).

Bir Coğrafi Bilgi sisteminde veri tabanının oluşturulmasında iki modül vardır.



Şekil 7.2.

Birincisi veri toplanacak kaynak ikincisi ise veri toplama yöntemi ve araçlardır. Coğrafi Bilgi sisteminde veri toplama yöntemleri şöyle sıralanabilir.

- Sayısallaştırma
- Tarama
- Uzaktan algılama
- Jeodezik arazi çalışmaları
- Alfasayısal bilgi girişi
- GIS kütüğü ithal
- Fotogrametrik kıymetlendirme

Sayısallaştırma manuel (elle) olarak yapılır. Kaynak daha önce üretilen vektör haritalardır. Bu haritalar sayısallaştırma masalarına yerleştirilir. Cursor ile detaylar sayısal formatta bilgisayar ortamına aktarılır.

Tarama ile raster formatta veriler toplanır. Kaynak materyal eski haritalardır. Kaynak materyalin tüm yüzeyi scanner dediğimiz tarayıcılar ile çizgi halinde taranarak kaynağın gri tonlarında kopyasını çıkarır. Raster yapıda kopyalanan harita program vasıtasıyla vektör yapıya çevrilir.

Uzaktan algılama da kaynak yeryüzünün veya objenin kendisidir. Uydulardan CCD kameralarla çekilen stereo resimler sayısal olarak raster formatta elde edilir.

Coğrafi verilerin arazi ölçümünden toplanması ise total station ve GPS aletleri ile olmaktadır. Total-station verileri ASCII kodludur. Bu kütükler dönüşümden geçirilerek üç boyutlu arazi koordinatlar hesaplanır. Daha sonra tekrar bir dönüşümle coğrafi bilgi sistemine aktarılır.

GPS aletinde ise arazide ölçülen (toplanan veriler) direk olarak bilgisayar ortamına aktarılır. Dengeleme işlemlerinden sonra veriler coğrafi bilgi sistemine aktarılır.

Alfasayısal bilgi girişinde yazılı bilgiler ve belgeler bilgisayar klavyesi ile bilgisayar ortamına tek tek elle girilir.

Daha önce sayısal olarak üretilmiş haritalar veya diğer bilgiler yeni oluşturulan coğrafi bilgi sistemine aktarılabilir. Bu yolla veri elde etmede *coğrafi veri tabanı ithal etme* olarak bilinir.

Fotogrametrik olarak veri toplamada kaynak hava fotoğrafları veya stereo uydu görüntüleridir.

Analog aletlerde ölçüler mekanik aktarma organlarıyla direkt çizim masasına aktarılmaktaydı. Daha sonra mekanik aktarma organlarının yerini bilgisayarlar almış ve ölçüler direk olarak çizilmiştir.

Bilgisayarların gelişmesiyle analitik aletlerde x,y ve z değerleri önce diskette depolandı ve daha sonra çizdirildi. Analitik aletlerin bir sonraki gelişmesinde de diskte toplanan verilerin editlenmesi ve etiketlenmesi sağlandı. Günümüzdeki analitik aletler ise süper imposition denen çalıştırma monitörü eklenerek diskteki grafik kütüğü farklı renkte model üzerine çakıştırarak kıymetlendirme anında çizilen detayı anında görme, kontrol ve revizyon gibi yeni olanaklar sağlamıştır.

Sayısal kıymetlendirme yeteneğini kazanan analitik aletler modellerden vektörel verileri elde etme yeteneğine sahiptirler. Vektör formunda elde edilen bu veriler direk olarak coğrafi bilgi sistemine aktarılırlar. Bu bilgiler yeniden yapılandırılır ve coğrafi bilgi sistemi veri tabanına aktarılır.

Fotogrametrik olarak elde edilen veriler x,y,z olmak üzere üç boyutludur. Vektör haritaların taranmasıyla elde edilen verilerden bir üstünlüğünde verilerin daha hassas olmasıdır. Örneğin 1/25000 ölçekli bir haritanın taranması ile elde edilen haritanın hassasiyeti 12.5 m ile 25 m arasında değişir. Oysa aynı ölçekte fotogrametrik modelden 1 m hassasiyetle elde edilebilmektedir. Güncelleştirmenin çok ucuza ve çok kısa zamanda yapılması ise ayrı bir avantajdır.

Günümüzde digital fotogrametrik sistemler ile de veri toplanmaktadır. Özel kameralarla (CCD kameralar) sayısal formatta çekilmiş resimler bilgisayar ortamına aktarılır. Bu yöntemde veriler raster yapıdadır. Bilgisayar ortamındaki stereo-sayısal resimler sayesinde ekranda özel bir gözlükle bakmak suretiyle üç boyutlu stereoskopik görüş elde edilir. Analitik aletlerdeki ölçü markası yerine burada cursor kullanılır. Kıymetlendirme Cursor ile yapılır ve bilgiler direk veri tabanına aktarılır. Raster yapıdaki çekilmiş sayısal resimlerden yükseklik modeli otomatik olarak elde edilebilmektedir. Burada her piksele ait paralaks farklarından yararlanılmaktadır.

Fotogrametride son yapılan çalışmalar ise "artificial intelligent" denen yapay zeka üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Bu yöntemin amacı hiçbir insan etkisi olmaksızın bilgisayarda oluşturulan modeldeki verilerin tümünün otomatik olarak elde edilmesidir. Ancak bu çalışmalar istenen sonucu henüz vermemiştir.

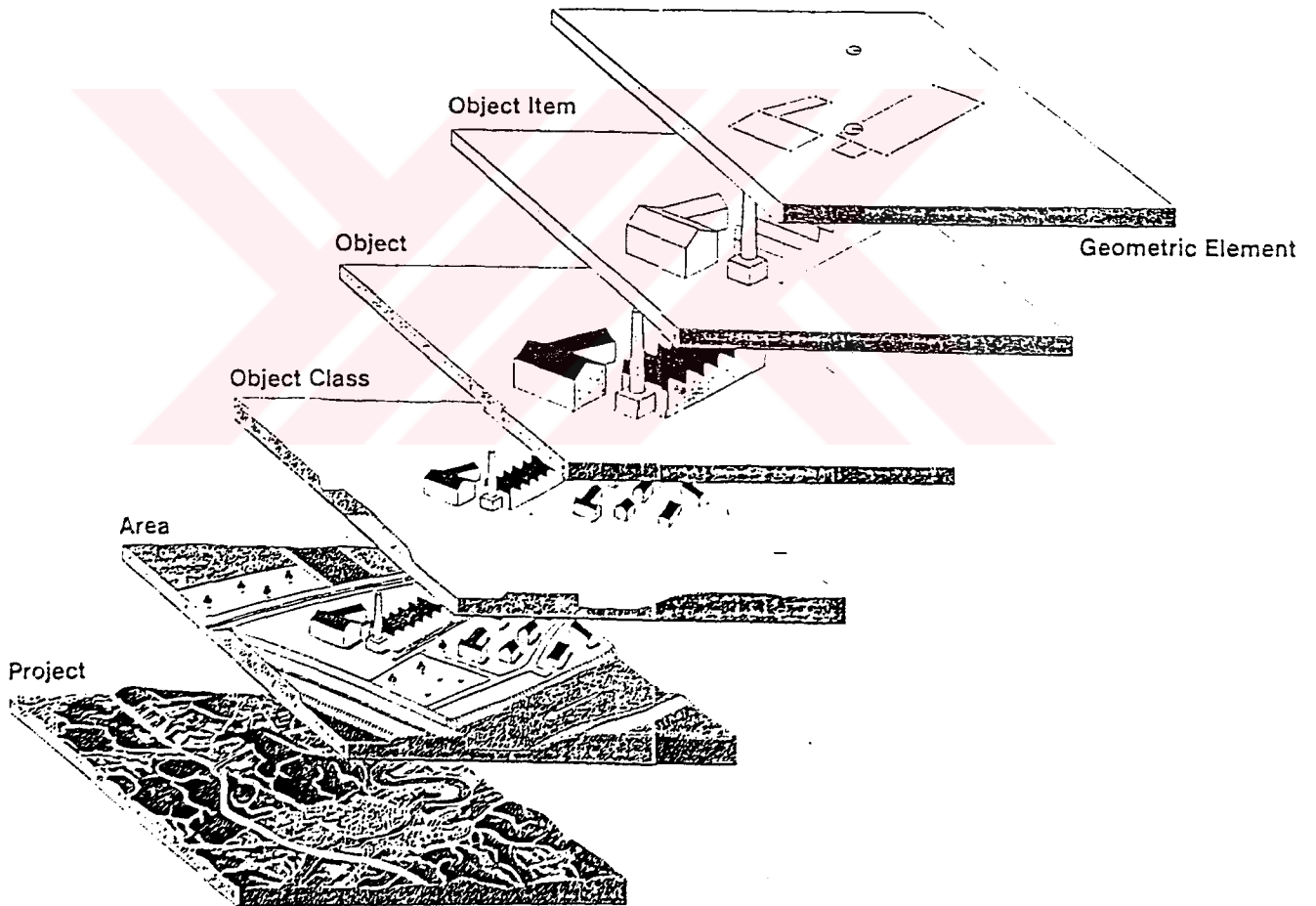
7.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Fotogrametriyle İlişkisi

Coğrafi bilgi sistemlerinde bilgiler katmanlar halinde depolanır. On yıl öncesine kadar bilgisayarda bu katmanları oluşturmak, katmanları üst üste getirmek fikri çok mantıklı bulunuyordu. Ama bilgisayarda bunun gerçekleşmesine ihtimal verilmiyordu. Ancak yeni yazılımlar ve bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler bu imkanı vermektedir. Kent bilgi sistemi oluştururken binalar ayrı bir katmanda, alt yapıya ait bilgiler ayrı bir katmanda, parseller ayrı bir katmanda ve diğerleri ayrı ayrı katmanlarda depolanabilmektedir. Bütün katmanların hepsini ekrana çağırıp yorumlamada, görmede zorlanma yerine istenen katmanlar ekrana çağırabilmekte ve yorumu yapılabilmektedir.

PHOCUS

Object-oriented Data Structure

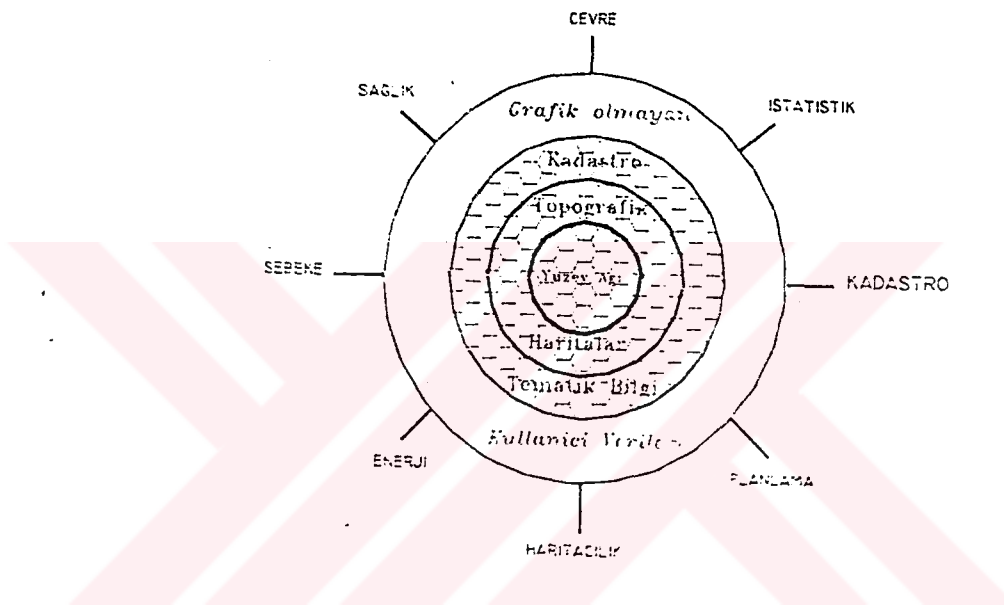
PHOCUS
P Series
Planiscomp



Şekil 7.3. Coğrafi bilgi sisteminin veri yapısı

7.3. Coğrafi bilgi sisteminin veri yapısı

Coğrafi bilgi sisteminde maliyet hesabı yapıldığında uzmanlar donanım maliyetini 1 birim, yazılım maliyetini 10 birim ve veri toplama maliyetini ise 100 birim olarak değerlendiriyorlar. Dolayısı ile ülke çapında bir bilgi sisteminin kurulmasında en büyük maliyeti veri toplama oluşturmaktadır. Coğrafi bilgi sisteminin kullanıcı yapısı incelendiğinde en temel verilerin haritalar olduğu görülür. Bütün işlemler haritalar üzerinde yapılmaktadır.



Şekil 7.4. GIS kullanıcı yapısı

Coğrafi bilgi sistemi ile fotogrametrinin kesişmesi bu noktada başlamaktadır. Fotogrametri coğrafi bilgi sistemine en iyi veri toplama yöntemi olarak devreye girmektedir. Gerek uydudan gelen sayısal verilerden gerekse uçaklar yardımıyla çekilen resimlerden veri toplanabilmekte ve bunlardan özellikle sayısal haritalar üretilebilmekte, ayrıca üretilen bu sayısal haritalar coğrafi bilgi sistemine aktarılabilmektedir. Bu nedenle yeni gelişmekte olan özellikle digital fotogrametrik sistemler coğrafi bilgi sistemleriyle etkileşimli (direkt bağlantılı-on line) çalışmaktadır. Artık haritacılık sektöründeki en güncel konu olan digital fotogrametri ile coğrafi bilgi sistemlerindeki gelişmeleri birbirinden ayırmak imkansız hale gelmiştir.

Kurumlar artık yeni bir sistem kurarken hem digital fotogrametrik yöntemlerle harita üreten hem de bilgi sistemleriyle direkt etkileşimli çalışan (on line) sistemleri kurmaya çalışıyorlar.

Yani hem fotogrametrik yöntemle sayısal harita üretmeyi hem de bilgi sistemlerini oluşturmayı hedeflemektedirler. Örneğin Orman Genel Müdürlüğü bunu büyük bir oranda gerçekleştirmiş durumdadır.

Veri toplama elbette başka yöntemlerle yapılabilir. Ancak aşağıdaki çizelge incelenecek olursa neden fotogrametrik yöntemle veri toplamının tercih edildiği daha iyi anlaşılır.

Tablo 7.1. Veri toplama yöntemlerinin seçimi

Tip	Doğruluk	Malivet	Güncelleştirme
Yersel ölçüm	\pm cm	çok yüksek	çoğunlukla makul değil
GPS	\pm cm (m)	yüksek	veni gelişen teknoloji
Hava fotoğraflarından	\pm dm	makul	periyodik
Varolan haritaların taranması	\pm m	en ucuz (Fakat haritaların tip ve kalitesine bağlı olarak her durumda uygulanmayabilir).	mümkün değil
Varolan haritaların sayısallaştırılması	\pm m	ucuz	mümkün değil

7.4. Verilerin Depolanması

GIS tanımında yer alan temel fonksiyonlardan coğrafi bilgi toplama, depolama, işleme fonksiyonları coğrafi veri tabanının oluşturulmasına yöneliktir. Bu fonksiyonlar kullanılarak grafik ve non-grafik bilgiler bilgisayar ortamına aktarılır, bilgiler yapılandırılır ve coğrafi veri tabanı kullanıma hazır duruma getirilir.

Coğrafi bilgi verileri bir bütün olarak saklanabildiği gibi paftalama sistem ile veri tabanında karolar halinde depolanabilir. Çok hızlı ve etkin erişim, güncelleştirme ve işlem yapılabilmesi için bu paftalama yapısı gereklidir. Yerel harita paftaları ile, il veya ilçe sınırları, havza sınırları mahalle sınırları gibi düzensiz sınırlar bu sistemde kullanılabilir. (Sözüt/Tanıkut, 1995). Haritacılıkta enlem ve boylama göre paftalamada mümkündür.

CBS yazılımları kendilerine özgü veri tabanlarının yanında SQL, RDB, ORACLE, INGRES ve INFORMIX gibi ilişkisel veri tabanlarını da kullanabilirler. Bu veri tabanlarının birbirine veri aktarması da mümkün olmaktadır. İlişkisel veri tabanlarının en önemli özelliği sorgulama yapabilmektedir.

Üç türlü coğrafi sorgulama yapılabilir.

a- Grafik bilgilerden grafik olmayan bilgileri sorgulama : Örneğin ekrandaki bir binanın üzerine cursor getirilip ilgili tuşa basıldığında binanın alanı, çevresi, sahibi vb. daha önce girilmiş bilgiler ekrana gelir.

b- Grafik olmayan bilgilerden grafik bilgileri sorgulama : Veri tabanından ilgili komutlar verilerek alanı 200 m²'den büyük mesken olarak kullanılan evleri ekrana çiz komutu verilince bu bilgilere uyan evler ekranda görüntülenebilir.

c- Grafik olmayan bilgilerden grafik olmayan bilgileri sorgulama : Örneğin alanı 300 m²'den büyük ve mesken olarak kullanılan bina sahiplerinin isimleri, istenebilir. Dolayısıyla grafik olmayan bilgilerden grafik olmayan bilgilerden sorgulaması yapılmış olur.

Coğrafi Bilgi sistemlerinde bu sorgulamaların yapılabilmesi çok çeşitli disiplinlerde çok amaçlı olarak kullanılmaktadır.

8. TÜRKİYE'DE FOTOGRAMETRİK HARİTA ÜRETİMİ YAPAN KURULUŞLAR

Fotogrametrik harita üretimi ülkemizde en etkin olarak 4 kuruluş tarafından yapılmaktadır.

- Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
- Karayolları Genel Müdürlüğü
- Orman Genel Müdürlüğü
- Harita Genel Komutanlığı

8.1. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü

Tapu kadastro Genel Müdürlüğü, yasalarla öngörülen, modern tapu sicil sistemini kurmak, kadastro topografik haritaları üretmekle görevlendirilmiştir. Ülkemizin ihtiyacı olan 1/5000 ölçekli haritaları yapma yetkisine sahip olan 2 kuruluşun birisidir. Harita üretimini fotogrametrik olarak yapmakta ve bu üretim safhasında hiç bir kuruluşun yardımına gerek kalmamaktadır. Yani uçuş işleminden arşivlemeye kadar harita üretimindeki bütün işlemleri kuruluşun kendi bünyesindeki aletler ve tecrübeli personeli tarafından yapılmaktadır.

