

Aerofotogrametride Ayar İşleri

— (Geçen sayıdan devam) —

Yazan :
Yüks. Müh.
Kerim Evinay

Stereoskopik model deformasyonlarının pratikte giderilmesi :

Relatif ayar ve rakım ayarı yapıldıktan sonra nirengi ve kontrol noktalarında model deformasyonlarından dolayı mütebaki kalan rakım hatalarını giderebilmek için oriyantasyon elemanlarında gayri kabil ictinap olarak kalan hataların; stereoskopik modelin muhtelif noktalarında (ve faraza 1, 2, 3, 4, 5, 6 ayar noktalarında) ne miktar bir rakım hatası vücuda getirdiklerinin bilinmesi lâzımdır.

Bunun için de aşağıda iki misal verilecektir :

Misal 1 :

$h = 4000$ m., Uçuş irtifası araziden,

$f = 10$, hava kamarası resim mesafesi,

18×18 cm. = Resim ebadi,

$b = 2400$ m; baz,

$y = 3, 4, 5, 6$, ayar noktalarının 1 - 2 ayar noktaları arasındaki hattan olan uzaklığı. Diyapozitif camlar üzerinde 75 mm. olarak (arazide 3000 m.) alınmıştır.

x = Yukarıda kabul edilen O_1 koordine mebdetine nazaran,

$x_1 = x_3 = x_5 = 0$; ve

$x_2 = x_4 = x_6 = 2400$ m. dir.

Bu verilen malümlara göre (1, 2, 3, 4, 5, 6) ayar noktaları için dh = Deformasyon, rakım hataları yukarıda verilen denklemlerle hesap edilmiş ve aşağıdaki tabella 1 de verilmiştir.

Tabella 1

Stereoskopik model dahilinde; Oriyantasyon elemanlarında mütebaki kalan hatalar yüzünden 1, 2, 3, 4, 5, 6 Numaralı ayar noktalarında vücuda gelen rakım hatalarını gösterir cetveldir.

Aşağıdaki Tabellada; rakım hataları metre cinsinden verilmiştir. Oriyantasyon elemanları mütebaki hataları evvelce verilen vasatî hatalar kadardır. Yani $dk_1 = dk_2 = \pm 5.6^\circ$; $d\varphi_1 = d\varphi_2 = \pm 2.0^\circ$; $d\omega_1 = d\omega_2 = \pm 3.5^\circ$; Bunlardan mada $dz_1 = dz_2 = 5$ m. ve dx_2 10 m. olarak kabul edilmiştir.

	dx_1	dx_2	$d\varphi_1$	$d\varphi_2$	$d\omega_1$	$d\omega_2$	dx_1	dx_2	dz_1	dz_2
1	0	0	+2.1	-2.8	0	0	+1.7	-1.7	0	+5
2	0	0	+2.8	-2.1	0	0			+5	0
3	-4.4	+4.4	+2.1	-2.8	0	+1.6			0	+5
4	-4.4	+4.4	+2.8	-2.1	+1.6	0			+5	0
5	+4.4	-4.4	+2.1	-2.8	0	-1.6			0	+5
6	+4.4	-4.4	+2.8	-2.1	-1.6	0			+5	0

Misal 2 :

$h = 4000$ m. ; Uçuş irtifai, araziden,

$f = 200$ mm. ; Hava kamarası resim mesafesi,

18×18 cm. = Resim ebadı,

$b = 1200$ m. ; Baz,

$y = 3, 4, 5, 6$, ayar noktalarının 1 — 2 numaralı ayar noktaları arasındaki hattan olan uzaklığı. Diyapozitif camlar üzerinde 75 mm. olarak (arazide 1500 m.) alınmıştır.

Yukarıda kabul edilen 0_1 koordine mebdeine göre ;

$x_1 = x_3 = x_5 = 0$; ve

$x_2 = x_4 = x_6 = 1200$ m. dir.

Bu izahat ve malûmattan sonra ; (1, 2, 3, 4, 5, 6) ayar noktaları için dh rakım hataları yukarıda verilmiş olan denklemlerle hesap edilmiş ve aşağıdaki Tabella 2 de verilmiştir.

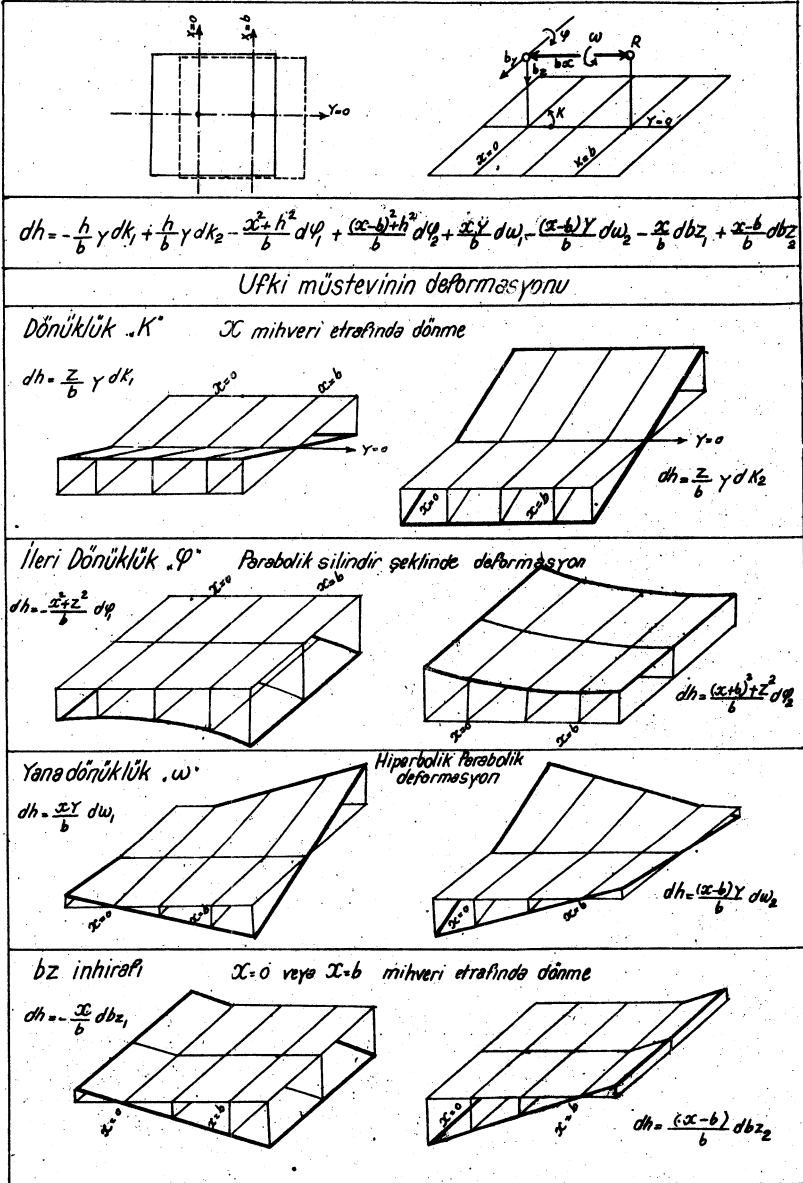
Tabella 2

Aşağıdaki Tabellada ; rakım hataları metre cinsinden verilmiştir. Oriyantasyon elemanları mütebaki hataları evvelce verilen vasatî hatalar kadardır. Yani : $dk_1 = dk_2 = \pm 21.1^\circ$; $d\varphi_1 = d\varphi_2 = \pm 4.0^\circ$; $d\omega_1 = d\omega_2 = \pm 7.0^\circ$ ve bunlardan mada ; $dz_1 = dz_2 = 5$ m. ve $dx_3 = 10$ m. olarak kabul edilmiştir.

$h = 4000$ m. ; ve $f = 200$ mm. normal hava kamarasile.

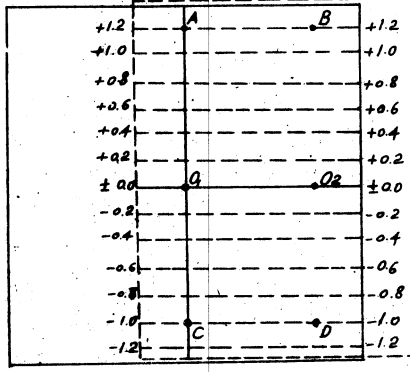
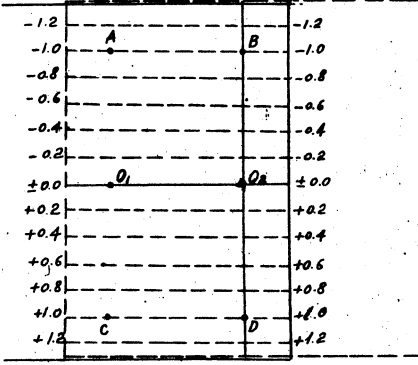
	dx_1	dx_2	$d\varphi_1$	$d\varphi_2$	$d\omega_1$	$d\omega_2$	dx_1	dx_2	dz_1	dz_2
1	0	0	+8.4	-9.1	0	0	+ 3.3	- 3.3	0	+5
2	0	0	+9.1	-8.4	0	0			+5	0
3	-16.5	+16.5	+8.4	-9.1	0	+1.7			0	+5
4	-16.5	+16.5	+9.1	-8.4	+1.7	0			+5	0
5	+16.5	-16.5	+8.4	-9.1	0	-1.7			0	+5
6	+16.5	-16.5	+9.1	-8.4	-1.7	0			+5	0

MODEL DEFORMASYONLARI

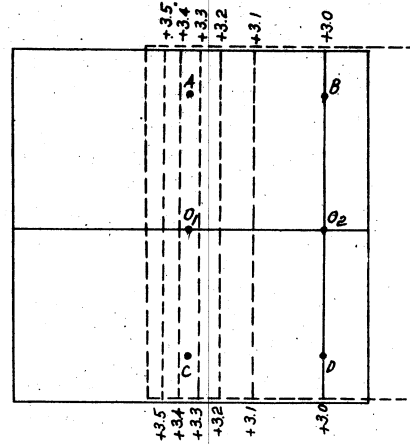
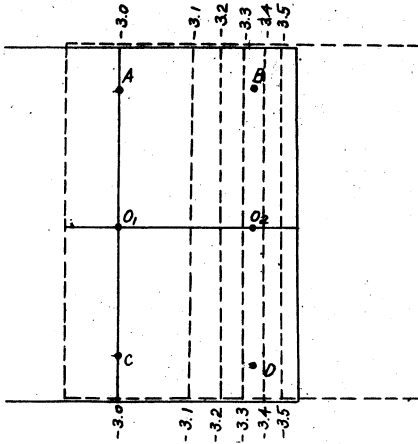


Şekil (4)

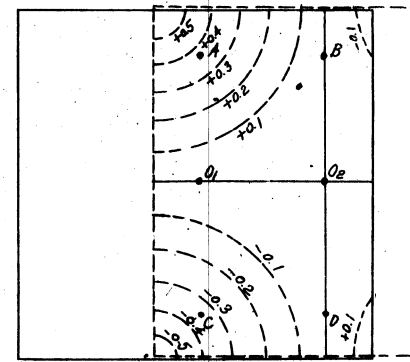
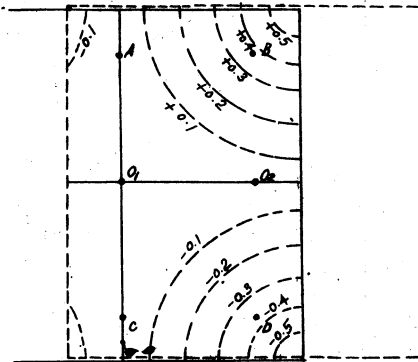
MODEL DEFORMASYONLARI
 $b = \frac{1}{3} h$ Şekli hava fotoğraflarında
 Hatalar 0.01 Radyan cinsinden verilmiştir.



$dK = 1$



$d\varphi = 1$



$dW = 1$

Şekil (5)

Âlet hataları ve harici tesirler

1. Dahili cihetleme hataları :

a. Hava kamarasında fotoğrafların alımı sırasında hava kamarası objektifi ile fotoğraf (fotoğraf müstevisi ve fotoğraf üzerindeki dört resim markası ile tayin olunan fotoğraf) arasında birbirlerine nazaran doğru vaziyetinden inhiraf ve kaymalar,

b. Aynı suretle diyapozitif camlar üzerinde yine fotoğrafın dört resim markasına belirli resmin kıymetlendirme makinası objektifine nazaran hakiki ve doğru vaziyetinden inhiraf ve kayma miktarı olarak iki kısımda mütalâa edilebilir.