Planlamaya alınan yerlerin uçuşu yapılmadan önce nirenği ekiplerince yer kontrol noktaları tesis edilir. Gerekli ölçümler yapılır. Uygun mevsimde ve zamanda ekipleri o bölgenin uçuşunu gerçekleştirir. Çekilen filmlerin banyo işlemleri yapılır. Filmlerin kartları ve diapozipleri hazırlık servisine verilir. Hazırlık servisi, resimlerin bindirme oranları, uçuşta kolon açıklığı olup olmadığını kontrol eder. Ayrıca yer kontrol noktaları resimler üzerinde bulunarak kırmızı kalemle işaretlenir. Filmler Havai Nirenği Şubesine gelir. Burası fotogrametrik harita üretiminin can damarıdır. Havai nirenği şubesinde tekrar bir hazırlık başlar. Bağımsız modellere veya ışın demetlerine göre yapılacak dengeleme türüne göre kolon bağlama, model bağlama noktaları PM.1 nokta işaretleme aleti yardımıyla atılır. Daha sonra model ve resimlerin ölçümü ZEİS PLANICOMP P2 aletinde yapılır. Ölçüm işlemi bittikten sonra hesaplamaya geçilir. Dengeleme yapılır ve paftalar açılır. Açılan paftalar kıymetlendirme bölümüne verilir. Burada Wild A8 ve A7 aletlerinde paftaların kıymetlendirmesi mayler denen altlık üzerine kurşun kalemle yapılır. Kıymetlendirmesi yapılan paftalar kartoğraf şubesine gelir. Mayler altlık üzerine kurşun kalemle çizilen detaylar kartoğraflar tarafından kazanır. Gerekli olan eklemeler, yapılır yazılması gerekenler yazılarak paftanın basımının yapılması sağlanır.

Çok kaba olarak Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nde üretim aşaması bu şekildedir. Tez çalışması sırasında çalışma yapılan bölüm havai nirengi ve sayısal değerlendirme şubesi olduğundan buranın tanıtılması, aletlerin teknik özelliklerinin verilmesi ve yapılan işlerin ayrıntılı bir şekilde açıklanması yerinde olacaktır.

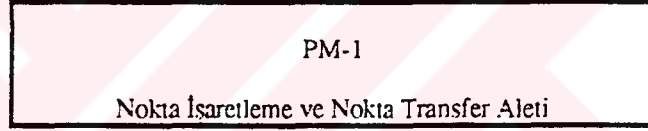
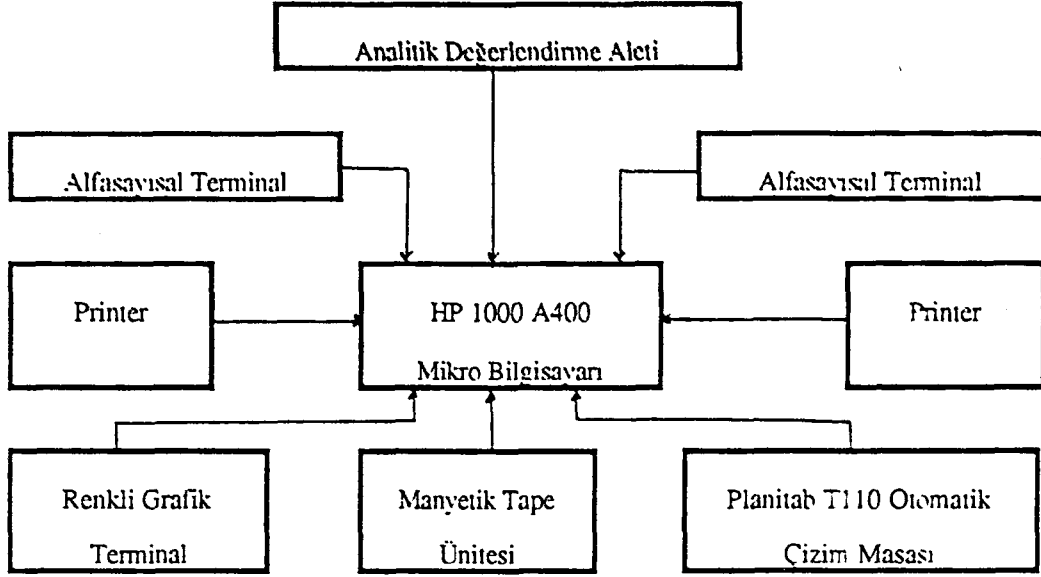


Şekil 8.1. Planicom P2 Aleti

8.1.1.Havai Nirengi ve Sayısal Değerlendirme Şubesi

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nde fotogrametrik nirengi uygulamalarına ilk olarak 1963 yılında başlanılmış ve hesap yöntemi olarak grafik kolon dengeleme yöntemi kullanılmıştır. 1965 yılında IBM 1620 modeli bilgisayar alınmasından sonra, üçüncü derece polinomlarla dengeleme yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmalar 1976 yılına kadar kesintisiz, 1976 yılından sonra 1982 yılına kadar aralıklarla devam etmiştir.

1988 yılında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nce fotogrametrik analitik değerlendirme sistemi satın alınmasıyla fotogrametrik nirengi çalışmalarına yeniden başlanmıştır. Analitik değerlendirme sisteminde, mevcut bütün programların ve aletlerin testleri tamamlandıktan kısa bir süre sonra, fotogrametrik nirengi üretimine geçilmiştir.



Şekil 8.2. Analitik değerlendirme sistem donanımı

8.1.1.1. Analitik Değerlendirme Sistemi Donanımı

Analitik değerlendirme sisteminin donanımında:

- PLANICOMP P2 analitik değerlendirme aleti
- PM.1 nokta işaretleme ve transfer aleti
- HP 1000 A400 mikro bilgisayar
- Renkli grafik terminali
- Otomatik çizim masası
- Manyetik band ünitesi
- 2 adet alfaisayusal terminal
- 2 adet yazıcı bulunmaktadır.

1. Analitik Değerlendirme Aleti

Nirengi ölçülerinin yapıldığı değerlendirme aleti, Planicomp P2:

- Sabit, yüksek, çözümlenmeli optik sistem,
- Ortho, pseudo, binocular sağ, binocular sol gözetleme,
- 7.5* -30* arısında görüntü büyütme,
- 1 mikron ölçü sistemi ayırma gücü,
- 6.5 ile 26mm arasında görüş alanı çapı,
- Ölçü markasının siyah yada ışıklı nokta şeklinde ayarlanabilmesi,
- Karşılıklı yöneltmede altı standart noktaya otomatik gitme,
- Belirli zaman, yol, tüp modunda otomatik gitme,
- Mutlak yöneltmede koordinatlı, ilk üç noktanın kaydından sonra diğer noktalara otomatik gitme,

-Resim taşıyıcı eksenlerinde 35mm/sn hız, gibi özelliklere sahiptir.

2.Nokta İşaretleme Ve Transfer Aleti

Fotogrametrik nirengi çalışmalarında modellerin ve kolonların birbirleri ile bağlanmasında yeteri kadar doğal nokta bulunmadığında, PM.1 nokta işaretleme aletinde diapositifler üzerinde emülsiyon üzerinde ısı etkisi ile yapay noktalar işaretlenir. Bu noktalardan uçuş kolonlarının ortak alanlarında olanları bir resimden diğerine taşınır. PM.1 nokta işaretleme ve taşıma aletinde:

- Görüntü 360 derece döndürülebilir,
- Ayırma gücü 1/120 çizgi/mm,
- Ölçü markası siyah yada ışıklı nokta şeklinde ayarlanabilir,
- 50, 85, 120, 175 mikron çapında işaretleme yapmak mümkündür. -6x ile 22x arasında her iki gözde de görüntü büyütme imkanı vardır,
- 6x büyütmede 28 mm çapında, 22x büyütmede 7 mm çapında bir görüş alanına sahiptir,
- Otomatik işaretleme özellikleri vardır.

Fotogrametrik nirengi uygulamalarında, fotogrametrik nirengi sonuçlarının hassasiyetini etkileyen en önemli unsurlardan biride noktaların bir resimden diğerine taşınmasındaki hassasiyettir. Bu nedenle nokta transferi çalışmalarına büyük özen gösterilmektedir.

3.Bilgisayar

Analitik değerlendirme sisteminde HP 1000 serisinden A 400 mikro bilgisayarı kullanılmaktadır.

Bilgisayar 5 MB anabelleğe sahip olup, ayrıca 81 MB kapasiteli yan bellek ünitesi mevcuttur. HP 1000 A 400 mikro bilgisayarı RTE-A işletim sistemi ile çalışmaktadır.

4.Renkli grafik terminal

Fotogrametrik yöntemle sayısal harita üretiminde ve fotogrametrik nirengi çalışmalarında:

- Grafik verilerin on-line çizimi.
- Grafik verilerin biçimlendirilmesi.
- Sembol üretilmesi gibi amaçlar için renkli grafik terminal kullanılmaktadır.

5.Manyetik bant ünitesi

Fotogrametrik nirengi çalışmalarında, ölçü ve dengeleme sonuçlarının arşivlenmesi, gerektiğinde başka sistemlere bilgi aktarılması amacıyla IBM uyumlu 2400 feet'lik karakter yoğunlu 1600 bpi (bit per inch) olan manyetik bantların kullanıldığı bir manyetik bant ünitesi mevcuttur.

6.Yazıcı

Fotogrametri nirengi ölçü ve hesaplarının, yazılı olarak saklanması amacıyla kullanılan 2 adet printer (yazıcı) mevcuttur.

7.Otomatik çizim masası

Analitik değerlendirme sisteminde, çizgisel harita üretimi için yüksek doğruluk, bir eksen boyunca 37 mm/s hız, teğetsel yönetim başlığı kullanarak kazımaya elverişli altlıklara çizim yapma, alttan aydınlatma ve vakum plaka özelliklerine sahip otomatik çizim masası kullanılmaktadır. Masanın yatay yada 70 dereceye kadar eğimli kullanma imkanları vardır.

8.Alfasayısal terminaller

Sistemde bulunan 2 adet alfa sayısal terminalin biri fotogrametrik nirengi uygulamaları ve sayısal harita üretimi çalışmalarında kullanılırken, diğesinde ise aynı anda bağımsız modellerle blok dengelemede kullanılacak yer kontrol noktaları kütüğü oluşturma ve dengeleme hesapları yada bunların da dışındaki diğer programların çalıştırılması sağlanmaktadır.

9.Yazılım (software)

Sistemin ana yazılımı PHOCUS'tur. PHOCUS altında 54 programı vardır. Bunlardan her kuruluş kendi ihtiyacı olan programları alır ve işine yaramayan programlar için para ödemez. Örneğin Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'ne yol projesi ile ilgili olan programı almanın bir anlamı yoktur. İşletim sistemi RTA'dır.

PHOCUS'un fotogrametrik çalışmalarında kullanılan yazılımlar PSOFTWARE adı altında gruplandırılmış olup, bu grupta;

- Analitik aletin kalibrasyonu,
- Kamera verilerinin yönetimi,
- Yer kontrol noktalarının editi,
- İç, karşılıklı ve mutlak yöneltme işlemleri,
- Analitik aletin parametrelerinin değiştirilmesi (resim taşıyıcılarının hızı el çarklarının görevinin değiştirilmesi gibi),
- Bir noktaya yada model içerisindeki verilen koordinatlara otomatik konumlandırma,
- Resim taşıyıcıları referans kontrolü,
- Model datalarının korunması, gibi programlar yer almaktadır.

Fotogrametrik nirengi dengeleme hesapları için, PAT-MR bağımsız modellerle blok dengeleme programı ile, ışın demetleri ile blok dengeleme programı PAT-B kullanılmaktadır (bu programlar daha sonra açıklanacaktır).

Bunun yanında sayısal arazi modeli oluşturmak için ölçüm yapmayı sağlayan PROSA programı yapılan bu ölçüleri hesaplayan SCOP(Stuttgart Contour Program) yazılımı mevcuttur.

8.2. Karayolları Genel Müdürlüğü

Fotogrametrinin en yaygın kullanım alanlarından birisi de karayolu projelendirme çalışmalarıdır. Yapılan çalışmalar oldukça iyi sonuçlar vermekte olup zaman, hız, ekonomik avantajları nedeniyle Karayolları Genel Müdürlüğü'nde kullanılmaya başlanmıştır.

Fotogrametrinin karayollarında ki uygulaması:

1/25 000 ölçekli haritalardan tasarlanmış yol güzergahı için büro ve arazi istikşafı tamamlandıktan sonra arazi çalışmalarına başlanır. Arazi çalışmaları nirengi noktalarının tesisi ve ölçüsü olmak üzere iki guruba ayrılır.

Tesis edilecek nirengi noktaları fotoğrafın kıymetlendirilmesi için gerekli yoğunluğu sağlayacak şekilde ve tasarlanmış yol eksenini içine alacak biçimde eksenin sağında ve solunda olmak üzere iki dizi halinde döşenir. Nirengiler bir önceki ve sonraki noktayı görecek biçimde ve kenar uzunlukları 750 m'yi geçmeyecek şekilde zeminde tesis edilir. Bu noktaların fotoğrafta net görünebilmesi için etrafına taşla blokaj yapılarak beyaz kireç veya asfalt boyası ile boyanırlar. Bu

işlemlerden sonra nirengi noktalarının açı ve mesafe ölçüleri yapılır ve ülke nirengi ağıının en az III. derece noktalarına bağlanarak arazi çalışmaları tamamlanır.

Araziden elde edilen bu ölçüm bilgileri ile hesaplar yapılarak nirengi noktalarının X, Y, Z değerleri hesaplanır. Güzergahın havadan fotoğrafı Harita Genel Komutanlığı'na uçularak alınır. Fotoğraf ölçeği istenilen haritanın ölçeğine bağlı olarak tesbit edilir. 1/2000 ölçekli harita için fotoğraf ölçeği 1/7000-9000 olarak alınır. Elde edilen fotoğraflar üzerinde tasarlanmış yol eksenini nirengi noktaları ve kıymetlendirilecek koridor işaretlenerek değerlendirme aşamasına geçilir.

Jeodezi ve Fotogrametri Şube Müdürlüğü fotogrametrik çalışmalarını 1970 yılından beri sürdürmektedir. İlk 1970 yılında satın alınmış WILD BSS modeli analog ve 1991 yılında satın alınan ZEISS P3 PLANICOMP analitik kıymetlendirme aleti bulunmaktadır. 1961 yılında çıkarılan 203 sayılı yasa ile fotogrametrik harita üretimi yalnızca Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne verildiğinden mevcut analog alet ile proje amaçlı kullanılmakta olup, enkesit ve boykesit ölçümü yapılmakta idi.

Bu aletin hassasiyeti +20 mikron olup ortalama günde 1 km enkesit bilgisi elde edilebilmektedir. 1987 yılında 203 sayılı yasa ile yapılan değişiklikle 1/5000 ve daha büyük ölçekli fotogrametrik harita yapımı özel ve tüzel kişilere de tanınmasıyla genel müdürlükte fotogrametrik çalışmaları modernize etmek, proje üretiminde otomasyona geçilmesi planlanmıştır. Bu amaçla 1991 yılında ZEISS P3 PLANICOMP modeli satın alınarak, 1992 Temmuz ayında monte edilmiş ve eğitimini takiben harita üretimine başlamıştır.

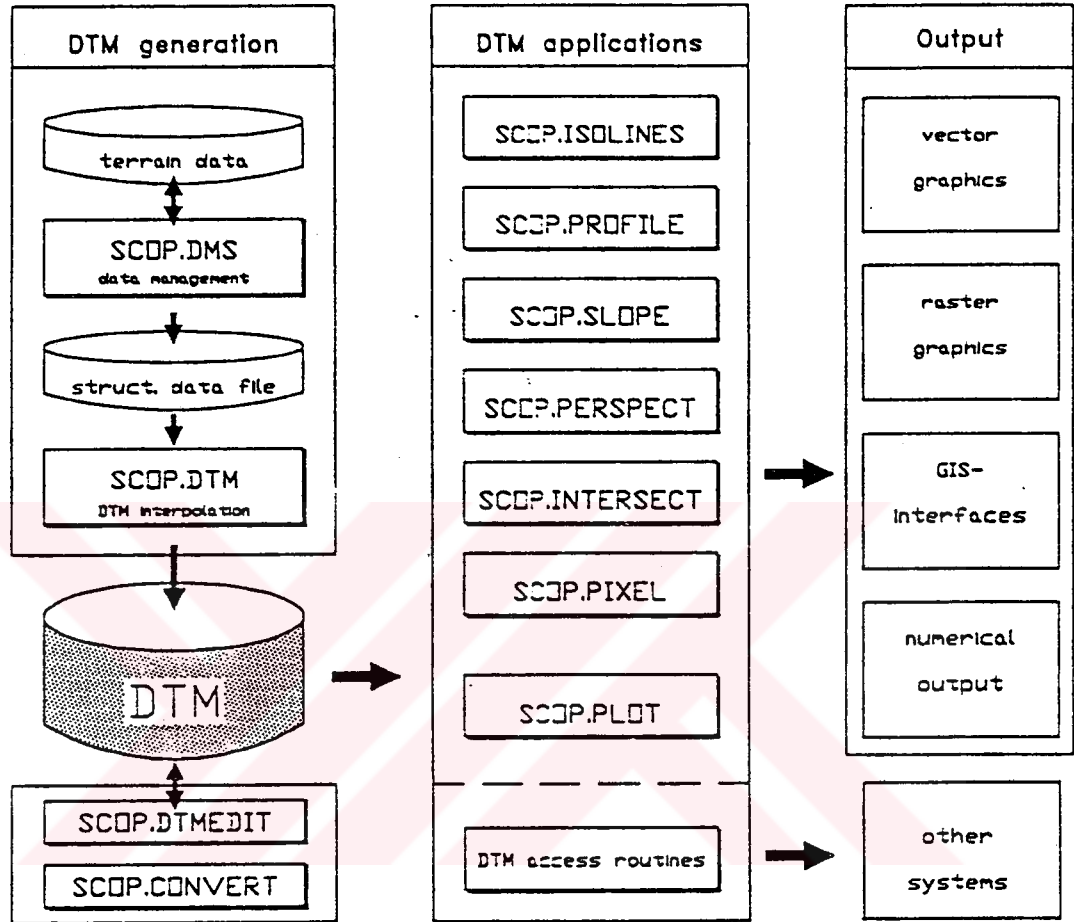
P3 analitik kıymetlendirme aleti bilgisayar ile donatılmış olup, modelin ayarından başlayarak tüm harita ve proje bilgilerinin elde edilmesine kadar sistemde bulunan bilgisayar programları aşama aşama kullanılarak sistem çalışmaktadır. Aletin hassasiyeti ± 3 mikron olup 1/8000 ölçeğindeki fotoğraf için hassasiyet ± 2.4 cm'dir. Operatörün, filmin ve jeodezik noktalardaki giderilemeyen ölçü hataları eklendiğinde $\pm 8-10$ cm'lik bir doğruluk elde edilmektedir.

Etüd haritasının oluşturulması iki aşamada yapılmaktadır. İlk aşamada model belli aralıklarla taranarak sayısallaştırılmakta daha sonra planimetrik detaylar (yol, şev, bina vs.) ölçülmektedir. Her iki guruptaki ölçümler bir araya toplanarak arazinin sayısal modeli oluşturulmaktadır. Sayısal arazi modelinden ise düzeye eğrili haritalar elde edilmektedir.

Hazırlanan haritalar üzerinde proje mühendislerinin yol güzergah çalışmasını tamamlamasından sonra yol eksenine ait enkesit ve boykesit bilgileri sisteme yüklenerek enkesit değerleri otomatik olarak sayısal arazi modelinden istenilen aralık ve sıklıkta elde edilmektedir.

Enkesitlerin kaçar metre ara ile alınacağı, bunların haricindeki özel olarak enkesit alınmasını istenilen noktaların kilometresinin değerinin bilgisayara girilmesiyle program otomatik

olarak enkesitleri ve boykesitleri çıkarmaktadır. Bütün bu işlemler SCOP programlarıyla yapılmaktadır. SCOP sayısal arazi modellerinin oluşturulması ve uygulamaları için geliştirilmiş modüler bir programdır. SCOP modülleri aşağıda görülmektedir.