Dahili cihetleme hatalarının tesirleri :

Her iki halde de resim esas noktasının x - istikametinde ufak bir miktar kaymış olması Stereoskopik modelin hafif bir şekilde eğilmesini mucip olur.

Stereoskopik model içerisindeki arazi parçasında ; fazla rakım farkları mevcutsa (arızalı arazi) ; bu takdirde, resim esas noktasının x - istikametinde ufak bir miktar kayması Stereoskopik model dahilindeki rakım mikyasının yukarıdan aşağıya doğru inildikçe bir parça değişmesinde sebep olur.

Resim esas noktasının, yanlış olarak y - istikametinde ufak bir miktar kaymış olması ; Stereoskopik model dahilinde silindirik şekilde ufak bir eğilmeyi vücuda getirir.

Kıymetlendirme makinalarında hava filminin dolayısıyla diyapozitif camlarının küçülme ve büyümelerine göre ayarlanması lâzımgelen ve kıymetlendirme kamaralarındaki fuayye tanburlarına tatbik edilen resim mesafeleri miktarlarında ve her iki kamarada birden yapılacak aynı miktar bir hata (df) ; Stereoskopik model içerisinde deniz sathından yukarıya doğru irtifa mikyasının değişmesine sebep olur.

Resim mesafesi (f) Tashihi :

Hava filmleri ve dolayısıyla bunlardan doğrudan doğruya kontak tabii ile hazırlanan diyapozitif camlar üzerinde resim markaları arası x ve y istikametlerinde bu maksat için hazırlanmış cam cetveller vasıtasile (0.1 mm. taksimatlı) ölçülerek filmin x ve y istikametlerindeki büyüme ve küçülme miktarları tesbit edilir. Bu miktarlar diyapozitif camlar üzerindeki resim markaları arasında cam cetvelle ölçülen miktar ile resim markaları arasındaki fabrikası tarafından verilmiş bulunan kıymeti arasındaki farktır.

a. Diyapozitif camlar üzerindeki x ve y istikametinde ölçülen miktarlarla bu miktarların fabrika tarafından verilen kıymetleri karşılaştırılarak

bulunan büyüme ve küçülme miktarları x ve y istikametleri için aynı ise :

Kıymetlendirme makinasındaki kıymetlendirme kamaralarının resim mesafesini (f) aynı nisbet dahilinde büyötmek ve küçölmek lâzımgelir. Bu miktar :

s = Fabrika tarafından verilen, kamara markaları arasındaki mesafe,

s' = Diyapozitif camlar üzerinde ölçölen marka mesafesi,

f = Fabrika tarafından verilen, kamara sabitesi (resim mesafesi) ,

f' = Büyöme ve küçölmeye göre hesap edilecek ve kıymetlendirme kamaralarına verilecek olan kamara sabitesi (f) olduğuna göre :

$$f' / s' = f / s$$

$$f' = s' / s \cdot f$$

denklemleri bulunmuş olur.

Zeiss fabrikası tarafından imâl edilen RMKS. 1818 hava kamaraları ve bunlara ait fabrika tarafından verilen (f) ve (s) kıymetlerine ve diyapozitifler üzerine vaki olabilecek büyümelere göre ; yukarıki denklem yardımıle kıymetlendirme makinaları kamaralarına tatbik edilmesi lâzım gelen (f') kıymetleri hesap edilmiş ve aşağıdaki cetvelde verilmiştir.

b. Diyapozitif camlar üzerinde x ve y istikametinde ölçölen miktarların büyüme ve küçölmeleri aynı nisbet dahilinde değölse :

x ve y istikametinde büyüme veya küçölmelerin ortalaması (x ve y istikametindeki büyüme küçölmeler arasındaki fark pratikte tecviz edilebilecek kadar küçük olmalıdır) alınır ve bu miktara göre kıymetlendirme makinasındaki kıymetlendirme kamaralarının resim mesafelerini aynı nisbet dahilinde yine verilen denkleme göre büyötmek veya küçölmek icap eder.

Aksi halde ve faraza ; yalnız x istikametinde diyapozitif camlar üzerinde yapılacak marka mesafeleri ölçölerine göre hesap edilerek kıymetlendirme kamaralarına verilecek bir resim mesafesi tashih miktarı kıymetlendirme esnasında y istikametinde ufak bir makyas farkı verir.

Geniş zaviyeli kamaralara mahsus (f) düzeltme cetveli

Marka mesafesi	Hava kamaralarının resim mesafeleri.		
	99,43	99,68	99,91
175.50	99,15	99,42	99,91
175.60	99,20	99,48	99,68
175.70	99,26	99,53	99,74
175.80	99,32	99,58	99,80
175.90	99,37	99,63	99,85
176.00	99,43	99,68	99,91
176.10	99,49	99,73	99,97
176.20	99,54	99,80	100,03
176.30	99,60	99,85	100,08
176.40	99,66	99,61	100,13
176.50	99,71	99,96	100,19
176.60	99,97	100,00	100,25

Cetvelin kullanılması

Camın emülsiyon tarafından markalar arası ölçülür. Bulunan miktara göre hava kamarasının (f) miktarı hizasındaki rakam makineye verilecek düzeltilmiş (f') i verir.

Misal :

Marka mesafesi 176.30 , hava kamarası $f = 99.91$ olduğuna göre makinenin f' i 100.08 olur.

Objektif distorsiyonları yüzünden doğacak kıymetlendirme hataları :

Hava kamarası ve kıymetlendirme objektiflerinin distorsiyon miktarları; bilhassa Porro - Koppe Prensibine göre çalışan kıymetlendirme makinelerinde (Zeiss Stereoplanigrafi gibi) yekdiğerine tamamen eşit olması lâzımdır. Pratikte bu evsafa objektifler imal etmeğe gayret edilmekle beraber; aynı tipten olan objektiflerde dahi imal hataları yüzünden ufak farklar kalmaktadır.

Bu farklar; objektif hataları ve distorsiyon bahsinde cins ve nevi-leri ve husule getirecekleri tesirler mufassalan tetkik edilebileceği gibi; bilhassa fotoğraf köşelerinde hissedilir derecede bir y - komponenti (Şakuli Paralaksa) vücuda getirirler.

Relatif ayar esnasında bu y - Şakuli paralaksalarını gidermek için fazladan bir İleri dönüklük (φ) verilmek mecburiyetinde kalınır. Bu ise; stereoskopik modelde silindir şeklinde bir eğilmeyi, deformasyonu vücuda getirir. Böylece stereoskopik modelde husule gelen rakım hataları birbir-leri üzerine inziman ederek (müteakip anşluslar yapıldıkça) bilhassa hava nirengisinde büyük tesirleri görülür.

Refraksiyon ve arz kürreviyeti yüzünden doğan hatalar :

Atmosfer içerisinde yer yüzündeki cisimlerden hava kamarası objektifine kadar gelen ve hava fotoğraflarının teşekkülüne yarayan şua huzmesi; refraksiyon ve arz kürreviyeti yüzünden şakuli hava fotoğraflarında; fotoğrafın ortasından kenarlara gidildikçe artan ve distorsiyon hatalarına benzer bir hata vücuda getirirler.

Atmosfer refraksiyonu ve arz kürreviyeti yüzünden vücuda gelen hatalar; şakuli çekilen hava fotoğraflarında, ancak küçük miktarlara ba-liğ olurlar.

Şimdiye kadar bahsedilen hatalar; sistematik hatalar olup doğrudan doğruya kıymetlendirme işlerinde istifade edilen şua huzmesinin karakterini değiştirmektedirler.

Bu hatalardan gayri tesirlerini aynı şekilde icra eden ; ve fakat doğrudan doğruya kıymetlendirme âletlerine atfedilen «Âlet hataları» vardır. Bunlar: Âlet esas ayarları, kızak ve hareket eksenlerindeki hatalardır. Âlet hataları; pratikte yalnız dişliler arasındaki ölü hadve ye atfedilmemelidir.

Üniversal kıymetlendirme âletlerinde; Âlet hataları; kıymetlendirme âletinin esas ayarları, sıfır ayarları ve netlik ayarları itina ile yapılacak olursa, bu hatalar pratiğin istediği ölçü tecvizi hatası altına indirilebilir.

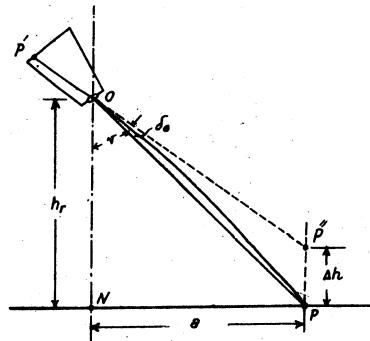
Üniversal Presiz bir kıymetlendirme makinasının esasa ayar; Sıfır ayarı ve kusursuz çalışıp çalışmadığı; bu kıymetlendirme âletine hava fotoğrafları diyapozitifleri yerine gayet hassas bir şekilde hazırlanmış ve çizilmiş bulunan kareli camlar konulmak suretile yapılır.

Hava fotoğrafları diyapozitiflerle elde edilen mücessemi arızalı bir arazi parçası yerine tam manasile düz ve yine mücessemi bir model elde edilir. Bu kareli cam modelinin stereoskopik mesahası neticesinde Âlet hataları tesirleri adedi olarak ölçülüp ve tesbit edilebilir.

Sıfır ayarı ve netlik ayarları yeri gelince mufassalan izah edilecektir.

Hava Fotoğrametrisinde Atmosferik Refraksiyonun Hava Fotoğrafları ve Stereoskopik modelde vücuda Getirdiği Deformasyon

Havadan fotoğraf alımı sırasında; yer yüzündeki cisimlerden fotoğraf kamerası objektifine gelen ışınlar, aşağıdan yukarıya doğru çıkdıkça azalan muhtelif yoğunluktaki hava tabakalarından mütemadi bir kırılmaya maruz kalırlar.



Şekil (6)

Atmosferik Refraksiyon denilen bu kırılma neticesinde şekil (6) de görülebileceği gibi arazi üzerinde bulunan bir P noktasının hayali p' noktasında imiş gibi çıkar.

$$\Delta h = \frac{k'}{2R} h^2 + \frac{k'}{2R} a^2$$

$$k' = 0.19 (1 - 0.035 (2h_r + 3h_g))$$

Burada :

Δh = P noktasının zahiri yüksekliği (deformasyon),

h_r = Araziden uçuş irtifai (relatif uçuş irtifai),

h_g = Ortalama arazi irtifai, deniz seviyesinden,

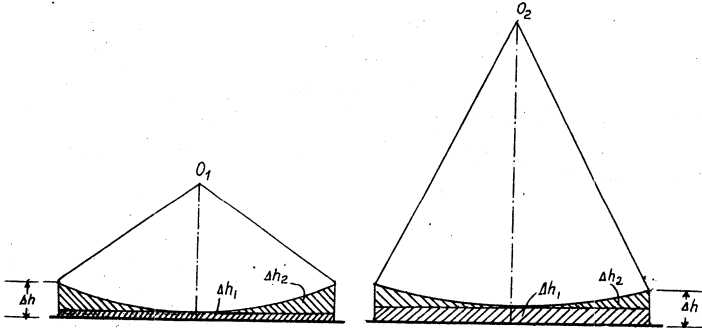
R = Arzın nısıf kutru, ortalama 6370 km. alınmıştır,

k = Mühavvil Refraksiyon emsali,

a = P noktasının, (N) nadir noktasından olan mesafesi.

Fotoğrametrik kıymetlendirmeler için, şakuli olarak çekilen hava fotoğraflarında, neticede; atmosferik refraksiyondan dolayı aşağıdaki şekilde hakikattan inhiraf eden bir arazi parçasının fotoğrafı alınmış olur :

1 — Fotoğrafı alınan bütün arazi parçası aynı bir miktar kadar (Δh_1) yükselmiş,



Şekil (7)

2 — (N) nadir noktasına nazaran her tarafa doğru simetrik olarak bütün arazi parçası faraza düz bir müstevi iken ortası çukur ve kenarlara doğru yükselmiş gibi bir vaziyet arzeder. Şekil (7).