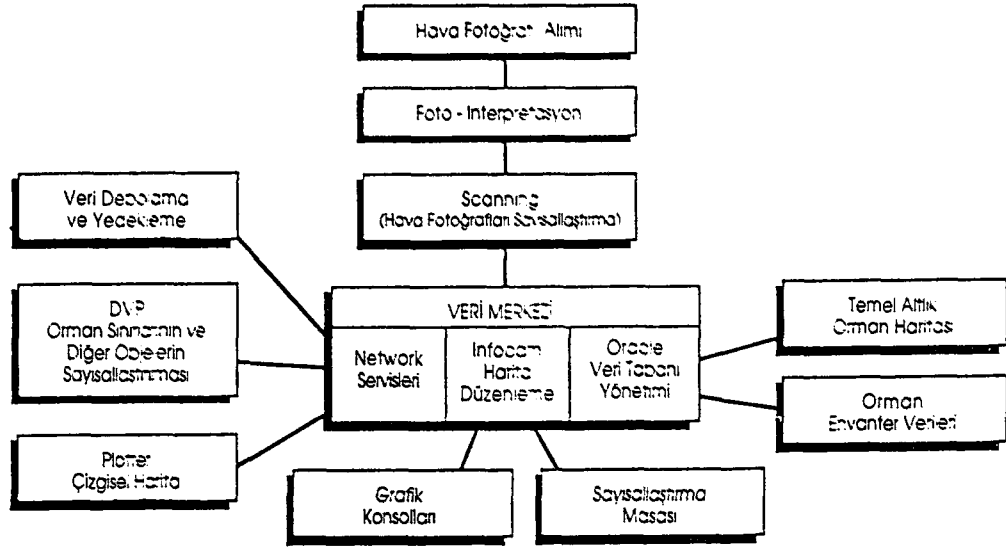


Şekil 8.3. Scob Modülleri

Bu modüller sırasıyla şu işlemleri yapmaktadır:

- SCOP.ISOLINES: Eşyüksekti eğrilerini çizer
- SCOP.PROFILE: Boykesiti çıkarır
- SCOP.SLOPE: Eğim haritasını çıkarır
- SCOP.PERSPECT: Arazi modelinin 3 boyutlu perspektif görüntüsünü oluşturur.
- SCOP.INTERSECT: Önceki ve sonraki arazi modellerinden hacim hesabını yapar.

8.3.Orman Genel Müdürlüğü



Şekil 8.4. Orman Genel Müdürlüğü'ndeki fotogrametrik harita üretimi veri akışı

Orman Genel Müdürlüğü'nde 1972 yılında Harita ve Fotogrametri Müdürlüğü kurulmuştur. Müdürlüğün görevleri hava fotoğraflarının alımını yapmak, hava fotoğraflarından faydalanarak yorumlama yapmak, bunlardan yararlanarak orman haritalarını üretmek, fotomekanik yöntemlerle harita büyütme ve küçültme, 1/100 000 ölçekli orman haritalarını hazırlamak ve periyodik olarak gerekli revizyonlarını yapmaktır (Alptekin, 1993).

Genel müdürlüğün ihtiyacı olan resimlerin uçuşu 1991 yılına kadar Harita Genel Komutanlığı tarafından yapılmaktaydı. Harita Genel Komutanlığı tarafından çekilen filmler siyah beyazdır. Siyah beyaz resimlerin yorumlanmasında ise ormancılık açısından yeterli sonuç alınmamaktadır. 1991 yılında özel bir sektöre verilen uçuş işleminde renkli film çekimi yapılmaktadır. Halen aynı şirket Orman Genel Müdürlüğü'nün ihtiyacı olan renkli filmleri Kuzey-Güney ya da Doğu-Batı uçuşları ile çekimi yapmaktadır. Uçuş yapmadan önce uçuş planı belirlenir. Bu planda;

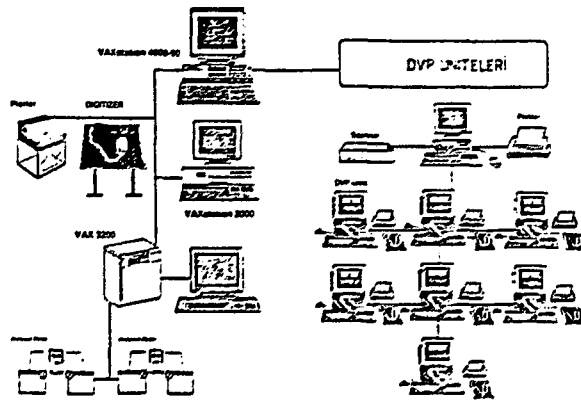
- Fotoğrafı alınacak sahalar
- Fotoğraf ölçeği
- Uçuşun kamera tipi

- Kullanılacak film tipi, kart, diapositif
- İleri ve yan bindirme oranları
- Uçuş için en uygun mevsim ve saati belirlenir.

Uçuş gerçekleştirilir. Uçuştan sonra çekilen filmler Harita Genel Komutanlığı'na teslim edilir. Komutanlıkta askeri amaçlı fotoğraflar kontrol edilerek, askeri olarak yasak bölgeleri içeren fotoğraflar ayrılır. Orman Genel Müdürlüğü'ne teslim edilecek fotoğrafların arka yüzleri damgalanır. Kontrol edilen fotoğraflar Orman Genel Müdürlüğü'nün Hava Fotoğrafı-Harita Mutemedi'ne teslim edilir. Teslim edilen fotoğrafların kalitesi Orman Genel Müdürlüğü'ndeki uzman ekiplerce incelenir. Bu ekip fotoğraflardaki objelerin görüntüsünün netliğini, renk tonu, bulut ve gölge gibi hususları inceler. Üretimde kullanılabileceği onaylanırsa interpretasyon (yorumlama) gurubuna verilir. (Yıldız 1993)

İnterpretasyon gurubu orman mühendislerinden oluşmaktadır. Bu guruba gelen resimlerin 1/25 000 ölçekli paftalarla uyumunu sağlar. Paftalarda uçuş açıklığının olup olmadığına bakılır. Açıklık var ise ilgili kurumlardan hava fotoğraflarının teminine gidilir ve açık kapatılmaya çalışılır.

Yorumlama olayı subjektif yani kişiye özeldir. Yorumlama gurubuna gelen yeni mühendislerin yorumlamada farkı en aza indirmek için özel bir eğitimden geçirilirler. Önce hava fotoğrafları, cep ve aynalı stereoskoplarla ve 1/25 000 ölçekli haritalarla tanıştırılırlar. Hava fotoğrafları ile arazi, hava fotoğrafları ile pafta ilişkileri öğretilir. Esas uzmanlaşacağı konu olan ağaç tiplerinin ayırımı ise en sona bırakılır. Bu eğitim 3 yıl sürmektedir. Uzmanlaşan bu grup tarafından orman sınırları resimler üzerinde işaretlenir. Resimler fotogrametri şubesine verilir.(Ozar 1993)



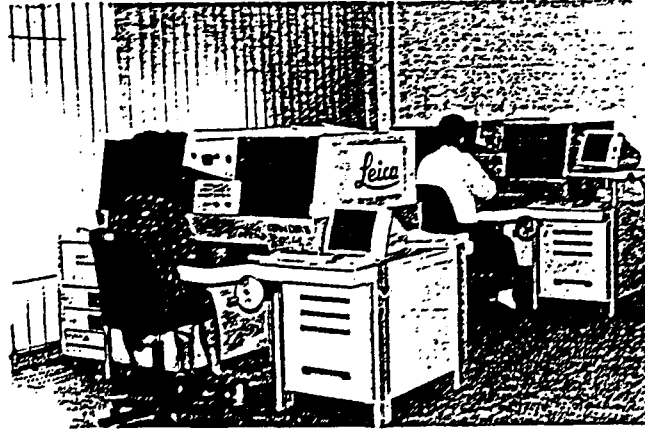
Şekil 8.5. Fotogrametri donanım şeması

Fotogrametri şubesinde veri merkezine veri girişi 3 yoldan yapılmaktadır.

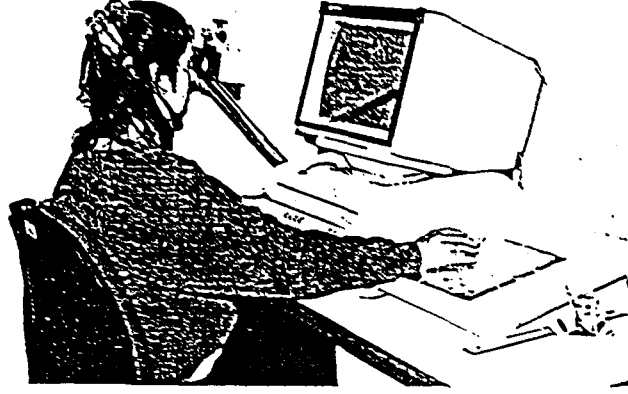
- LEICA-DVP (Digital Video Plotter)
- LEICA-DSR 15 Analitik Plotter
- CALCOMP-Digitizer (Sayısallaştırma masası)
- VERİ TABANI

Renkil kızıl ötesi 1/15 000 ölçekli ve foto yorumları yapılmış hava fotoğrafları veya diapositifleri Sharp JX-600 Scanner kullanılarak "Raster image" elde edilir. Yani fotoğraflar fiziksel bir ortamdan sayısal bir ortama, bilgisayar ortamına atılır. Artık elden ele dolaşan, yırtılan, yıpranan ve haritacılıkta istenmeyen ısı ve nemden dolayı fotoğraf materyalinin çalışması ve bozulması gibi olumsuz etkiler ortadan kaldırılmıştır. Sistem hem siyah-beyaz hem renkli çalışmaktadır. (Şahiner 1993)

Buradan elde edilen dosyalar müdürlükte şu anda 7 adet olan Digital Video Plotter (DVP) ismiyle anılan Micro Computerlere yüklenir. Sistem stereo çalışmaktadır. Operatörler ekranlarında bulunan stereo görüntülerden başta orman tipleri, tarım alanları olmak üzere dereler, yollar, yangın şeritleri, ağaçlandırma alanları, erozyon alanları gibi burada tek tek sayamadığımız bütün verileri kendi kodları ile sayısallaştırırlar. Superimposition yazılımına sahip sistem grafik ekranlarda operatörlere sayısallaştırdıkları detayı görme kolaylığı sağlar. Burada toplanılan veriler veri merkezinde bulunan Vax-4000 ana bilgisayarda INFOCAM Editing ve GIS programı içinde her türlü düzeltme ve düzenleme yapılır. Açık kalmış poligonlar kapatılır, unutulmuş sembol ve isimler yerleştirilir, haritanın çerçeve ve lejandı yapılır ve kullanıma hazır hale getirilir.



Şekil 8.6. DSR 15



Şekil 8. 7. DVP

Bilgisayar ortamında hazır olan bu veriler istendiğinde sadece istenilen bilgileri içerecek şekilde (örneğin sadece çam ormanları, ya da dereler, veya erozyon alanları vs.) ya da istenilen ölçekte (1/1000, 1/5000, 1/25 000, 1/100 000 vs.) sayısal ve çizgisel olarak kullanılabilir.

Haritanın sayısal olarak verilebilmesi bu verileri kullanmak isteyen birimin elinde uygun donanım ve yazılımın olmasını gerektirir. Bu nokta çok önemlidir ve sayısal harita üretmek, eğer birimlerimiz bu verileri sayısal olarak kullanamıyorlar ise anlamsızlaşır. Verinin birimlere hızla ulaşması, sağlıklı ve düzenli bir veri akışı sağlanması ve hızla güncelleştirilmesi gibi yararlarını yok edip sadece bilgisayar ortamında saklamak gibi bir işleve indirgenir. Bu nedenle ormancılığımızın bütün birimlerinde ve hatta Ulusal Bilgi Sistemi içinde yerini alacak biçimde organize edilmesi gereklidir.

Çizgisel olarak ise müdürlükte bulunan çizici (Calcomp-Drum Plotter) ile 10-15 dakika gibi kısa bir sürede çizdirilerek ilgili birimlere çizgisel harita olarak verilir.

Veri merkezine veri girişinin ikincisi DSR 15 isimli analitik aletlerle yapılmaktadır. Bu aletler çok hassas, birinci sınıf fotogrametri aletleri olup standard topoğrafik haritalarının doğruluğunda orman kadastro haritalarının yapımında kullanılmak amacıyla yöneliktir. Havai nirengi, profil alma, otomatik kontur çizme, spot görüntülerinde harita üretme gibi yazılımlara sahip bu ünite çıktıları da birinci girişte olduğu gibi yine ana merkeze gelmekte ve çizgisel çıktılar yine istenildiği gibi kullanılmaktadır.

Üçüncü giriş Digitizer üzerinden yapılmakta ve var olan çizgisel bir harita veya planı bilgisayar ortamına sayısal olarak yüklemekte kullanılmaktadır. Dördüncü giriş ise coğrafi veri tabanı üzerine grafik olmayan envanter bilgiler gibi verileri girerek, veriler arasındaki ilişkiden yola çıkarak her hangi bir bölme içerisinde ne kadar servet olduğunu veya bir Bölge Müdürlüğü içerisinde belli bir çap sınıfı üzerinde kaç hektar orman bulunduğunu gibi, gerekli ve düzenli bilgiyi elde etmek üzere kullanılan bir veri tabanı yönetim birimidir. Burada ORACLE Relational Data Base Management yazılımı kullanılmaktadır. Bu birimde veri girişi diğer birimlerde ki çalışma istasyonları henüz kurulmadığı için müdürlükte ki diğer birimlerden alınan verilerin manual girişi şeklinde yürütülmektedir. Çalışma istasyonları kurulduğunda ise veriler konuyla ilgili birim tarafından kendi istasyonlarından girilerek ana merkeze ulaşacaktır. (Şahiner 1993)

8.4. Harita Genel Komutanlığı

Harita Genel Komutanlığı Milli Savunma Bakanlığına bağlı ayrı bir bütçe ile hizmet veren bir komutanlıktır. Harita Genel Komutanlığı:

- Yurdun savunması için bütün harita ve planların
- T.K.G.M. için lüzumlu haritaların

- Bütün bakanlıklar ile resmi dairelerin lüzum duyacağı haritaların "Bakanlıklar arası harita işlerini koordinasyon ve planlama kurulu" nca tespit edilen vasıf, zaman ve miktarda alımı ve basımı ile görevlendirilmiştir. Yıllık programı aksatmamak kaydıyla lüzum göreceklere acil işlerde yapmakla yetkilidir.

Genel Komutanlık 1925 yılında yersel fotogrametri yöntemiyle 1938'de de hava fotogrametrisi yöntemiyle fotogrametrik harita üretimine başlamıştır. Ülkemizde fotogrametriyi etkin kullanan kuruluş olma özelliğine sahiptir. 28 adet analog aletle dünyanın en büyük analog aletleri bulunan kuruluş ünvanına sahip olmuştur. Yetişkin personeli ile dünyadaki gelişmelere ayak uydurarak analog aletlerin yanında analitik aletler satın alınıp üretimde kullanılmaktadır. Fotogrametrik nirengi ölçümü ve dengelemesi PMI nokta transfer aleti ve Planicomp P2, P3 aletleri kullanılarak yapılır. Dengeleme programı olarak PAT-MR ve PAT-B kullanılmaktadır.

Uydu verilerinin değerlendirilmesinde de kullanılan BINGO yazılımı mevcuttur. Genel Komutanlıkta harita üretiminin yanı sıra fotogrametrik konularda bilimsel araştırmalarda yapılmaktadır.

H.G.K.'nin özel yapısı dolayısıyla yapılan çalışmalar hakkında yeterli bilgi edinilememiş ancak özet olarak anlatılmıştır.

T.K.G.M.'den farklı olarak sayısal harita üretimi yapılmakta ortofoto harita üretimi gerçekleştirilmekte uzaydan alınan sayısal veri ve fotografik görüntülerle orta ölçekli topografik harita üretimi ve revizyonuna yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

8.5. Özel Sektörde Fotogrametri

Özel sektör olarak fotogrametrik çalışmalara başlanmamasının nedeni 203 sayılı yasaydı. Bu yasa sadece özel sektörü değil diğer kuruluşlarda engellemiştir. Örneğin MTA fotogrametrik sistem kurularak üretim yapmak istemiş ancak bu yasaya takılmıştır. 1987 de bu yasanın kaldırılmasıyla özel sektöre fotogrametri yolu açıldı ve büyük projeler özel sektör tarafından fotogrametrik olarak bitirilmiştir. Türkiyede fotogrametriye yatırım yapan firma oldukça azdır. Bunların başında ve ilk öncüsü olan MNG daha sonra GAP projesi ile devreye giren STFA ve son olarakta EMİ HARİTA şirketi'dir.

8.5.1. MNG A.Ş.

1987 yılında Fotogrametrik yöntemle harita yapım işi yeni düzenlemelerle özel sektörün faaliyet alanına girince "İstanbul Metropolitan Alanının 1/500 - 1/1000 Ölçekli Sayısal Haritanın Yapım Projesi" ihalesini kazanarak Avrupa ve Ortadoğunun en büyük Sayısal Fotogrametrik Özel Harita merkezini kurmuştur. Amerika Birleşik Devletlerinden alınan 8 adet Intergraph Analitik Aleti ile 87.500 ha olan İstanbul Metropolitan alanının sayısal haritası iki yılda tamamlanmıştır.

MNG A.Ş. 1991 yılında diğer büyük bir projeyi DSİ Genel Müdürlüğünden almış ve 195.000 ha lık Mardin Ceylanpınar Ovalarının 1/2000 hassasiyetinde 1/5000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalarını istenen sürede hem sayısal ortamda hem de çizgisel olarak üretmiştir.

Bu arada yurt dışında da aşağıdaki işlerin ihaleleri alınmış ve zamanında bitirilmiştir.

* Ren Nehri (Almanya) ve vadisini Kapsayan 60 km lik güzergahın sayısal arazi modelinin üretilmesi

- * Erfurt (Almanya) şhrinin 1/2000 ölçekli sayısal haritaların yapılması
- * Costa - Rica (Güney Amerika) 1/1000 ölçekli sayısal haritaların yapılması
- * Emscher (Almanya) 1/1000 ölçekli sayısal harita projeleri gerçekleştirilmiştir.

MNG yol projelerine de katkıda bulunmuş Adana-Gaziantep, Dört Yol-İskenderun otoyol güzergahlarının 1/1000, 1/5000 ölçekli ve Gümüşova -Gerede Otoyolunun Bolu dağ geçişinin ise yalnız 1/2000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalarını üretmiştir.

1994 başında Dünya Bankası`na finanse edilen 50.000 ha lık Bursa Metropolitan alanının 1/1000 ölçekli sayısal harita yapım projesini almış ve 16 ayda bitirilmesi hedeflenmektedir.

8.5.2. STFA

STFA nın fotogrametri bölümünde donanım olarak 1 adet analog alet (Wild A8) ve 1 adet de analitik alet (DSR -15) bulunmaktadır. Analitik aletin üreticisi Kern ve Wild firmaların birleşiminden oluşan Leica firmasıdır. Alete bağlanmış bir adet bilgisayar mevcuttur. Bilgisayarda bulunan programlar aşağıdaki gibidir.