Atmosferik refraksiyon tesirlerini gösterir Tabella 1.; muhtelif araziden uçuş irtifaları (h_r) için hesap edilmiş ve bu irtifalar için :

k' , refraksiyon emsalleri,

Δh_1 , araziden zahiri yükselme miktarları,

Δh_2 , arazinin deformasyonlarını gösteren miktarlar metre cinsinden verilmiştir.

Tabella 1

Refraksiyondan mütevellit arazinin zahiri deformasyonu

h_r metre	k'		Δh_1 (metre)		Δh_2 (metre) $\alpha = 5$ km. için	
	$h_g = 0$	$h_g = 1000$ m	$h_g = 0$	$h_g = 1000$ m	$h_g = 0$	$h_g = 1000$ m
2000	0,16	0,14	0,05	0,04	0,31	0,27
4000	0,14	0,12	0,18	0,15	0,27	0,24
6000	0,11	0,09	0,31	0,25	0,22	0,18
8000	0,08	0,06	0,40	0,30	0,16	0,12

Tabella 1 den görülebileceği gibi :

1 — Araziden uçuş irtifaları arttıkça arazinin zahiri yükselme miktarları (Δh_1) artar.

2 — Araziden uçuş irtifaları arttıkça aynı (a) mesafeleri için arazinin deformasyon miktarları (Δh_2) azalır.

Netice :

1 — Atmosferik refraksiyondan mütevellit arazi deformasyonlarının miktarı; tek resimle; ve çift resimle stereoskopik olarak mesahalarda ihmal edilebilecek derecede küçüktür.

2 — Hassas mesahalarda ve bilhassa uzun kolonlar kullanarak yapılacak hava nirengisinde atmosferik refraksiyon tesirlerinin nazarı itibara alınması lâzım gelir.

Şahsi Hatalar :

Jeodezinin diğer bütün ince mesahalarında olduğu gibi, fotogrametri stereoskopik mesaha ve kıymetlendirme işlerinde de operatörün şahsi hataları mesahalar içerisine girmektedir.

2 — Bundan sonra altı adet atlama noktası sırasile ;

$a_1, b_1, a_2, b_2, a_3, b_3$ okunur.

3 — Bu sefer altı noktanın evvelki rasat sırasının aksine olarak, yani: $b_3, a_3, b_2, a_2, b_1, a_1$ sırasına göre kıraatları yapılır. Bu suretle her nokta ikişer defa kıraat edilmiş ve ilk okunan noktaların son okunan noktalara nazaran tatbiklerinde genel olarak vaki olan sistematik ve fizio-lojik yavaşma farkları ortadan kaldırılmış olur.

Fotogrametride Optik ve Hataları

Fotogrametride kullanılan fotoğraf kameraları, çekilen fotoğrafları hartaya tahvil edebilen basit ve en modern kıymetlendirme aletleri, hava fotoğraflarını fotoplanlar için rektife edebilen rödresman aletleri nihayet bütün fotogrametri aletlerinin çoğunda objektif kullanılmaktadır.

Fotogrametri, fotoğraflarla tesbit edilen cisimlerin şekil ve ölçülerini bu fotoğraflar yardımı ile ölçen bir ilim olduğundan dolayı, fotogrametri maksatları için çekilen fotoğrafların merkezi Perspektif esaslarına göre projeksiyon yapabilen objektifler vasıtasile alınmış olmaları lâzım gelir.

Fotogrametri ölçmelerinde kullanılan fotoğraflar, ait oldukları cisimlerin bütün tafsilâtını kesin olarak verebilmeleri için gayet net olmalıdır. Bundan mada, arzî fotogrametride istenildiği kadar uzun poz verilebildiği halde havaî fotogrametride hava kamerası tayyarenin içerisine monte edilmiş olduğundan ve tayyare büyük bir hızla hareket ettiğinden dolayı poz müddeti gayet kısa bir zaman fasılası olarak seçilmek mecburiyetindedir. Bunun neticesi olarakta hava kameralarında kullanılan objektiflerin kısa bir zaman fasılasında mümkün mertebe fazla ziya sevkedebilme-leri için objektif açıklıklarının büyük olması gerekmektedir.

Yukarıda verilen şartlardan mada fotogrametride kullanılan objektifler, hiç olmazsa ölçü sıhhatı dahilinde kalmak üzere çekilen cisimlerin geometrik olarak tam manasile doğru şekillerini verebilmelidirler. Yani fotogrametri objektiflerinin Distorsiyon hataları ölçme sıhhatını bozmayacak kadar küçük olmalıdır. Yukarıki izahata göre,

Fotogrametrik Objektif :

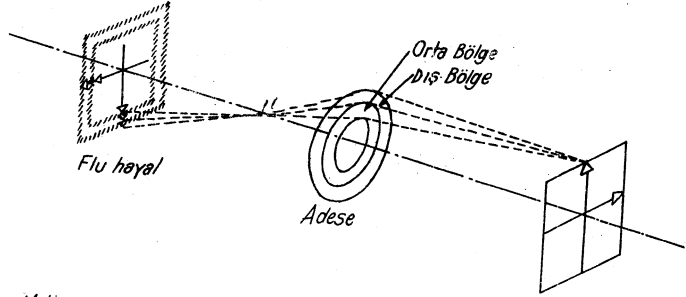
Kısa bir zaman fasılasında cisimlerin fotoğraflarını net ve geometrik şekillerine sadık olarak merkezi perspektif esaslarına göre verebilen ve resim açısı mümkün mertebe büyük olan objektiflere denilir.