LMT : Aleti işleten sistemdir.

PC.PRO-600 : Veri derleme programıdır.

ORİMA : Yönelme programıdır.

PAT - MR : Blok dengeleme programıdır.

* STFA ilk fotogrametri uygulamalarına GAP projesi ile başlamıştır. Proje dahilindeki alanın haritası 1/5000 ölçekli olarak WILD-A8 aletinde yapılmıştır. Resim çekimi yine özel bir firma olan AS mühendislik tarafından gerçekleştirilmiştir.

* STFA da 1992 - 93 yılında İstanbul'un tüm alanının havai nirengi yapılmıştır. Bu proje İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bir kuruluşu olan BELBİM ile ortaklaşa yapılmıştır. BELBİM nirengi ölçümlerinin Avrupa yakasını, STFA da Anadolu yakasını üstlenmiş ve sonuçta bütün ölçüler STFA da PAT-MR programı ile dengelenmiştir.

* Diğer yapılan işler ise BOTAŞ'a ait 2000 km lik güzergahın 1/5000 ölçekli şeritvari haritası 100 paftadan oluşan 1/2000 ölçekli Melen Çayı Projesi bunların yanında bazı kuruluşların 1/5000 ölçekli haritaları üretilmiştir.

8.5.3. EMİ HARİTA A.Ş.

Şirket İstanbulda olup tamamen digital bir üretim hedeflenmektedir. Şu ana kadar gerçekleşen bir porje yok ancak 2 yıl sürecek İstanbul Büyükşehir Belediye'sinin 1987 yılında yapılan sayısal haritanın revizyonuna başlanmış durumdadır. Donanım olarak Zeiss firmasının 9 adet digital aleti ve 1 adet de PS 1 scanner (tarayıcı) var. Sistemlerde yüklü yazılımlar ise

- * 3 boyutlu model oluşturma
- * DTM ölçme modülü
- * AT (Havai nirengi)
- * TOPOSURF (Otomatik DTM oluşturma (korelasyon) yöntemi)
- * OP (Ortofoto üretme programı)
- * PHOCUS stereo üç boyutlu kıymetlendirme programı
- * PAT-B-GPS (Havai nirengi bloklarının ışın demetlerine göre dengeleme programı).

8.6. Türkiyede'ki Fotogrametrik Harita Çalışmaları

Türkiye'de bugünkü teknik esaslara uygun harita yapım çalışmalarına Fransız haritacısı Defforges başkanlığında 1896 yılında Eskişehir civarında yapılan çalışmalarla başlanılmıştır. 1909 yılında Ahmet Şevki Paşa'nın önderliğinde 1/200000 ölçekli haritaların yapımına başlanmış bu haritalar 1925 yılında tamamlanmıştır. 1/25000 ölçekli haritalarının yapımına ise 1925 yılında başlanmış olup 1968 yılında tamamlanmıştır. 1937 yılında bu haritaların üretimine hız vermek amacıyla hava fotogrametrisi kullanılmaya başlanmıştır. Üretilen 1/25000 lik haritalar genelde askeri amaçlar için kullanılmıştır. (Yerci, 1978)

1/25000 ölçekli haritalar sivil hizmetler için (planlama) yetersiz kalmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak içinde 1945 yılında hava fotogrametrisi kullanılarak Harita Genel Komutanlığında (HGK) 1/5000 ölçekli standart topoğrafik haritalar üretilmeye başlanmıştır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (T.K.G.M.) de ise on yıl aradan sonra 1955 de 1/5000 ölçekli haritaların üretimine başlanmıştır.

Görüldüğü gibi ülkemizde 1/25000 ve 1/5000 lik haritalar için özel üretim yapılmaktadır. Diğer haritalar bunların yapımı sırasında elde edilen değer ve dökümanlarla üretilmektedir. Örneğin 1/2500 ölçekli haritalar 1/5000 ölçekli haritaların üretilmesinde kullanılan dökümanlar yardımıyla elde edilmektedir. 1/100000 ölçekli haritalar 1/25000 ölçekli haritanın fotogrametrik yöntemle küçültülmesiyle üretilmektedir. Fakat 1/2000 ölçekli topoğrafik haritalar ile 1/1000 ve 1/2000 ölçeğinde üretilen şehir haritaları için ayrı bir triyngülasyon, resim çekimi ve stereo değerlendirme işlemleri kullanılmaktadır.

8.6.1. Türkiyede Yapılan Bazı Fotogrametrik Haritalar

Ülkemizde değişik ölçekli haritalar üretilmektedir. Bunların hepsi bir amaca hitap etmek için üretilmektedir. Burada fotogrametrik olarak üretilen çeşitli ölçekteki haritalar anlatılacaktır.

8.6.2. 1/25000 Ölçekli Haritalar

1/25000 lik harita boyutları 7.5'*7.5' olup 1/50000 ölçekli haritaların enine ve boyuna ikiye bölünmesiyle elde edilmişlerdir. Yaklaşık alanları 11*13.75 km² dir. Tesviye eğrisi aralıkları 10 m dir. Haritada dere, yol, orman. gibi doğal detaylarla birlikte telefon, yüksek gerilim hatları gibi yapay tesislerde gösterilmektedir.

1925 de başlayıp 1968 de tamamlanan 1/25000 lik haritalar toplam 5559 paftadan oluşmaktadır. Başlangıçta Bonne projeksiyonuna ve plançete yöntemine göre yapılmış bir ara yersel fotogrametri denenmiş fakat bu yöntemden vazgeçilmiş, hava fotogrametrisi yöntemi ve Gauss-Kruger projeksiyonuna göre tamamlanmıştır. Bonn projeksiyonuna göre plançete yöntemiyle yapılan paftalar daha sonra yenilenmiştir. Bu haritalar da siyah, sebye, kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere beş renk kullanılmıştır. Sebye düzeç eğrileri, kırmızı renk toplu yerleşme merkezleri, yeşil renk ormanlık alanlar ve mavi renkte su bilgileri için kullanılmıştır. Siyah renk ise ulaşım ve aktarma çizgileri gibi

ayrıntuların çizimi için kullanılmıştır. Fotogrametrik değerlendirme için gerekli jeodezik noktalar. "havuz yöntemine" göre sıklaştırılmıştır. (Gürbüz, 1976)

Resimler $f= 152 \text{ mm}$ $23*23\text{cm}^2$ lik geniş açılı kameralarla, 1/35000, 1/40000 ölçeğinde çekilmiştir.

1/25000 ölçekli haritaların yapımından bu yana büyük değişiklikler olmuştur. Yeni yollar açılmış barajlar yapılmış, sulama kanalları inşa edilmiş yeni büyük tesisler yapılmıştır. Bu durumda eldeki harita ile arazi arasında bir çelişki yaşanmaktadır. Yani elimizdeki harita araziyi tam olarak yansıtmamaktadır. Bu çelişkiyi gidermek için Harita Genel Komutanlığı (HGK) bu haritaları bir program çerçevesinde yenilemektedir.

Yenileme işleminde, yeni nokta tesisi, hatta bu noktaların resim çekimi esnasında kireçlenmesi bile yapılmamaktadır. Modellerin mutlak yöneltmesinde detaylardan, kot ayarında ise haritalardaki noktadan veya tesviye eğrilerinden yararlanılmaktadır. Operatör modelde ki bütün detayları yardımcısı ile beraber kontrol ederek haritada olmayan yeni detayların çizimini yapmaktadır. Böylece haritaların arazideki değişiklikleri içermesiyle arazi ile bir bütünlük arzemesi sağlanmış olmaktadır. Dolayısı ile harita arazinin son haliyle tam bir benzerini yansıtmış olmaktadır.

8.6.3. 1/5000 Ölçekli Haritalar

Ülkemizde temel topoğrafik harita kabul edilen 1/5000 ölçekli standart topoğrafik (ST) haritaların yapımına 1945 de Harita Genel Komutanlığında başlanmıştır. T.K.G.M'de 1955 yılında ise 1/5000 ölçekli ST harita üretimine başlanmıştır. 1/25000 ölçekli haritaların kenarları beşe bölünerek bir paftadan 25 tane 1/5000 ölçekli harita üretilmektedir. Boyutları yaklaşık $2200 * 2750$ m ye karşılık gelmektedir. (Gürbüz 1976) Resimler 11.5 cm $18*18\text{cm}^2$ veya 15.2 cm , $23*23\text{cm}^2$ lik geniş açılı kameralarla arazinin eğimine göre Doğu-Batı (D-B) veya Kuzey-Güney (K-G) yönünde % 60 boyuna, % 30 enine örtülü olarak çekilmektedir. Resim ölçekleri 1/14000 ile 1/21000 arasında değişmektedir.

Paftalara yol, dere, kanal gibi detaylar çizilmektedir. Bu sınırlar daha sonra tapulama ekiplerince bütünleştirilmekte ve kesinleştirilmektedir. Bu işlemlerle "Standart - Topoğrafik" özellik yanında "Kadastral" niteliğini kazanmaktadır. Tesviye eğrisi aralığı genel olarak 5m dir. Gerek görülen yerlerde 2.5m lik eğrilerde çizilebilir.

1/5000 ölçekli haritaların yapım standartları 17 ocak 1976 gün ve 15471 nolu resmi gazetede yayımlanmıştır. 1/5000 ölçekli Standart Topoğrafik harita yapım yönetmeliğine göre resimler Kuzey-Güney veya Doğu-Batı yönünde çekilmektedir. Boyuna örtü oranı % 60 enine örtü oranı ise % 30 olarak alınmıştır. Nokta sıklaştırmada havuz yöntemi, dizi yöntemi veya havai nirengi kullanılmaktadır.

8.6.4. 1/2500 Ölçekli Kadastral Haritalar

Bu haritalar, Kadastro işlemleri için sadece görülebilen parsel sınırları ile dere, yol, kanal gibi doğal ve yapay detayları içerir. Tesviye eğrisi yoktur. T.K.G.M. tarafından yapılır.

1/5000 ölçekli S.T. haritalar için elde edilen verilerin kullanılmasıyla üretilmektedir. Yani 1/5000 ölçekli S.T. harita için elde edilen stereoskopik modelin çizim masasına intikal oranı değiştirilerek 1/5000 yerine 1/2500 olarak harita çizilmektedir.

Alanları küçük ve 1/5000 ölçekli (ST) haritalarda yeterli büyüklükte gösterilemeyen veya ilerde yapılacak değişikliklerin 1/5000 ölçekli paftalarda gösterilmesi güç olan bölgelerin 1/2500 ölçekli kadastral haritaları yapılmaktadır. 10 Nisan 1974'de yürürlüğe giren "1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Teknik Yönetmelik"e göre 1/2500 ölçekli fotogrametrik haritalar ancak yerleşme alanları dışında yapılabilecektir.

8.6.5. 1/2000 Ölçekli Haritalar

Kurumların çeşitli özel ihtiyaçları için istedikleri bir haritadır. Triangülasyon çalışmaları "1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Teknik Yönetmelik" hükümlerine göre yapılmaktadır.

Detay olarak 1/5000 ölçekli haritalar gibidir. Ancak tesviye eğrileri iki metrede bir çizilir. 1/2000 ölçekli haritalar stereo değerlendirmenin yanında 1/1000 ölçekli fotogrametrik haritaların pantografla küçültülmesiyle de elde edilir.

Kadastro amacıyla yapılan 1/2000 ölçekli haritalar ise düzeye eğrisiz olarak üretilmektedir.

8.6.6. Şehir Haritaları

Genellikle 1/1000 ve 1/500 ölçeğinde yapılır. Fotogrametrik üretildiği gibi klasik yer ölçmeleriyle de üretilmektedir. Şehircilik ve kadaströ çalışmalarında kullanılmaktadır. Şehircilik çalışmaları için üretilen (fotogrametrik veya geodezik) haritalar tesviye eğrilidir. Kadaströ çalışmaları için üretilen haritalarda tesviye eğrisi yoktur.

Günümüzde ki şehir haritaları sayısal olarak üretilmektedir. İlk uygulamasını İstanbul Büyükşehir Belediyesi gerçekleştirdi. Üretim fotogrametrik aletlerle tamamen sayısal olarak gerçekleştirildi. Ankara ve Bursa Büyükşehir belediyeleri de şehir haritalarını üretim çalışmalarına başlamıştır. İzmir ise proje aşamasındadır.

8.6.7. Yol Geçki Haritaları

Karayolu yapım çalışmalarında küçük ölçekli haritalar üzerinde yolun güzergahı işaretlenir. Some noktaları, başlangıç ve bitiş noktası bu harita üzerinde işaretlenir. Sonra bu güzergahın sağında ve solunda belli bir genişlikte ki 1/1000 veya 1/2000 ölçekli haritası yapılır. Yolun kesin ekseni bu haritalarda koordinatlı olarak belirlenir. Kaba olmasına rağmen enkesit ve boykesit çıkarılarak hacim hesabı yapmak mümkündür.

Bu haritalara, doğal detayların yanında, ilerde yapılacak kamulaştırma çalışmalarında kullanılmak üzere, görülebilen parsel sınırları da çizilir. Fakat haritadan asıl istenen yükseklik değerleridir. 2 m aralıklarla geçirilen tesviye eğrilerinden başka çok sayıda yükseklik noktaları belirlenmektedir. Bu noktalar, yolun ortalarına, kavşaklara, eğimin değiştiği yerlere, çukur ve tepelerin en alçak ve en yüksek noktalarına ve gerek görülen diğer yerlere, bir hektarlık alana en az dört nokta düşecek sıklıkta, fotogrametrik yöntemle belirlenirler. (Gürbüz, 1976)

9. UYGULAMA

Bu bölümde tezin asıl hedefi olan analog ve analitik olarak üretilen fotogrametrik haritaların yapım yöntemleri incelenerek kurumlar arası farklılık gösteren bu metodların maliyet, süre kapasite planlaması ve ölçüm inceliği dikkate alınarak karşılaştırmalı çalışma yapılacaktır. Bu amaç için bu bölüme kadar analog ve analitik üretiminin esasları hem bir bütünlük arzemesi hemde daha iyi anlaşılması için detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

T.K.G.M. de analog alet olarak WILD A8 aletinde ve analitik alet olarak da PLANICOMP P2 aletinde çalışmalar yapılmış bu aletlerin kullanımı ve özellikleri detaylı şekilde incelenmiştir. Bu aletlerde uygulamalardan sonra daha önceki yapılan çalışmalar ışığında ve T.K.G.M. nün verilerine dayanarak maliyet-zaman ve incelik araştırması yapılmıştır.

9.1. Analog Alette Uygulama

9.1.1. Wild A8 Analog Değerlendirme Aletinde Yöneltilme İşlemleri

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nde bulunan 16 adet Wild A8 aletinde karşılıklı yöneltilme elemanı olarak ω' , ω'' , φ' , φ'' , κ' , κ'' ayrıca mutlak yöneltilme içinde genel Φ elemanı mevcuttur. Teknik özellikleri şöyledir :

$$f = 98-217 \text{ mm}$$

$$\kappa_1 = \kappa_2 = \pm 20''$$

$$\omega_1 = \omega_2 = \pm 6''$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \pm 5''$$

$$b_x = 65 - 220 \text{ mm}$$

$$\Phi = \pm 4''$$

9.1.2. Wild A8 aletinde iç yöneltme

İç yöneltmeye başlamadan önce alet üzerindeki ω , φ ve κ 'ya ait sayaçlar 100 değerine getirilir. Resimler ışıklı camda uygun pozisyonda yetiştirildikten sonra kasetler alete yerleştirilir. Resim çekim kamerasının odak uzaklığı alete uygulanır.

9.1.3. Wild A8 aletinde karşılıklı yöneltme

Karşılıklı yöneltmede önce orta noktadaki paralaks κ 'lar ile 3. ve 5. nolu noktadaki paralaks φ elemanları ile 5. veya 6. noktadaki ω uygulaması ile paralaks giderilir.

3	4
1	2
5	6

Şekil 9.1. Wild A8 aletinde yöneltme işlemi

Paralaks giderme kesin olarak şu şekilde yapılır :

- Önce 1 nolu standard noktadaki paralaks κ " ile giderilir.
- 2 nolu standard noktadaki paralaks κ ' ile giderilir.
- Tekrar 1 nolu noktada paralaks kontrolü yapılır. Varsa giderilir. 1 ve 2 nolu noktada paralaks 0 oluncaya kadar bu işleme devam edilir.
- 3 nolu noktaya giderek φ " uygulaması yapılır.
- 4 nolu noktada φ ' uygulaması yapılarak paralaks giderilir.
- 3 nolu noktaya tekrar gidilir φ " ile paralaks sıfırlanır. 4 nolu noktaya gelinir. varsa paralaks giderilir. 3 ve 4 nolu noktalarda paralaks sıfırlanıncaya kadar bu işleme devam edilir.
- 5 veya 6 nolu noktada ω uygulaması yapılır. Burada paralaks giderme diğer noktalardan biraz farklı olur. Paralaks tam olarak sıfırlanmaz. Düzeltilmiş ω uygulaması yapılır. Pratikte bu işlem

şöyle yapılır : 5 veya 6 nolu noktada ω 'nın başlangıç değeri 100 iken paralaks giderildikten sonra sayaç değeri okunur. Örneğin paralaks giderildikten sonraki değeri 102.60 olsun.

$102.60 - 100 = 2.60 = \Delta\omega$ farkının yarısı ω 'ya ek olarak düzeltme getirilir. Yani sayaç $102.60 + 2.60/2 = 103.90$ değerine getirilir.

ω bütün noktalarda etkili olduğundan paralaksı giderilen yerlerde tekrar paralaks oluşmuştur. Bu nedenle 1 nolu standard noktaya gidilir. 1'den 7'ye kadar olan işlemler tekrar edilir.

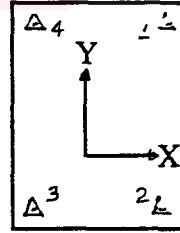
5 nolu noktada paralaks o çıkınca 6 nolu noktada kontrol edilir. Paralaks varsa yine $\Delta\omega$ 'nın yarısı ω 'ya eklenerek düzeltilmiş ω uygulaması yapılır ve 1 den 7 ye kadar olan işlemler tekrar yapılır. Bütün noktalarda paralaksı sıfırlanınca karşılıklı yöneltme bitmiş mutlak yöneltme yapılacak seviyeye gelinmiştir.

9.1.4. Wild A8 aletinde mutlak yöneltme

- Yaklaşık baz ayarı yapılır.

Yaklaşık baz ayarında paftanın dönüklüğü alınır. Baz ayarı yaklaşık olarak yapılır.

- Yükseklik ayarı (Ω uygulaması) yapılır.



Şekil 9.2. Wild A8 aletinde mutlak yöneltme

Yükseklik ayarına Ω uygulaması da denir. Ω uygulaması için modelde Y yönünde en uzak 2 nokta seçilir (örneğin 1 ve 2 nolu nirengi noktaları veya 3 veya 4 nolu nirengi noktaları gibi). Model içinde 1 nolu noktaya gidilir ve ölçü markası tatbik edilir. Nirenginin kotu Z çarkındaki sayaç yardımıyla gerçek kot değerine bağlanır.

- 2 nolu nirengi noktasına gidilir. Ölçü markası zemine tatbik edilir ve kot değeri okunur. Nirenginin arzideki gerçek değeri ile Z çarkının sayacından okunan değer arasındaki fark hesap

edilir. Örneğin sayaç değeri 1020 gerçek arazi değeri 1000 m olan nirengi noktasına $1020-1000 = 20$ m'lik fark oluşur. Bu değer yarısı Z sayacında verilir. Yani sayaç 1010 değerine getirilir. Müşirler bu durumda birbirinden ayrılmış olacaktır. Bunların birleştirilmesi ω 'ların yardımı ile olur. ω 'lar aynı yönde ya ikiside soldan sağa yada sağdan sola çevrilerek müşirler birleştirilir.

- 1 nolu nirengi noktasına gidilir. Z sayacı olması gereken gerçek arazi değerine bağlanır. Tekrar 2 nolu nirengi noktasına gidilir. Yukarıdaki yapılan işlemler tekrar edilir. İşlemlere 1 ve 2 nolu nirengi noktalarında gerçek arazi kotu sayaçtan okununcaya kadar devam edilir.

- Genel Φ uygulaması yapılır.

Ω uygulaması Y yönünde en uzak iki noktada yapılırken Φ ise X yönünde en uzak iki nokta arasında yapılır (örneğin 2 ve 3 veya 1 ve 4 nolu nirengi noktaları)

- 2 nolu nirengide Ω uygulaması yapıldığından 3 nolu nirengi noktasına gidilir. Z sayacından kot değeri okunur. Aradaki fark hesap edilir (arazi değeri ile Z sayacı arasındaki fark). ω uygulamasında olduğu gibi bu farkın yarısı Z sayacı yardımıyla verilir. Ayrılan ölçü markaları Φ ile birleştirilir tekrar 2 nolu nirengi noktasına gidilir. Gerçek arazi değerine bağlanır ve 3 nolu nirengi noktasına gidilir. 2 ve 3 nolu nirengide araziyle uygunluk sağlandıktan sonra tekrar 1 nolu nirengi noktasına gidilir. Z sayacından kot okunur. Fark varsa 1 ve 2 nolu nirengi noktasında tekrar Ω uygulaması yapılır. Ω uygulamasından sonra Φ uygulaması yapılır. 1.2 ve 3 nirengilerde sayaçtan gerçek arazi değerleri okununcaya kadar iterasyona devam edilir. 4. nirengi noktasında da kontrol edilir. Her 4 noktada da 0.5 birim hassasiyetle kot okuması yapılabiliriyorsa yükseklik tamamlanmış olmaktadır.

- İnce (hassas) baz ayarı yapılır.

Hassas baz ayarında birbirinden oldukça uzak ve çapraz iki nokta seçilir (1 ve 3 nolu nirengiler veya 2 ve 4 nolu nirengiler). Masada kalem takılan yere Lüp takılır. 1 nolu nirengi noktasına modelde gidilir. Noktaya müşir tam olarak tatbik edilir. 3 nolu nirengi noktasına el çarklarıyla modelde gidilir. Paftada dönüklük varsa önce dönüklük alınır. Nirengiye olan mesafe Lüp üzerinden okunur. Lüp üzerinde örneğin nirengiye 4 çizgi varsa baz 4 m kısa denir. Bu değer yarısı baz skalasında 2 m olarak artırılır. Bu arada kot değeri değişir. Kotda gerçek arazi değerine tekrar bağlanır. Lüp 3 nolu nirengi üzerine tatbik edilir. 1 nolu noktaya el çarklarıyla gidilir. Baz uzun ise baz ile kısaltılır. Kısa ise uzatılır. 1 ve 3 nolu nirengilerde ayarlanan baz 2 ve 4 noktalarla kontrol edilir.

9.2. Analitik Alette Uygulama

T.K.G.M. de analitik aletle çok özel işler hariç sayısal harita üretimi yapılmamaktadır. Bu çalışmada örnek olarak birer modellik çalışma yapılmış, üretim şekli ve yazılımlar diğer kuruluşlarla karşılaştırılma amaçlanmıştır. Sayısal harita üretimi genel hatlarıyla T.K.G.M. de yapılış şekliyle anlatılacak değerlendirme ise sonuç kısmında ele alınacaktır. Sayısal harita üretimini iki kısımda mütala edebiliriz. 1. Kısımda hazırlık, ve yöneltme işlemlerini kapsayan havai nirengi, 2. kısımda ise sayısal yükseklik modeli ölçümü ve hesabı yapılmaktadır.

Sayısal harita üretimine başlamadan önce bir ön çalışma yapılması ve bazı kütüklerin oluşturulması gerekmektedir. T.K.G.M deki sisteme göre en önemli kütükler şunlardır.

DEOD : Databank oluşturma kütüğü. Proje alanının büyüklüğüne göre bilgisayar hafızasında yer ayrılır.

ECPT : Yer kontrol noktaları kütüğü. Jeodezik yöntemlerle hesaplanan kontrol noktalarının değerleri bu kütüğe manuel olarak girilir.

EDCA : Kamera kütüğü. Kamera kalibrasyon değerleri bu kütüğe girilir. İç yöneltmede bilinmeyenlerin çözümünde kullanılır.

EOCT : Obje kütüğü. Bu kütükte evler, yollar, çitler, parmaklıklar vs. haritada gösterilecek planimetrik bilgiler bulunur.

EDMO : Model saklama kütüğü. Bu kütük olmasına rağmen T.K.G.M de kullanılmamaktadır.

Proje çalışmasında bu kütükler oluşturulduktan sonra şekil 9.1 de gösterilen iş akışı takip edilir. Buradaki akışı daha iyi anlayabilmek için ifadeleri açıklamak yerinde olacaktır.

İNOR : Interior orientation : İç yöneltme

REOR : Relavite orientation : Karşılıklı yöneltme

ABOR : Absolute orientation : Mutlak yöneltme

MECO : Measure coordinate : Koordinat ölçümü

ECPT : Entering control point : Kontrol noktaları kütüğü

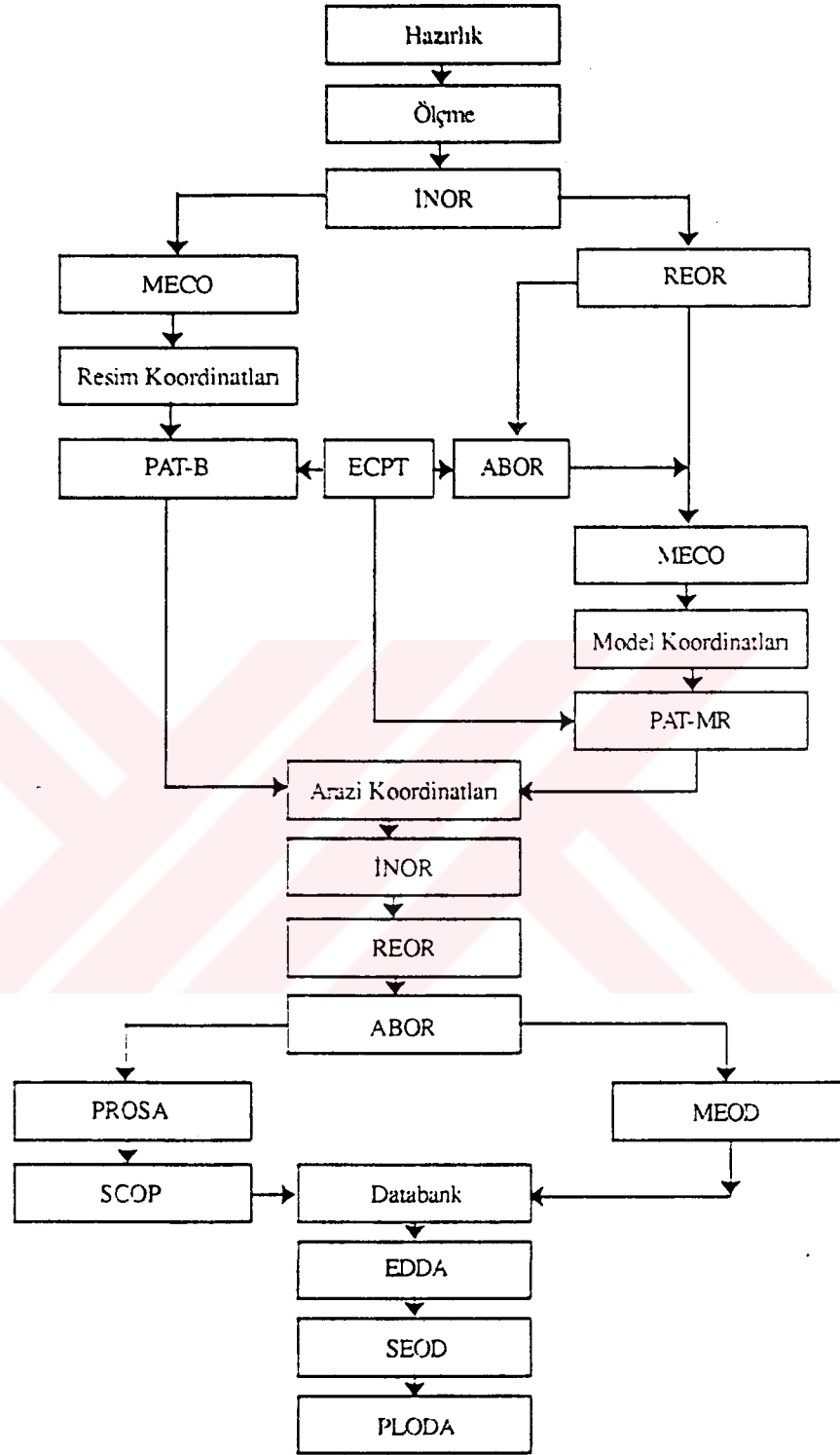
PROSA : Sayısal arazi Modeli ölçüm programı

SCOP : Sayısal arazi modeli hesabı programı

EDDA : Edit data : Dataların düzeltilmesi

SEOD : Select object data : Çizilecek obje seçimi

PLODA : Ekranı yada paftaya çizdirme



Şekil 9.1. Sayısal Harita Üretimi

Sayısal Haritası üretilecek bölgenin hazırlık işlemleri PM.1. aletiyle yapılır. Hazırlık işleminde

* Modellerin birbirine bağlanması

* Kolonların birbirine bağlanması

işlemi yapılır. Burada model ve kolon bağlama noktaları belirlenirken kullanılacak dengeleme türü (PAT-MR ve PAT-B) göz önüne alınmalıdır. Işın demetleriyle dengelemenin hazırlığı ile bağımsız modellerle dengelemenin hazırlığı biraz farklılık göstermektedir.

Hazırlık işlemleri biten model ve resimlerin ölçüm işlemine başlanır. Burada yöneltme programları kullanılmaktadır. İster ışın demetlerine göre istersede bağımsız modeller yöntemine göre, dengeleme yapısının iç yöneltme (İNOR) yapılır. Bağımsız model yöntemi kullanılacaksa karşılıklı yöneltme (REOR) ve gerekli ise mutlak yöneltme (ABOR) programlarıyla yöneltme istenen incelikte yapılır. Bu işlemler Planicomp P2 analitik aletinde yapılır.

Planicomp P2 aletinde yöneltme işlemleri şöyle yapılır.

Filmler aletin kızaklarına yerleştirildikten sonra sırasıyla iç, karşılıklı ve mutlak yöneltme yapılır. Hangi yöneltme yapılacaksa bilgisayara komut verilir. sistem açıldıktan sonra ekran görüntüsü

CMD >

şeklinde olur. İç yöneltme yapmak için bilgisayara İNOR komutu girilir.

CMD > İNOR

alete komut girildikten sonra iç yöneltme programı başlar.

İNOR >

İç yöneltme işleminde alete bazı parametrelerin girilmesi gerekir. Bunu girebilmek içinde SE komutu verilir.

İNOR > SE

bu komuttan sonra aşağıdaki parametreler girilir.

PHONO PN= > 9041, 9042 (Resim numaraları)

MODEL NAME MN= > 90419042

CAMERA CM=> YRMK 94, YRMK94

CARRIER CA= > BOTH

FIDUCIALS NF= > 4

TYP TY= > 1, (Transformasyon seçimi)

SETTINGS NS= > 2 (Asal noktaları okuma sayısı)

TORES TO= > 0,005 (Hassasiyet)

Bu parametreler girildikten sonra alet otomatik olarak resmin ana nokta bulucularına gider.

Sol ve sağ resimler için kayıtlar yapılır. Kayıtlar bittikten sonra bilgisayar kendi içinde bir hesaplama yapar. Verilen toleranslar içerisinde ölçüm ve kayıt yapılmışsa aşağıdaki komut gelir.

INOR > Interior orientation of LEFT PHOTO... [OK]

Interior orientation of RIGHT PHOTO... [OK]

Saving results of LEFT PHOTO ... [OK]

Saving results of RIGHT PHOTO... [OK]

Bu mesaj ekranda görüntülendikten sonra bilgisayar iç yönelme parametrelerini hafızasında saklar ve ekrana tekrar

CMD >

gelir. Karşılıklı yöneltmeye başlamak içinde burada REOR komutunun girilmesi gerekmektedir.

CMD > REOR

karşılıklı yönelme programı gelir ve ekranda

REOR >

görünür. İç yönelmede olduğu gibi buradada bazı parametrelerin girilmesi gerekmektedir.

Bunun için yine SE komutu girilir.

REOR > SE

FIX PHOTO FP=> Left (Sabit resmin tanımı)

MODEL MODE MM= > PSEUDO

PREPOS PR= > ON (Otomatik 6 noktaya gider)

NUMBER NO No = > 1 (Numaraya 1 den başla)

SETTINGS NS= > 2 (Her noktada 2 kayıt yapılacak)

ROT LEFT RL= > 0, 0, 0 (Dönüklükler biliniyorsa girilebilir.)

ROT RIGHT RR= > 0,0,0

Bunlar girildikten sonra alet otomatik olarak sırasıyla 1'den 6'ya kadar Gruber noktalarına gider. Burada ortak noktalar bulunup yani ayrı ayrı durumdaki müşirlerin çakıştırılmasıyla paralakslar giderilir ve kayıt yapılır. 6 noktada bu işlem bittikten sonra paralaks hesabı yapılır.

Bunun için

REOR > CC

komutu verilir. Paralaks değerleri ekranda görülür. Eğer istenen hassasiyette ise ekranda Result accepted ? (Y/N)= > Y

Görüntüsüne Yes (evet) komutu verildikten sonra alet karşılıklı yöneltme elemanlarını ileriki hesaplamalarda kullanmak üzere hafızasında saklar. Karşılıklı yöneltmesi yapılmış bir modelin üç boyutlu görüntüsü elde edilmiş durumdadır. Ancak bu model geręek yeryüzü ile uyumlu değildir. bunun için mutlak yöneltmesinin yapılması gerekmektedir. Mutlak yöneltmeye başlarken ABOR komutu verilir.

CMD > ABOR

ABOR >

Model üzerinde el çarkları ile ilk nirengi noktasına gidilir. Nirengi zerine x, y kolları ve z çarkı ile tam tatbik edilir. Nirengi numarası yazılır ve kayıt yapılır.

ABOR > 3142

2. nirengi noktasında ve 3. nirengi noktasında aynı işlemler yapılır. Model içerisinde daha başka nirengi noktası varsa alet 4. noktaya otomatik olarak kendisi gider. Bütün yer kontrol noktalarına yanaşılıp kayıt yapıldıktan sonra hesapları kontrol edilir. Bunun için yine CC komutu verilir.

ABOR > CC

Bu komuttan sonra mutlak yöneltme sonuçları gelir. Kabul edilip edilmeyeceği bilgisayar tarafından sorulur kabul edilirse mutlak yöneltme işlemi bitmiş olur. Kabul edilmez ise hatalı noktalarda tekrar ölçüm yapılır. Mutlak yöneltme bittikten sonra ölçüm işlemi başlar. Havai nirengi yapılacağı için model koordinatları veya resim koordinatlarını ölçmemiz gerekiyor bunun için MECO komutu verilir.

CMD > MECO

Bu komuttan sonra model içindeki bütün noktaların üzerine yanaşılır ve kayıtyapılır. Model içinde kayıt yapılacak nokta bittikten sonra kullanılacak dengeleme türüne göre kütüğe gönderilir. Sayet PAT-MR dengelemesi kullanılacaksa WM komutu ile model koordinatları şeklinde PAT-B dengelemesi kullanılacaksa WP komutu ile resim koordinatları şeklinde kütükte saklanması sağlanır.

Dengeleme hesaplarında 1: 5000 lekli S.T. Harita retimi çalışmaları için Stuttgart niversitesinde Prof. Ackerman ve ekibi tarafından geliştirilmiş olan PAT-MR bağımsız modellerle blok dengeleme programı kullanılmaktadır. Bu programın önemli özelliklerinden biri Robus kestirim

yöntemi ile otomatik kaba hata ayıklamasıdır. PAT-MR programında dengelemeye ölçü olarak model koordinatları girilmektedir.

Programın matematik modeli üç boyutlu Helmert dönüşümüne dayanmaktadır. Her modelin tek tek mutlak yöneltilmesi matematiksel olarak çözülmektedir. Dengeleme hesabı da iki kısımda önce planimetrik (yatay) dengeleme sonrada yükseklik dengelemesi olarak birbirinden ayrı yapılmaktadır. Prof. Ackerman'a göre bunun 2 avantajı vardır.

1- Planimetrik denklemler lineer haldedir bu nedenle yaklaşık değere ihtiyaç yoktur.

2- Hesaplama işlemi ikiye ayrıldığından hem kolay hemde çabuk yapılabilir.

Bu dengelemede ilk adımda 4 bilinmeyen ($X_0, Y_0, \lambda, \kappa$) ikinci adımda 3 bilinmeyen (Z_0, Ω, Φ) çözülür. İlave ölçüler de bu dengelemeye katılabilir örneğin yükseklik dengelemesinde kullanılmak üzere deniz ve göl kıyısında ölçülen noktaların ilave ölçülür olarak katılması dengelemede matematik modelin zenginleşmesini, hassasiyetin artmasını sağlar. Bunun yanında ardışık izdüşüm merkezleri (O_i) arasında yükseklik farkını belirleyen STATOSKOP ve arazide noktaların yüksekliklerini, profil bilgilerini elde etmeye yarayan APR ölçüleri dengelemeye ilave ölçüler olarak alınabilir (Özbalmumcu 1995).

Dengeleme programı çalıştırılmadan 5 kütük oluşturulmalıdır.

1. Model Kütükleri (P2 aletinde ölçülen model koordinatlarının bulunduğu kütüktür. PLDATA da bulunur.)

2. Pas kütüğü : Bloğa giren noktaların x, y, z arazi koordinatları

3. Cevap kütüğü : Diyalog sonuçlarının saklandığı kütük

4. Dengeleme kütüğü : Dengeleme sonuçları kütüğü

5. Özet Kütüğü : Dengelenmiş arazi kooridantlarının özeti

Dengeleme programlarından ikincisi olan PAT-B ışın demetlerine göre blok dengeleme yapmaktadır. Tam analitik bir yöntem olup ışın demetlerinin ilgili noktalarda kesiştirilmesi sağlanır. Matematik modeli kolinearite şartına dayanır. Çok fazla hesaplama gerektiren bir matematik modeli vardır. Çünkü bu yöntemde ölçü olarak resim koordinatları giriyor ve bir modelin değerlendirilebilmesi için çözümü gereken 15 bilinmiyenden 12 bilinmiyeni direk matematiksel çözümlerle hesaplanıyor.