Fotogrametri objektiflerinde resim açısının büyük olması, bilhassa havaî fotogrametride tek bir fotoğrafla çok yüksek uçuş irtifalarına çık-maksızın mümkün mertebe büyük bir sahanın fotoğrafını alabilmek için

OBJEKTİF HATALARI

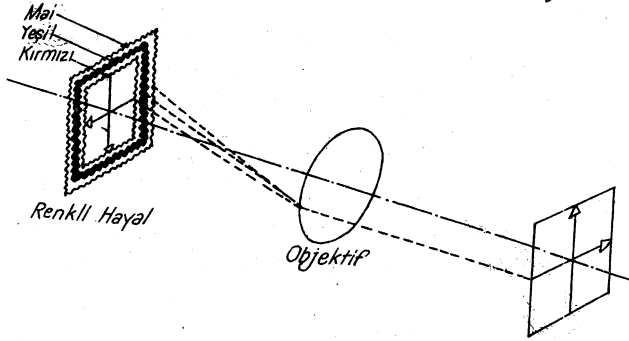
SFERİK ABERRASYON

Konvergent mesafeleri her bölge için başka başka



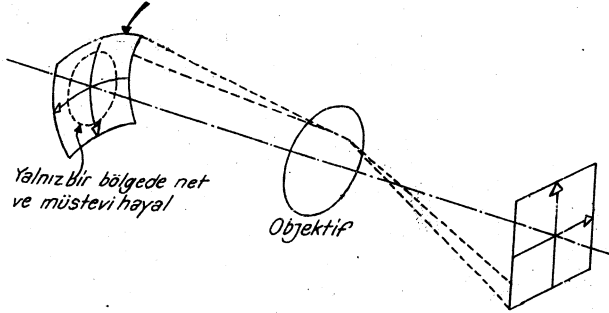
KROMATİK ABERRASYON

Beyaz ışın hüzmesi Spektrum renklerine ayrılır.



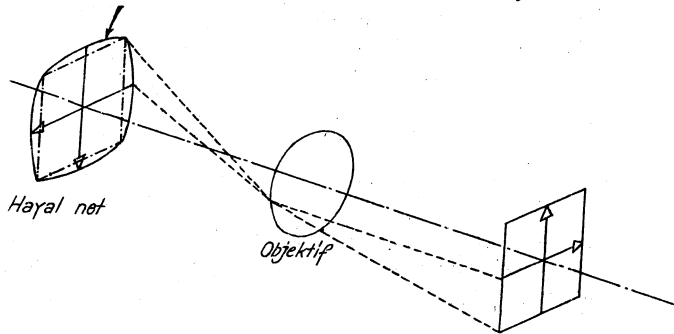
SAHA EĞİLMESİ ASTİGM.

Net hâyal, Sferik bir yüz üzerinde teşekkül eder.



DİSTORSİYON

Kare şekilli P11 veya aksine deforme olur.



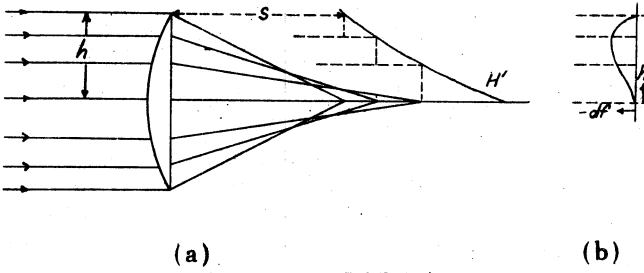
lüzumludur. Ancak busuretle, normal uçuş yüksekliklerine çıkabilen ekonomik tayyarelerin fotogrametri işlerine kifayeti ve arazi üzerinde tesis edilmesi lâzımgelen nirengi ve kontrol noktalarının asgarî bir hadde indirilmesi mümkün olabilmektedir.

Fotogrametri objektiflerinden istenilen şartlardan herbirinin tahakkuku diğer şartlardan fedakârlık yapmayı icabettirdiğinden dolayı, bu objektiflerin imali teknikte büyük güçlükler doğurmaktadır. Bu sebeple, optik ilminin en ince teknik teferruatıda göz önünde bulundurularak imal edilen objektiflerde dahi yine bir miktar Adese hataları mevcut bulunmaktadır. Bu Adese hatalarını sırasile gözden geçirmek fotogrametri çalışmalarında kolaylık ve sıhhat bakımından çok mühimdir.

Sferik Aberrasyon :

Bir adesede cisim tarafından optik mihvere paralel olarak gelen şuaların hepsi adeseden geçtikten sonra tam H noktasında kesmeleri lâzımgelirken, yine optik mihver üzerinde ve fakat bazıları H noktasından ileride ve bazılarında geride kesişirler. Bu adese hatasına Sferik Aberrasyon denilir.

Şekil (9 a) da, bir basit adeseden (Plankonveks) şuaların seyir tarzı gösterilmiştir.



Şekil (9)

Paralel bir şuanın optik mihverden olan uzaklığı (h) ne kadar büyük olursa adeseden geçtikten sonra optik mihver üzerindeki kesişme noktası adeseye okadar yakın olur, böylece optik mihvere en yakın olarak gelen şualar adeseden çıktıktan sonra en uzakta kesişirler. (s) mesafelerine kesişme mesafeleri denilir.

Adeselerin yan yana getirilmesi suretile yapılan konbinezon vasıtasile yalnız optik mihvere en yakın ve adesenin kenarlarından geçen şuaların Sferik Aberrasyonları sıfıra indirilebilir. Bu şualar arasında kalan diğer paralel şualar için bir miktar Sferik Aberrasyon hatası tamamen bertaraf edilemez. Bu mütebaki Sferik Aberrasyon hatası (Şekil 9 b) de

grafik olarak gösterilmiştir. Bu grafikte x mihveri üzerinde Sferik Aberasyon hataları (mütebaki kalan) ve y mihveri üzerinde ise paralel şuaların optik mihverden olan (h) uzaklıkları gösterilmiştir.

Sferik Aberasyon hatası, kesin bir nokta halinde çıkacak hayallerin küçük dağılma daireleri olarak teşekkül etmesine sebep olur.

Optik mihver civarındaki hayallerin net olarak elde edilebilmesi için :

$$\frac{h}{\sin \alpha'} = f_0$$

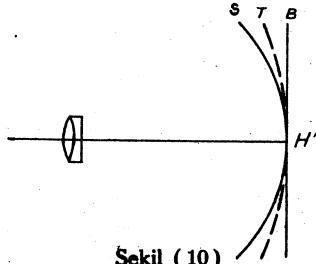
kıymetinin aynı h kıymetine tekabül eden mütebaki Sferik Aberasyon hatasına takriben eşit olması lâzımgelir. Bu şarta Abbas Sinus şartı denilir. Burada f_0 optik mihver civarına ait odak mesafesi, ve (α') ise esas şuaların optik mihverle teşkil ettiği açığı gösterir.

Astigmatizm ve Koma :

Optik mihvere çok meyilli olarak gelen şualardan bilhassa dar açılı şualar adese sistemi içerisinde meyilli olarak geçmek mecburiyetinde kaldıklarından, buna benzer şualar f odak mesafesinde B resim müstevisi üzerinde toplanarak net bir hayal verecekleri yerde S ve T gibi iki muhtelif müstevi üzerinde ayrı ayrı iki hayal verirler. Objektiflerin bu hatasına Astigmatizm denilir. Genel olarak, resim esas noktası istikametindeki şualar S müstevisi içerisinde net olarak teşekkül ederler ve resim esas noktasına nazaran konsentrik olan hatlar (daire veya daire parçaları) ise T müstevisi içerisinde net olarak teşekkül ederler. (Şekil 10).

Astigmatik hatalar yüzünden teşekkül eden bu iki S ve T müstevisi adeselelerin uygun kombinezonu yoluyla birbiri üzerine düşürülerek tek müstevi elde edilir. Buna Astigmatik korreksiyon denilir.

Fotogrametri çalışmalarında kolaylık ve sıhhatı temin için bu iki S ve T müstevilerinin resim sahası kamburluğunda gidererek S ve T müstevilerinin f odak mesafesinde (hakikî olarak resim mesafesi) bulunan B düz müstevisi üzerine düşürülmelidir. Buda yine muhtelif adese kombinasyonlarla elde edilmeye çalışılırki bunada Anastigmatik düzleme denilir.



Şekil (10)

Astigmatik korreksiyon, Anastigmatik düzleme tashihleri küçültüldükçe objektiflerde Aberasyon hataları artmağa başlar, bilhassa me-

yilli ve geniş açılı şualar resim netliğini bozmağa başlarlar. Bunun neticesi olarak nokta şeklinde zuhur etmesi lâzımgelen hayeller bir virgül veya kuyruk şeklinde teşekkül etmeye başlarki bu hadiseye koma denilir.

Fotogrametrik objektiflerde koma hatasından giderilmesi için hususi adese kombinazonları tertiplenir.

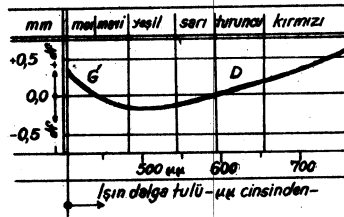
Renkli ışıklardan doğan hatalar :

Yukarıda adı geçen diğer şartlar aynı kalmak üzere muhtelif renkte dolayısıyla muhtelif dalga uzunluklarına malik ışıkların bir vasıt ve faraza objektif içerisinde geçen kırılmaları başka başkadır. Bu sebeple aynı şartlar dahilinde muhtelif renkteki ışıkların verecekleri hayallerin mevkileri ve objektifin odak mesafesi başka başka olur.

Muhtelif renklere ait ışıkların meydana getirdikleri hataların tamamı ortadan kaldırılmasına imkân, yoktur. Yalnız Fraunhofer Diyagramındaki ışıklardan ikisinin hayallerinin birbiri üzerine düşürülebilmesi imkânları mevcuttur.

Fraunhofer Diyagramında ki iki ışın fotogrametride öyle intihap edilirlerki bu ışınlar bilhassa arazi fotoğraflarının alımında resmin teşekkülüne en fazla tesir eden ışınlar olsun. Bu ışınlar ise Fraunhofer Diyagramında Sarı - Turuncu bölgeye rastlayan D kısmı ile, Mai - Mor bölgeye rastlayan G kısmından teşkil olunurlar. Böylece diyagramdan da görülebileceği gibi bu iki bölgeye ait ışıkların odak mesafeleri aynı olduğundan bu ışınlar yardımile teşekkül edecek hayaller aynı resim müstevisi üzerine alınabilirler. Diğer bölgelere ait ışıkların verecekleri hayallerden yeşil ışıkların hayalleri sözü geçen resim müstevisinin önünde ve kırmızı ışıkların hayalleri ise bu resim müstevisinin arkasında teşekkül ederler. Hayalleri resim müstevisi üzerine düşmeyen bu ışınlar fotoğraflar üzerinde bir netsizlik vücuda getirirler. Bu netsizliğe Kromatik Aberrasyon denilir. Kromatik Aberrasyonun da mümkün mertbe küçük bir hadde indirilmesi lâzımdır.

Şekil (11) de Kromatik düzenleme yapıldıktan sonra halâ mevcut kalan ve muhtelif renkli ışıklardan dolayı husule gelen odak mesafesi farkları δf gösterilmiştir. Bu şekilde; X - mihreri üzerinde ışıkların dalga uzunlukları milimikron cinsinden ve Y - mihreri üzerinde ise mütebaki kalan odak mesafesi değişimleri δf miktarları milimetre cinsinden görülmektedir. Bu diyagram $f = 200$ mm. için hazırlanmıştır.



Şekil (11)

Diyagramın diğer bölgelerine ait ışıkların yardımile fotoğraf alımı istenirse; fotoğraf kamerasında resim mesafesi buna göre ayarlanmalı veya hut kullanılacak ışın bölgesine göre kromaytik düzenlemesi yapılmış bir objektif kullanılmalıdır.

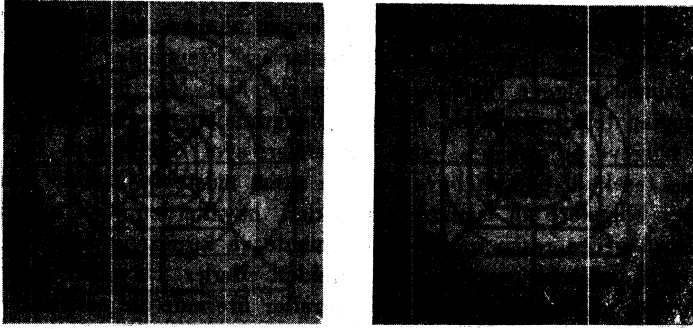
Distorsiyon Adese Hatası :

Fotogrametride kullanılan objektiflerde, merkezi perspektif esaslarını bozacak şekilde objektifin her noktasındaki büyütme nisbetinin aynı olmıyarak başka başka oluşuna Distorsiyon Adese hatası denir.

Bu hataya sadece Distorsiyon da denilmek mutad olmuştur.