Işın demetleri yöntemi hassasiyet olarak bağımsız modellere nazaran oldukça yüksek. Ancak Tapu Kadastro Genel Müdürlüğünde yapılan çalışmalarda bağımsız modellere nazaran hazırlık safhasında oldukça titiz davranılması gerektiği görüldü. Ayrıca hazırlık işlemleri iş ve zaman olarak iki üç kat artmakta. Dengeleme esnasında da hataları bulup elemine etmek oldukça zor olmaktadır. Bu

yüzden ışın demetleri dengelemesi yerleşim alanlarında kadastroya altlık olarak yapılacak büyük ölçekli harita üretimi için gerekli saklaştırmada kullanılması düşünülmektedir.

Sayısal harita üretiminde çalışma alanını kaplayan modeller tekrar Planicomp P2 aletine konur, yöneltmeleri tekrar yapılır. (Şayet T.K.G.M. de EDMO kütükleri kullanılsaydı sadece iç yöneltme yapılması yeterli olacaktı.)

Yöneltme işlemlerinden sonra önce planimetrik bilgiler sayısallaştırılır. Bu işlem için MEOD programına girilir. Burada model içindeki bütün detaylar (ev, yol, ağaç vb.) sayısallaştırılır ve databank'a gönderilir.

Yükseklik eğrilerinin elde edilmesi içinde PROSA programı çalıştırılır. Bu programda alet çalışma alanını otomatik olarak bölümlere ayırır. Operatör müdahalesi ile z çarkı zemine yanaştırılır ve kayıt edilir. Otomatik olarak alet 2. noktaya gider ve işlem tekrarlanır. Çalışma alanının hepsi sayısallaştırıldıktan sonra sayısal arazi modeli hesaplaması SCOP programı ile yapılır. Databank'a aktarılan değerler planimetrik bilgilerle birleştirilir. Bu işlemde sonra düzeltmelerin yapılması için EDDA programı çalıştırılır. Burada kaba hataların düzeltilmesi ekranda yapılır. Yükseklik eğrileri evlerden resmi binalardan, kapalı alanlardan geçmektedir. Burada evlerin içine gelen eğriler silinir. (Bu kesişme olayı programın bir eksikliğidir. Yeni programlarda örneğin T.C.K. Genel Müdürlüğünün DTM programında eğriler otomatik olarak kapalı alan olarak tanımlanan yerlerden geçirilmez. Düzeltmeleri yapıldıktan sonra çizilecek detaylar SEOD ile seçilir. Sadece evler mi çizilecek, sadece caddeler mi çizilecek yoksa hepsimi çizilecek. Bunların seçimi burada yapılır).

Seçilen objeler artık çizilebilir duruma gelmiştir. Çizim PLODA ile yaptırılır. Burada çizimin ekrana mı yoksa paftaya mı yaptırılacağı bilgisayara girilen komutla bildirilir ve çizim istenen standartlarda yaptırılır. Bu çalışmada programın eksikliğindeki kapalı alanı tanımama probleminden dolayı detayları gösteren planimetrik harita ayrı bir modelden, yükseklik eğrileri ayrı bir modelden elde edilmiştir. Bu paftalar ekte gösterilmektedir.

Yapılan çalışmada analitik aletle üretimin önemini vurgulamak için maliyet zaman ve hassasiyet incelemesinin analog aletlerle karşılaştırmalı olarak yapılması yerinde olacaktır. Ancak analog ve analitik yöntemlerin kullanılması durumunda maliyet, zaman ve hassasiyet olarak karşılaştırmada

- Arazi çalışmaları
- Resim çekimi ve çoğaltması
- Değerlendirme

çalışmaları ayrı ayrı incelenmelidir.

9.3. Maliyet - Zaman Analizi

Fotogrametrik haritalar genel olarak aşağıdaki işlemler sonucu elde edilir.

- Arazi çalışmaları (nirengi tesisi ve işaretlenmesi)
- Resim çekimi ve çoğaltılması
- Fotoğrafik işlemler
- Değerlendirme (yükseklik ve detayların çizimi)
- Çoğaltma

Maliyet hesabını yapabilmek için önce bir iş birimi seçmek gerekmektedir. Bu birim fotogrametride bir model olabileceği gibi birim alanda olabilir. Ancak model alanı kullanılan resim boyutlarına, enine ve boyuna örtü oranına ve resim ölçeğine göre değiştiğinden ve herhangi bir alanı model sayısı ile eşleştirme imkanı her zaman bulunmadığından birim olarak seçilmemiştir. Ancak analog ve analitik üretim yöntemlerini karşılaştırırken zaman kıyaslamasında birim olarak 1 km² lik alan seçilmiştir.

9.3.1. Arazi Çalışmalarının Maliyeti

Fotogrametrik harita yapımında arazi çalışmaları nirengilerin tesisi ve bütünleme işleminden oluşur. Bütünleme işleminin ne aletle ne resim ölçeğiyle, ne de kullanılan yöntemle bir ilgisi olmadığından sadece nirengi çalışmaları üzerinde durulacaktır.

Fotogrametrik nokta sıklaştırmasında 1973 yılına kadar ülkemizde dizi yöntemi uygulanmaktaydı. Buna göre bir modele en az dört noktanın düşmesi gerekmektedir. Ancak bu yöntemin sakıncaları nedeniyle verim alınamamış havuz yöntemine geçilmiştir. Havuz yönteminde ise bir modele en az beş noktanın düşmesi gerekmektedir. Analitik aletlerin harita üretiminde kullanılmasıyla fotogrametrik nirengi yöntemine başlanmıştır. Analog üretimde havuz yöntemi analitik üretimde ise fotogrametrik nirengi yöntemi kullanıldığına göre her iki yöntemde de birim alana düşen nokta sayısını hesaplamak gerekmektedir. T.K.G.M.'deki uygulamalara göre havuz yönteminde bir modele düşen nokta sayısı 2,6 olarak tesis edilmektedir. (Gürbüz 1976). Birim alan

olarak 1 km²'lik alan seçildiğine göre önce 1 km²'lik alana kaç noktanın düştüğünü bulmak gerekir. Bunun içinde önce bir modelin alanını bulmak gerekir. Bir modelin alanı ise;

$$F = \left(\frac{P-20}{100}\right) \cdot \left(\frac{100-q}{100}\right) \cdot S^2 \cdot Mr^2 \cdot 10^{10} \quad (9.1)$$

formülü ile bulunur. % 60 boyuna % 20 enine örtülü olarak çekilmiş 23*23 cm² lik resimlerden oluşan bir modelin alanı resim ölçeğinde:

$$0.4 \times 0.8 \times 23 = 169.28 \text{ cm}^2 \text{ dir. Buna göre } 1 \text{ km}^2 \text{ ye düşen nokta sayısı:}$$

$$\text{Nokta Sayısı} = \frac{2.6}{169.28 Mr^2} \cdot 10^{10} = \frac{1.54}{Mr^2} \cdot 10^8 \quad (9.2)$$

olur. 1/5000 ölçekli haritalar için resim ölçeklerine göre km² ye düşen nokta sayıları tablo (9.1) deki gibi olur.

Tablo (9.1) Havuz yönteminde 1 km² ye düşen nokta sayısı

Resim ölçeği	14.000	16.000	17.000	21.000
Nokta Sayısı	0.78	0.60	0.53	0.35

"Fotogrametrik nirengi de bir blokta nokta dağılımı"na ait pafta ek'te verilmiştir. Bu ekte, 1/5000 ölçekli 120 adet paftanın kapladığı bir alandaki fotogrametrik nirengi yöntemine göre noktaların dağılımı görülmektedir. Türkiyede'ki üretilen 1/5000 ölçekli haritalar 1.5 modelle kapatılmaktadır. Buna göre 120 paftalık alanda 1.5*120 = 180 tane model vardır. Bu örnek alanda 73 tane yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Buna göre bir modele düşen yer kontrol noktası ise: 73/180 = 0.406 tanedir. 1 km² ye düşen nokta sayısı ise

$$\frac{0.406}{169.28 \cdot Mr^2} \cdot 10^{10} = \frac{2.398}{Mr^2} \cdot 10^7$$

olur. Seçilen resim ölçeklerine göre 1 km² ye düşen nokta sayısı ise Tablo (9.2) deki gibidir.

Tablo 9.2. Fotogrametrik nirengide 1 km² ye düşen yer kontrol noktası

Resim ölçeği	14.000	16.000	17.000	21.000
Nokta Sayısı	0.12	0.09	0.08	0.05

* 1995 yıl birim fiatlarına göre bir noktanın fiatı 228 \$ dır.

Fotogrametrik nirenginin kullanılması, km² ye düşen nokta sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Havuz yönteminde nokta ile 1.284 km² lik alan değerlendirilebilirken fotogrametrik nirengi de 8.335 km² lik alan değerlendirilebilmektedir. Nokta sayısının azalması maliyetin düşmesi ve zaman olarakta kazanç demektir.

9.3.2. Resim Çekimi ve Fotoğrafik İşlem Maliyeti

Resim çekim maliyeti doğrudan haritası alınacak alan ile ilgilidir. Alan büyüdükçe resim çekimi ve fotoğrafik işlem maliyeti düşer. Analog ve analitik aletlerin ve yöntemlerin kullanılması resim çekimini ve maliyetini etkilememektedir. Amacımız analog ve analitik yöntemlerin karşılaştırması olduğundan etkisi olmayan bu çalışmaların maliyet ve zaman detayına girilmeyecektir. Ancak T.K.G.M. de yapılan çalışmaya göre resim çekimi ve fotoğrafik işlem maliyeti toplam proje maliyetinin % 9.6 sı ile % 16.4 ünü teşkil etmektedir. (Gürbüz, 1976) Yıldız 1988'de ise 1/1000 ölçekli haritanın resim çekimi ve fotoğrafik işlem maliyetini 420 \$, 1/2000 ölçekli haritanın resim çekim ve fotoğrafik işlem maliyetini ise 220 \$ olarak bulmuştur.

Ancak bu oran siyah-beyaz filimlerin kullanılmasına göre elde edilen değerlerdir. Renkli filimlerin kullanılması durumunda bu oran değişmektedir.

9.3.3. Değerlendirme Maliyeti

Değerlendirme maliyetine en büyük etken aletin cinsidir. Maliyete olan bu etki aletin satınalma maliyetinden kaynaklanmaktadır. Analog aletlerle analitik aletlerin maliyetleri arasında

4-5 kat fark vardır. 1 km² lik alanın değerlendirme aletine göre maliyetin belirlenmesinde amortisman, faiz ve hizmet vergisi, yıllık bakım giderleri ile ilgili katsayıların belirlenmesi gerekir.

Bir yılda 104 ü hafta tatili, 22 si yıllık izin, 10'u bayram tatili olmak üzere toplam 136 çalışılmayan gün vardır. Bir operatör günde ortalama 7 saatten 229 işgününde yaklaşık 1600 saat çalışma yapabilir. Günde iki vardiya şeklinde yapıldığı düşünülürse yılda toplam 3200 çalışma saati mevcut olur.

Bir aletin ekonomik ömrü 15 yıl olarak kabul edilir. Buna göre yıllık amortisman gideri $1/15 = \% 6.67$ olur. Yılda 3200 çalışma saati olduğuna göre amortisman gider katsayısı

$$(6.67/3200) * (1/100) = 2.084 * 10^{-5}$$

değerine eşit olur. Yıllık bakım ve onarım gideri genelde aletin satınalma bedelinin (1/100) ü alınır. (Yıldız 1988)

Aynı şekilde (Yıldız 1988)'de yapılan çalışmada

$$\text{Faiz ve hizmet vergisi katsayısı} = 4.5 * 10^{-5}$$

$$\text{Yıllık bakım ve onarım gider katsayısı} (1/3200) * (1/100) = 3.125 * 10^{-6}$$

Buradan, değerlendirme aletinin 1 saatlik değerlendirme katsayısı $6.8965 * 10^{-5}$ olarak elde edilir. Buna göre bir saatlik birime karşılık gelen değerler Tablo 9.3 deki gibi bulunur. 1 km² lik alanın değerlendirilmesi için gerekli zaman bulunarak Tablo 9.3 deki değerleriyle çarpılırsa 1 km² lik alan için alet maliyeti elde edilmiş olur.

Tablo 9.3 Bir saatlik değerlendirme maliyeti

	Birim	Analitik Değerlendirme Aleti	Analog Değerlendirme Aleti
Değerlendirme aleti Bedeli	S	500.000	75.000
Amortisman Gideri	S/saat	10.417	1.563
Faiz ve Hizmet Vergisi	S/saat	22.500	3.375
Alet Bakım ve Onarım Gideri	S/saat	1.562	0.234
Değerlendirme Maliyeti Katsayısı		6.8965 E-5	6.8965 E-5
Teknik Personel Gideri	S/saat	2.000	2.000
1 saatlik Değerlendirme Zaman Maliyeti	S/saat	36.482	7.173

1 km² lik alanın değerlendirme zamanı

- Değerlendirme ölçeğine
- Arazinin topografik yapısına
- Yerleşim alanı olup olmamasına
- Değerlendirme aletinin türüne
- Operatörün yeteneğine bağlıdır.

Bunlardan sonuncusu yetenekli bir operatör modeli alınarak hesaptan çıkarılabilir. Birim alanın çeşitli nitelikteki arazinin değerlendirilmesi için gerekli zaman Harita Genel Komutanlığı ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün verilerinden yararlanılarak çıkarılmıştır. Bu değerler 1/5000 ölçekli haritalar için Tablo 9.4 de gösterilmiştir.

Tablo 9.4. Bir saatlik değerlendirilebilecek olan

Stereo Değerlendirme Ölçeği	Saatte Değerlendirilebilecek Alan		Bir km ² alanın değerlendirme zamanı (saat)	
	Analog	Analitik	Analog	Analitik
1/5000	0.205	0.082	4.880	1.952

Bir km² lik alanın değerlendirme maliyetini hesaplamak için 1 km² lik alanın değerlendirme zamanı ile 1 saatlik değerlendirme maliyeti çarpılarak bulunabilir. Buna göre 1 km² lik alanın maliyeti dolar olarak

$$\text{Analog aletlerde : } 4.880 * 7.173 = 35.004$$

$$\text{Analitik aletlerde : } 1.952 * 36.482 = 71.213$$

Tablo 9.4 de görüldüğü gibi analog aletle 4.880 saatte değerlendirilen alan analitik aletlerle 1.952 saatte yapılabilmektedir. Bu değerlere yöneltme ve değerlendirme zamanı da dahildir. Analog ve analitik aletlerin kullanılması durumunda yöneltme işlemlerindeki analitik aletlerin zaman üstünlüğü tablo 9.5 de görülmektedir.

Tablo 9.5 Yönelme işlemlerinde zaman

Yapılan İş	Zaman (Dakika)			
	Analog Alet		Analitik Alet	
	Ortalama	Maksimum	Ortalama	Maksimum
Hazırlık	5	10	1	1
İç Yönelme	5	10	3	3
Karşılıklı Yönelme	30	90	6	11
Mutlak Yönelme	60	70	5	10
Toplam	100	180	15	25

Tablo 9.5 dende görüldüğü gibi sadece yönelme işlemlerinde $100-15=85$ dakikalık bir zaman kazancı olmaktadır.

Analog aletlerde değerlendirilenin 100 dakikası yönelme işlemlerine gittiğine göre;

$4.880 \text{ saat} * 60 - 100 = 192.8$ dakika sadece kıymetlendirme zamanıdır. Analitik alette ise $1.952 \text{ saat} * 60 - 15 = 102.12$ dakika sadece kıymetlendirme zamanıdır. Analitik kıymetlendirmede ortalama

$192.8 - 102.12 = 90.68$ dakikalık zaman avantajı sağlanır. Dolayısıyla analitik aletlerle kıymetlendirme analog aletlere nazaran % 53 oranında zaman tasarrufu sağlamaktadır.

9.4. Duyarlılık Analizi

Analitik aletlerle iç yönelmede ana nokta bulucularına karşılıklı yönelmede 6 standart noktaya, mutlak yönelmede 3 nirengi noktasından sonraki model içerisindeki diğer noktalara otomatik olarak gidilmektedir. Bu otomasyon operatöre büyük çalışma kolaylığı sağladığından operatörün yaptığı ölçümlerde daha incelikli olmaktadır. Oysa 15 dakikada yapılan bu işlem analog aletlerde ortalama 45-60 dakikada ancak yapılabilmekte ve operatörü oldukça yormaktadır. Bu ise operatörün hem verimini hem de çalışma inceliğini düşürmektedir.

Analitik aletlerle yapılan model ve resim koordinat ölçümleri dengeleme sonucunda robust kestirimi ile kaba hatalardan arındırılmaktadır.

Fotogrametrik haritada ölçülerin presizyonu paralaks formülüne göre hesaplanır. Paralaks formülünden elde edilen yükseklik presizyonu

$$Mh = \pm (h/b) * (h / f)* m_{px} \quad (9.3)$$

çşitliği ile bulunur.

h= Ortalama arazi kotundan uçuş yüksekliği

b= Baz uzunluğu

f = Odak uzaklığı

m_{px} = Kullanılan aletin değerlendirme presizyonunu göstermektedir. Bir noktanın konum hatası ise

$$M_p = \sqrt{3} * (h / f)* m_{px} \quad (9.4)$$

formülü ile hesaplanır.

Aynı odak uzaklığındaki kamera ile aynı ölçekte çekilen resimlerin değerlendirilmesinde analitik ve analog aletlerin kullanılmasında hassasiyete etki eden tek faktör aletin değerlendirme presizyonu olan M_{px} olduğu açıkça görölmektedir. Zira analog aletlerin presizyonu 10 ile 50 mikron arasında iken analitik aletlerin presizyonu 1-2 mikron civarındadır. Zaten yönetmeliğe göre de ölçme inceliği 3 mikrondan fazla olan analitik aletler fotogrametrik harita üretiminde kullanılamazlar. Analitik aletlerin ölçme inceliği analog aletlere nazaran oldukça hassas olduğuna göre analitik aletlerle üretilen haritalar 10-50 kat daha presizyonludur.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fotogrametride özellikle bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler neticesinde sayısal aletler ve yöntemler önem kazanmaya başlamış ve sonuçta otomasyona geçilmiştir. Fotogrametrik aletlerdeki yapısal değişiklikler sonucu gelinen nokta şudur.

- * Analog ve analitik yöntemler başarıyla kullanılmaktadır.
- * Fotogrametrik nokta tesbiti ve transferi otomatik olarak yapılmaktadır.
- * Ölçümler analitik aletlerle otomatik olarak yapılmaktadır.
- * Resim çekimlerinde yetenekli hava kameraları ve sayısal kameralar kullanılmaktadır.
- * Kamera çekim merkezi koordinatları (X₀, Y₀, Z₀), GPS (Global Position System) kullanılarak belirlenmektedir.

- * Sayısal kameralarla sayısal veri toplama önem kazanmaktadır.
- * Sayısal (Digital) görüntüler kullanılmaya başlamıştır.
- * Fotogrametri -GIS (Geographic Information System) ile bütünleşmiştir.
- * Fotogrametri diğer alanlara (endüstri tıp vb. alanlara) girmektedir.

Fotogrametrik çalışmalar özellikle sayısal görüntü işleme (digital image processing) ve GIS ile bütünleşme uygulamalarına doğru kaymış durumdadır.. Bu bütünleşmenin nedeni fotogrametrik veri üretimini jeodezik yöntemlere nazaran bazı avantajlara sahip olmasıdır. Fotogrametrinin avantajları genel olarak şunlardır.

- Arazi çalışmalarının büyük bir kısmı büroda yapılır.
- Jeodezik yöntemlere nazaran daha ekonomiktir.
- Harita üretimi çok hızlıdır dolayısı ile büyük bir zaman kazancı olur.
- Meskun yerlerde çalışma zorluğu ortadan kalkar.
- Üretimde bir hata olursa kontrolü kolaydır.

Bu avantajları çoğaltmak mümkündür. Ancak zaman, maliyet ve verim yönünden üstünlükleri fotogrametrinin önemini anlamada yeterli kriterdir. Bu üstünlüklerine rağmen ülkemizde hala önemi anlaşılammış ve klasik haritacılığa devam edilmektedir.

Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün, Orman Genel Müdürlüğü'nün, Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Harita Genel Komutanlığı'nın çalışmaları incelenmiş ve yapılan çalışmalara ait örnekler ekte verilmiştir. Bu kuruluşların çalışmalarını sırasıyla ele alacak olursak şu değerlendirmeyi yapabiliriz.

T.K.G.M de tamamen havai nirengi ölçüm ve hesaplanmasına yönelik sistem kurulmuştur. Sayısal harita üretimi için mevcut donanım ve yazılımları mevcut olmasına rağmen çok özel işler

hariç, üretim yapılmamaktadır. Ancak burada sayısal harita üretimi için kullanılan PROSA ve SCOP programı günümüzdeki modern yazılımlarla karşılaştırıldığında çok hantal kalmaktadır. Örneğin T.K.G.M de bir model içinde örnek olarak seçilen alanın sayısallaştırılması, hesaplanması 6-7 saati alırken aynı model ve aynı alan Karayollarında kurulan sistemde 3 saatte sayısallaştırılmıştır. T.K.G.M deki sistemin kuruluş amacı sayısal harita üretimi olmadığı bilinmekte ancak ülkemizdeki kadastral haritaya olan ihtiyaç ortada iken kurulan sistemin yetersiz olduğu açıkça ortadadır. T.K.G.M'dürlüğü analog üretimden yavaş yavaş analitik hatta digital üretime geçmeli üretimi hızlandırmalı ve GIS için gerekli veri tabanını hazırlamalıdır. Ülke çapında bir bilgi sistemi düşünüldüğünde en önemli görevin T.K.G.M.'ne düştüğü açıktır. Bu görevi üstlenirken yapacağı iş o kadar zor değildir. Çünkü personel olarak fotogrametrik harita üretiminde tecrübe kazanmış olan en önemli iki kuruluşumuzdan birisidir. Bu personeli analitik veya digital sisteme adapte etmek için bilgisayar konusunda eğitilmeleri yeterli olacaktır. İster sayısal harita üretiminde isterse de analog harita üretiminde önemli ölçüde operatörlük yeteneğine, bilgisine, tecrübesine ihtiyaç vardır. Sayısal sistemler operatörün işlemlerini önemli ölçüde azaltmış ve kolaylaştırmıştır. Ancak tamamen ortadan kaldırmamıştır. Bu açıdan eldeki yetişmiş personelin önemi bilinip analitik sisteme adapte edilmelidir. Kısacası T.K.G.M 'ğü kısa zamanda analitik veya digital harita üretimine geçmeli ve kendi bilgi sistemlerini oluşturmalıdır.

Karayolları Genel Müdürlüğünde ki sistem oldukça kullanışlıdır. Sayısal harita üretimi gerçekleştirilip yol güzergahı belirlenmekte, en kesit, boy kesit ve hacim hesaplamaları yapılabilmektedir. Sistemde eksik olan tek şey bilgi sisteminin oluşturulmasıdır. Mevcut sisteme ek donanımla bilgi sistemi kurulabilir ve bilgi sistemine veri aktarımı gerçekleştirilebilir.

Orman Genel Müdürlüğü hem T.K.G.M 'ğü hemde Karayollarına nazaran daha modern bir sisteme sahip. Fotogrametrinin günümüzde geldiği noktada harita üretilmekte ve bilgi sistemine veri aktarılmaktadır. Kendi bünyesi içinde Orman Bilgi sistemi (ORBİS) kurulmuş ancak üretim haritacılık sektörünün beklediği incelikte yapılmamaktadır. Örneğin modelin değerlendirilmesi için arazide nirengi tesisi yerine modelde ve paftada görülebilen keskin detaylar seçilip bunların koordinatları 1/25.000 lik paftada okunup bilinen nokta kabul edilerek değerlendirmede kullanılmaktadır. Enterasan olan bir nokta da fotogrametrik harita üretimi yapan personelin hiçbirisinin Harita mühendisi olmamasıdır. Orman mühendisleri bu görevi üstlenmişlerdir.

Harita Genel Komutanlığındaki fotogrametri çalışmaları hem askeri ihtiyaçları karşılamakta hemde sivil çalışmalara cevap vermektedir. Teknoloji ve imkan olarak en ön seviyede olan bu kuruluşun digital fotogrametri ve GIS konusunda çalışmaları olmasına rağmen ne pilot projeler, ne de reel bir üretim yapılmamaktadır. Sonuçta ülkemizin durumu değerlendirecek olursak,

1. Fotogrametrik eğitim yeterli seviyede üniversitelerde verilmemekte ve kuruluşlarda usta-çırak ilişkileri ile eleman yetiştirilmektedir. Eğitim konusu üniversitelerde çok ciddi bir şekilde ele alınmalı reel üretim yapan kuruluşların ihtiyacını karşılayabilecek seviyede elemanlar yetiştirilmelidir. Aksi takdirde Orman Genel müdürlüğünde olduğu gibi Harita mühendislerinin işini Orman mühendisleri veya diğer mühendisler üstlenir.

2. Coğrafi bilgi sistemi kavramının çok iyi öğrenilmesi ve öğretilmesi gerekmektedir. Bilgi sistemlerinde en önemli olay veri toplamadır. Bu veri toplama işlemide Harita kaynaklı olduğundan Harita mühendislerinin bu konuya el atması gerekir. Veri toplamada haritacılıkta en ekonomik yol da Fotogrametri olduğuna göre Fotogrametrinin önemi bir kat daha artmaktadır. Ülkemizde haritacılar hariç İnşaatçılar, Jeologlar, Çevreciler, Fizikçiler, Elektronikçiler bu konuda çalışma yapmaktadırlar. Bunların hepsinin zorlandıkları nokta, harita bilgilerinin eksik olması nedeniyle veri toplamada ortaya çıkmaktadır.

3. Digital Fotogrametrinin maliyeti oldukça düşüktür. Çok kaba olarak bir tarayıcı bir tane kapasiteli bilgisayar, bir de çizici ile fotogrametrik üretim yapılabilir. Ayrıca analog aletlerdeki üç boyutlu görüşü elde etme zorluğu ortadan kaldırmıştır. Bir modeli birden fazla kişi aynı anda gözlükler vasıtasıyla üç boyutlu görme imkanına sahiptir. Bu imkanın eğitimde de önemli ölçüde katkısı olacaktır. Kuruluşlar kısa sürede bu sisteme geçmeli ve Harita üretirken bilgi sistemlerine de veri aktarmasını yapmalıdır.

4. Analitik ve digital yöntemin analog yöntemle nazaran hız, zaman ve hassasiyet üstünlüğü ortadadır. Üretimde tamamen analitik sisteme yada digital sisteme geçerken eski donanımın ne olacağı sorun olmaktadır. Hatta yeni sistemi kurulmasına eski donanım nedeniyle yöneticiler karşı çıkmaktadır. Oysa teknolojiyi yakalamak ve modern çağa ayak uydurmak için bu aletle çeşitli yollarla çöplüğe atılmak yerine yine ülkemiz yararına kullanılabilir. Bu konudaki görüşümüz aşağıda açıklanmıştır.

* Bu aletlerden aşırı olarak yıprananlar özellikle yeni açılan üniversitelere eğitim amaçlı verilebilir. Böylece T.K.G.M. 'ğü ve H.G.K. lığı zorluklar içindeki üniversite eğitimine bir katkıda bulunmuş olurlar.

* Üretimde kullanılan bu aletlerden iyi durumda olanlar ek parçalarla en azından yarı analitik hale getirebilir. Bu aynı zamanda daha ekonomik bir yol olacaktır. Buradan elde edilen sayısal veriler sisteme sağlanan bilgisayar desteği ile daha verimli kullanılabilir.

* Ülkemizde Hollanda'daki ITC benzeri bir enstitü kurulabilir. Bu konuda H.K.M.Odası bir komisyon kurmuş ve çalışmalara başlanmıştır. Bu aletler kurulan enstitüde eğitim amaçlı kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Ackerman, F., 1989, Fotogrammetry, International Advanced Training Centre, Stuttgart, WEST GERMANY
- Albert, J., Kreiling, W., 1975, Photometric Guide, Hebert Wichmann Verlag, Karlsruhe, GERMANY.
- Alkış, A., 1985, Kentsel alanlarda Fotogrametrik yöntemle 1/1000 ölçekli harita üretimi, TUFUAB 3-4 Haziran, Harita Genel Komutanlığı ANKARA.
- Alpekin, C., 1993, Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğünün çalışmaları ve genel tanıtımı, Orman dergisi, sayı 20, ANKARA.
- Aytaç, M., 1987, Fotogrametride dengeleme, birinci baskı, İ.T.Ü. matbaası, İSTANBUL.
- Bank, E., Taştan, H., 1994, Coğrafi Bilgi Sitmelerinde Analiz türleri, kullanım amaçları ve uygulama alanları, Harita Dergisi sayı 112, ANKARA
- Bilgin, T., 1987, Genel Kartografya, III. Baskı, İstanbul Üniversitesi Matbaası, İSTANBUL
- Erkek, B., 1995, Dijital Fotogrametrik Sistemler Hakkında Genel Bir İnceleme, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Harita Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Gürbüz, H., 1981, Fotogrametri, Seçuk Üniversitesi Matbaası, KONYA
- Gürbüz, H., 1982, Çift resim değerlendirme, S.Ü.matbaası KONYA
- Kolbl, O., 1995, Kamu Ölçmelerinde sayısal Fotogrametri, çeviren Ahmet Yaşayan, 5. Harita Kurultayı, H.K.M.O., ANKARA.
- Kubık, K., Tait, D., 1967, Photogrammetric Triangulation in space with analogue instruments, I.T.C, NETHERLAND.
- Ozar, N., 1993, Ormancılığımızda hava fotoğraflarının interpretasyonu ve foto yorumlama uzmanlığı, Orman Dergisi, sayı 20, ANKARA.
- Ölçücüoğlu, N., 1989., XVI. ISPSR Kongresi ışığında Fotogrametrideki gelişmeler, Harita dergisi, sayı 103, H.G.K., ANKARA.
- Önder, M., 1985, Analitik değerlendirme aletlerinden yararlanma olanakları, sorunlar ve bazı öneriler, TUFUAB, H.G.K., ANKARA.
- Örmeci, C., 1987, Uzaktan algılama, Cilt 1, İ.T.Ü. matbaası, İSTANBUL.
- Örüklü, E., 1987, Hava Kameralarındaki yeni gelişmeler, Burhan Tansuğ Sempozyumu, H.K.M.O. yayını, ANKARA.

Özbalmumcu, M., 1994, Fotogrametri biliminde son gelişmeler, Harita Dergisi, sayı 112, ANKARA.

Özbalmumcu, M., 1995, Fotogrametrik nirengi ölçüm ve Dengeleme yöntemleri, Harita Dergisi, sayı 114, ANKARA.

Şahiner, Ş., 1993, Sayısal fotogrametri yöntemleri ile sayısal orman haritaları ve coğrafi veri tabanının oluşturulması, Orman Dergisi, sayı 20, ANKARA.

Tüdeş, T., Bıyık, C., 1994, Kadastro Bilgisi, Fakülte yayın no : 50, K.T.Ü. Matbaası, TRABZON.

Wolf, P.R., 1993, Elements of Photogrammetry, mac Graw Hill, USA.

Yerci, M., 1978, 1/5000 ölçekli standart topoğrafik harita yapım yöntemlerinin kartoğrafik açıdan incelenmesi ve öneriler, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (Yayınlanmamış)

Yerci, M., 1990, Fotoğraf Bilgisi ve Çoğaltma Tekniği, S.Ü. Matbaası, KONYA.

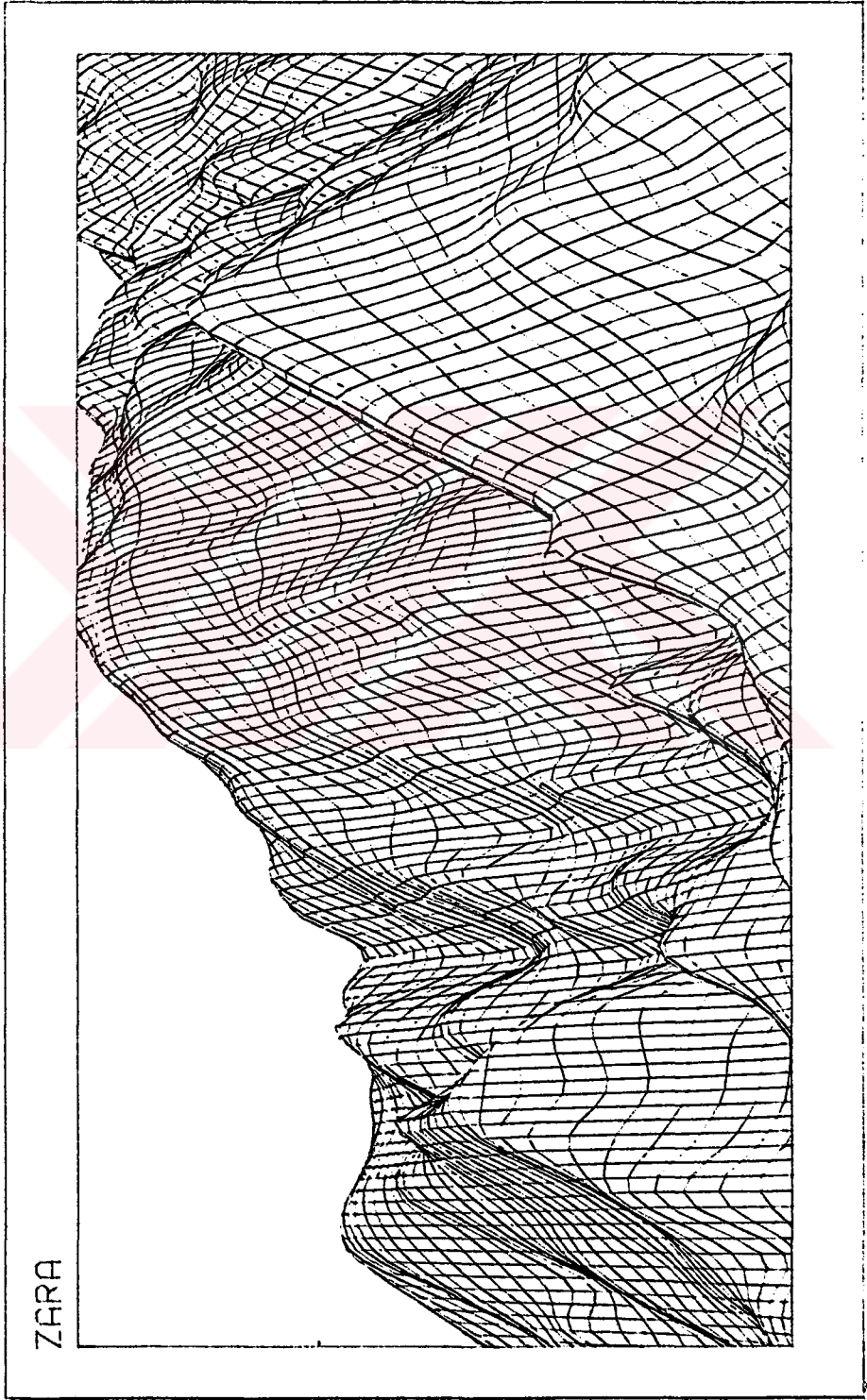
Yıldız, A., 1993, Ormancılığımızda hava fotoğrafı alımı ve uçuş planlaması, Orman dergisi, sayı 20, ANKARA.

Yıldız, F., 1984, Fotogrametride Analitik Esasların Oluşturulması, İTÜ Fenbilimleri enstitüsü, Yüksek lisans tezi. (yayınlanmamış)

Yıldız, F., 1988, Türkiye'de Karayolu etüd ve Proje çalışmalarında, uygulanabilecek fotogrametrik değerlendirme modeli ve öneriler, İTÜ Fen Bilimleri enstitüsü, Doktora tezi. (yayınlanmamış).

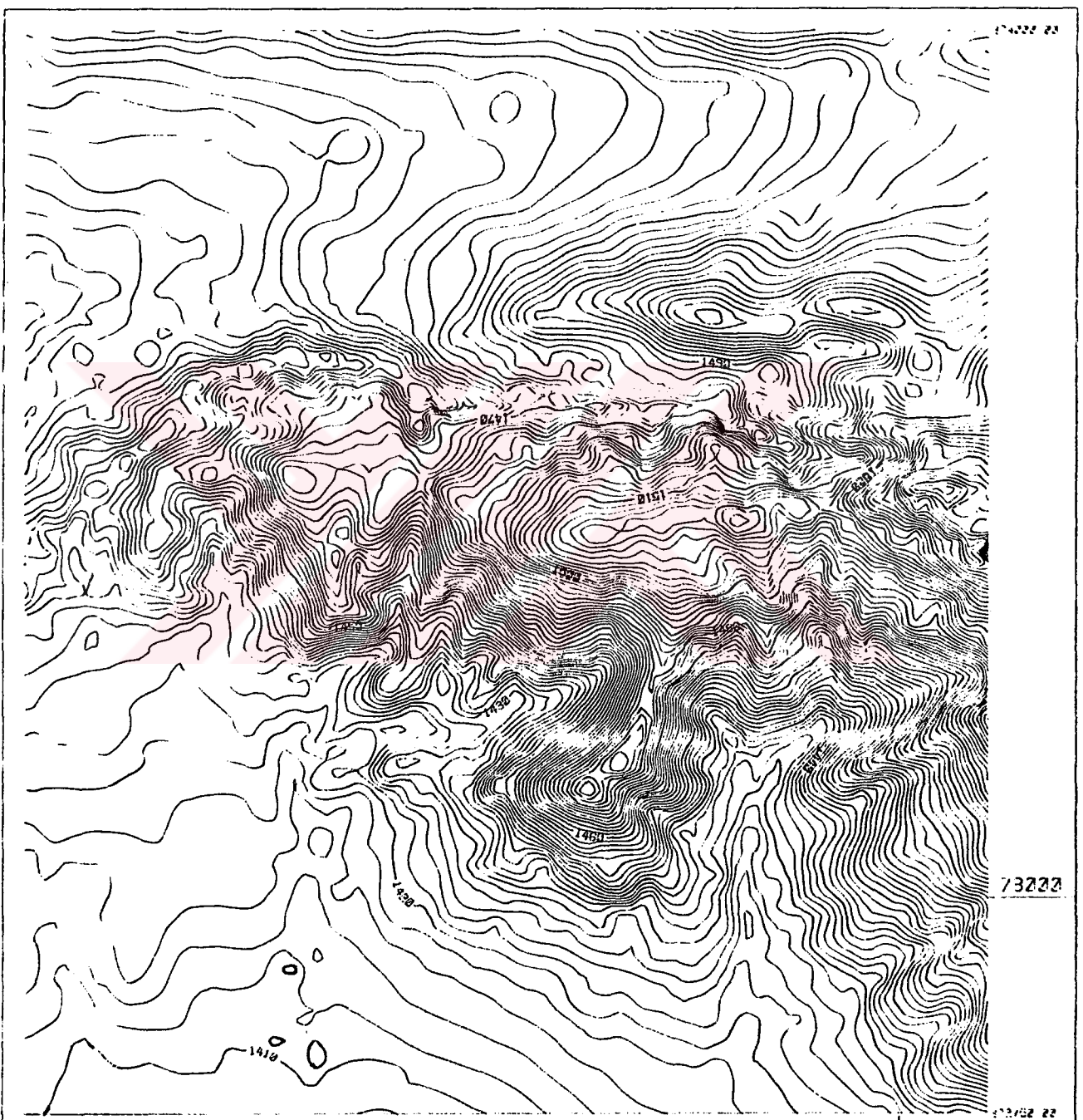
1989, Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği, TMMOB Harita Kadastro Mühendisleri Odası, Kent Basımevi, ANKARA.

1985, PAT-MR Program Instruction Manuel for Block Adjustment with Independent Models(from Carl Zeiss), Stuttgart, GERMANY.



00000

00000



00000

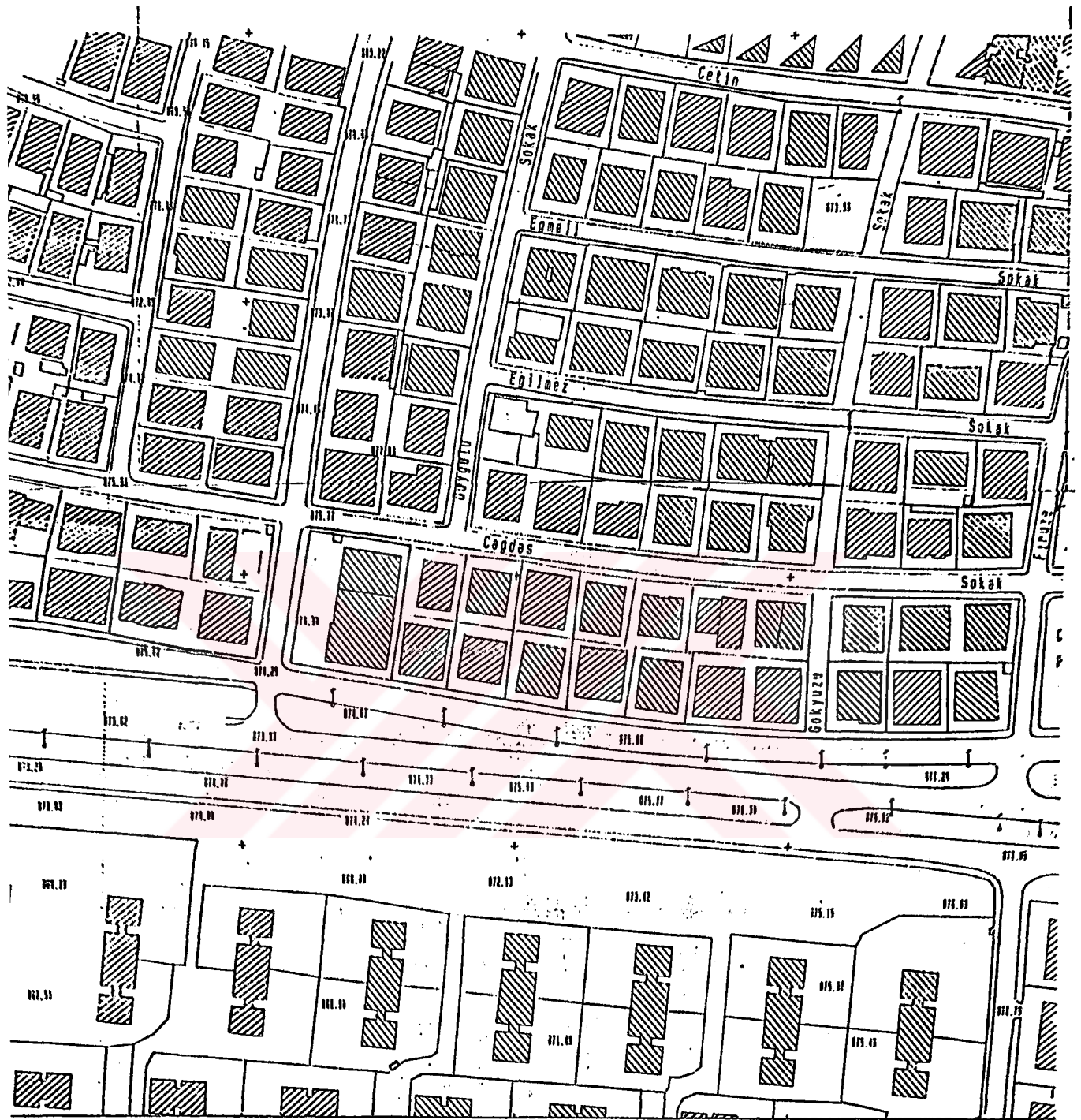
00000

00000

00000

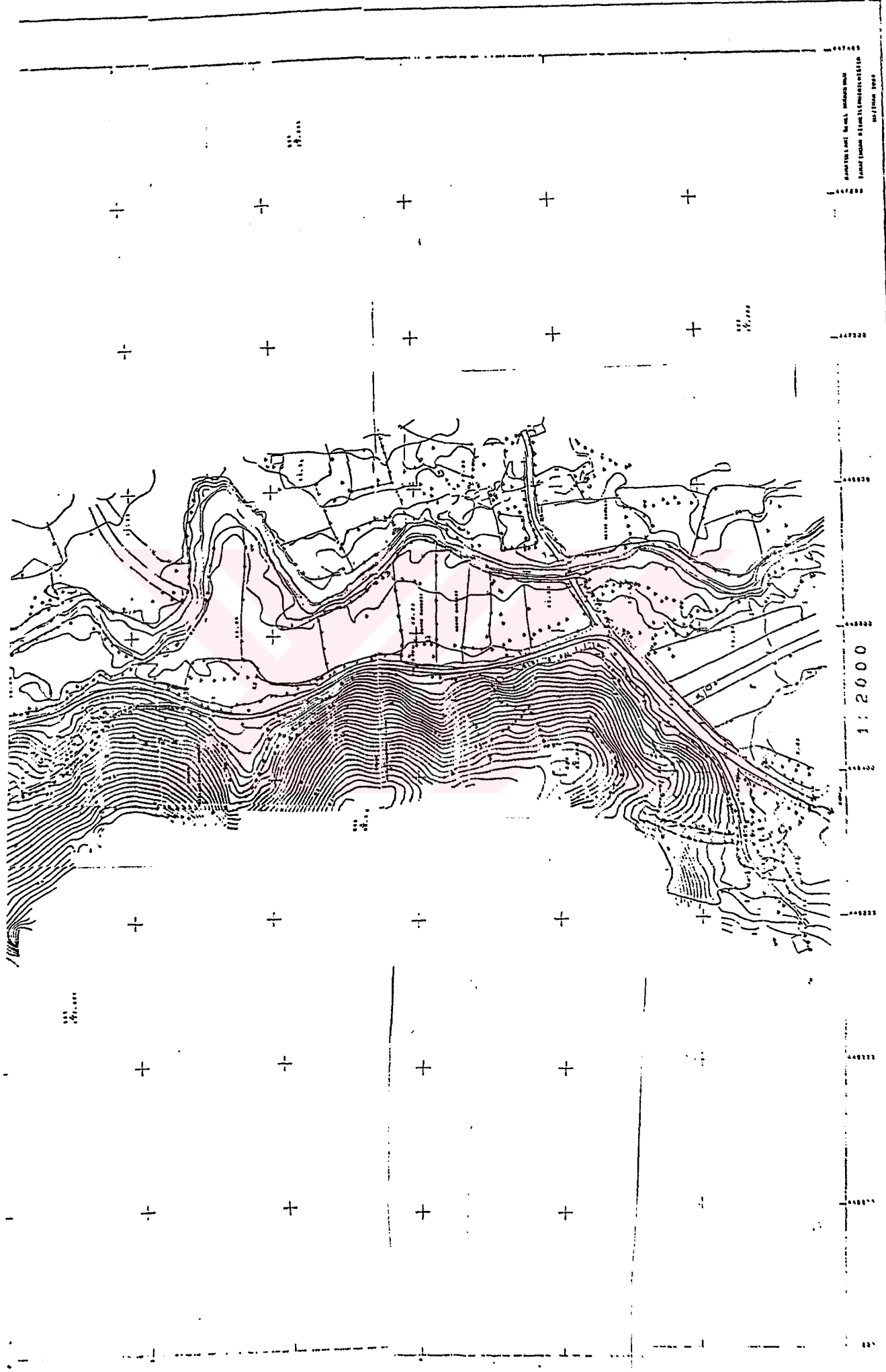
00000

00000

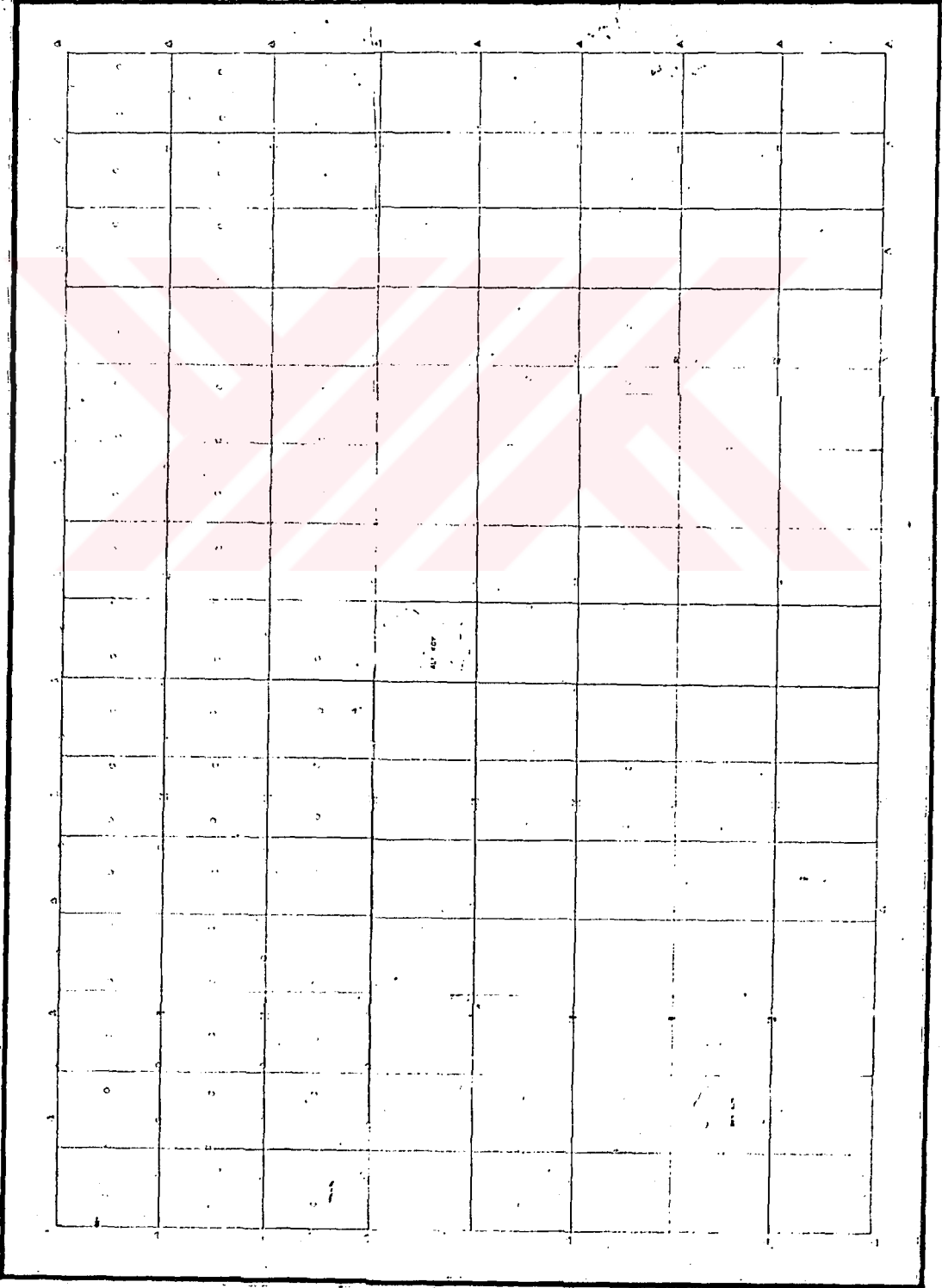


Scale 1:2000
Projection: UTM
Datum: WGS 84
Easting: 480000
Northing: 6200000

1:2000



FOTOGRAMETRİK NİRENGİDE BİR BLOKTA NOKTA DAĞILIMI



NOKTA TÜRLERİ

- TÜM YER KONTROL NOKTALARI (1, 1, 1, 1)
- ÖLÇÜYER KONTROL NOKTALARI (2)
- FOTOGRAMETRİK NİRENGİ NOKTALARI

NOKTA ADETLERİ

- 38 ADET TÜM YER KONTROL NOKTASI
- 35 ADET ÖLÇÜYER KONTROL NOKTASI
- 327 ADET FOTOGRAMETRİK NİRENGİ NOKTASI

TOPLAM NOKTA SAYISI • 400

1:5000 ÖLÇEKLİ HARİTA SAYISI • 120

NOKTA DAĞILIMI

- i = YER KONTROL NOKTASI BANDA ARALIĞI
- b = NOKTA BAZI UZUNLUĞU
- BLOK İÇERİSİNDEKİ TÜM YER KONTROL NOKTALAR DAĞILIMI İZİN ARALIKLI
- BLOK İÇERİSİNDEKİ ÖLÇÜYER KONTROL NOKTALARI DAĞILIMI İZİN ARALIKLI
- 1:5000 ARALIĞINDA TESPİT EDİLDİ.

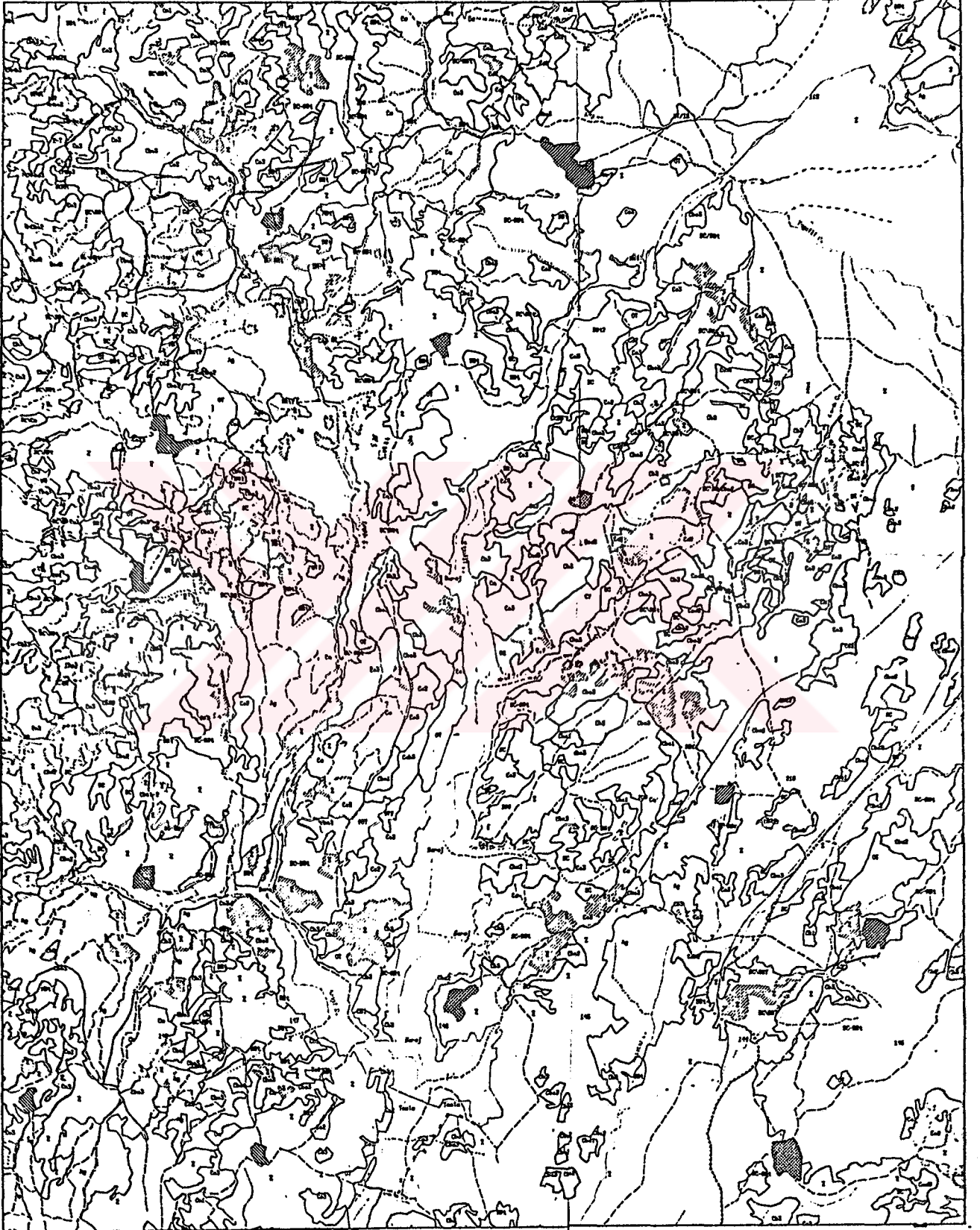
BLOK İÇERİSİNDE

TÜM YER KONTROL NOKTALARI % 10
ÖLÇÜYER KONTROL NOKTALARI (2) % 8
FOTOGRAMETRİK NİRENGİ NOKTALARI % 82
ORANLARINI OLUŞTURULUR.

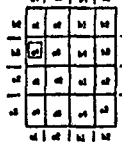
1:50 000

J 18 a1
IZHİR ORMAN HARİTASI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
KÜTÜPHANE MERKEZİ



PROJEYİ ÇİZEN: İZMİR İL ORMAN BAKANLIĞI, FOTOĞRAFÇI: İZMİR İL ORMAN BAKANLIĞI



ÖLÇEK 1:25000