Distorsiyon hatası : Objektiflerdeki netsizlik ve ışık miktarını alâkalandıran Adese hatalarından ayrı bir hatadır.

Distorsiyon hatasının fotogrametride ehemmiyeti en fazla olan bir hatadır. Çünkü Distorsiyon hatası olan bir objektifle alınan fotoğraflar üzerinde bir şekil tagayyürü husule gelir. Faraza bir çok karelerden teşekkül eden bir şekil distorsiyon hatası olan bir objektifle fotoğraflanacak olursa şekli (12) de görüldüğü gibi fıçı veya yastık şeklindeki tagayyüre uğramış şekiller elde edilir.



Şekil (12)

Bir objektife paralel olarak gelen şuaların objektifin optik mihveri ile teşkil ettiği açı (Giriş açısı) (α) ve bu şuaların objektiften çıktıktan sonra resim müstevisi içerisinde ; şuaların resim müstevisini kestiği nokta ile optik mihverin resim müstevisini kestiği nokta arasındaki mesafe yani şuaların resim müstevisi içerisindeki optik mihverden olan Radyal mesafeside r' ile gösterilecek olursa :

Distorsiyon hatası olmayan bir objektif için :

$$\alpha = \alpha'$$

$$r' = f. \operatorname{tg} \alpha$$

elde edilirdi.

Halbuki pratikte en büyük itina ve tekniğin bütün imkânlarından is-

Fotogrametri kıymetlendirme âletlerinin bir çoklarında ve bilhassa geniş zaviyeli hava fotoğraflarını kıymetlendirebilen hassas ve üniversal kıymetlendirme makinalarının objektiflerinin distorsiyon hataları ± 0.02 milimetreyi tecavüz ettiği takdirde, bu gibi kıymetlendirme makinalarında kullanılan objektiflerin distorsiyon hataları muhtelif yollarla giderilmek mecburiyetindedir.

Fotogrametride kullanılan kıymetlendirme âletlerindeki objektiflerin distorsiyon hataları genel olarak iki tarzda giderilebilir.

1 — Optik olarak : Almanyadaki Zeiss fabrikası tarafından imal edilen Zeiss Stereoplanigraph âletinde faraza hava fotoğraflarının çekildiği hava kamarasının objektifi ile aynı (veyahut ölçme sıhhatı dahilinde ufak bir farkla) distorsiyon hatasına malik olan diğer bir objektif kıymetlendirme makinasına monte edilerek resim alma anındaki şuaların takip ettikleri yollar aynen gerisingeriye aksettirilir, ve bu suretle resim alma anında objektif tarafındaki şua huznesi aynen elde edilmiş yani objektifin distorsiyon hatasının mesahalar üzerine tesiri yok edilmiş olur.

İsviçredeki Wild Fabrikası tarafından imal edilen Wild - Autograph A5 fotogrametri kıymetlendirme âletinde ise hava fotoğrafları üzerinde distorsiyon hatasından dolayı hayallerin kayma miktarları (dr) yine optik olarak hazırlanmış bir korreksiyon cam plak (Korrektur Platte) kullanılmak suretile ortadan kaldırılır.

2 — Mekanik olarak : İtalyada Galileo fabrikası tarafından imal edilen Santoni Stereokartograph Mod. IV. fotogrametri kıymetlendirme âletinde objektif distorsiyon hatası; münhanisine uygun olarak hazırlanmış ufak çelik bir kürecik (Kam) vasıtasile giderilmiştir. Burada distorsiyon hatası hava kamarası veya kıymetlendirme makinasındaki kamaraların Resim mesafelerinde (f) husule getireceği (df) miktarı olarak mütalâa edilir, ve bu (df) miktarları ufak sferik bir kürecik (kam) vasıtasile yok edilir.

Profesör Santoni tarafından bulunan (1948) bu keşfin mekanik olarak çalışan fotogrametri kıymetlendirme âletlerinin tekamülü için yeni bir çığır açtığı iddia olunmaktadır.

Pratikte fotogrametri mesahalarında kullanılan bir kaç objektife ait distorsiyon münhanileri Şekil (15) de gösterilmiştir.

Objektiflerdeki distorsiyon hatası, merkezi perspektif kaidelerini ihlâl ettiğinden dolayı fotogrametride çok mühim bir hata olarak mütalâa edilmelidir.

Distorsiyon hatası olan bir objektifle alınan fotoğraflarda, resim orta noktasından geçmeyen bütün düz hatların resimleri eğri hatlar olarak çıkar. (Kareli bir şeklin fıçı veya yastık şeklinde çıkışı gibi).

Distorsiyonlu bir objektifle alınan bir fotoğraf üzerinde, fotoğrafın muhtelif kısımlarına muhtelif resim mesafesi (f) tekabül eder. Böylece bu muntakaların resim mikyaslarında muhtelif olur.

Böylece kıymetlendirilmek üzere çekilmiş bulunan fotoğraflar merkezi perspektif kaidelerine kati olarak uygun olmayan fotoğraflar olmuş olurlar. Objektif distorsiyonları, Porro Koppe, mekanik olarak veya hususi şekilde traş edilmiş cam korreksiyon plâkaları vasıtasile, yok edilebildikleri için, fotogrametride kullanılan objektiflerin tam manasile distorsiyon hatasız olması mecburiyeti yoktur.

Fotogrametri objektiflerinde distorsiyon hataları, normal zaviyeli objektifler için ± 0.05 mm. ve geniş zaviyeli objektifler içinde ± 0.17 mm. dahilinde tutulabilmekte ve bu miktarlar yeni imal edilen objektiflerde daha da küçültülmeğe gayret edilmektedir, Wild Aviotar, ± 0.01 mm.

Porro Koppe prensibi ile objektiflerin distorsiyon hatalarını yok edebilmek daha doğrusu tesirini ortadan kaldırabilmek için, aynı tipten olan objektiflerin birbirlerine nazaran distorsiyon farkları gayet. küçük olmalıdır. Aksi halde fotoğraf kamarasındaki objektifle, projeksiyon makinasındaki veya kıymetlendirme makinasındaki objektiflerin distorsiyon farkları, Porro Koppe prensibi kullanıldığı halde dahi fotogrametri mesahalarında hatalara sebebiyet verebilir.

Objektiflerin Muayeneleri :

Objektifler imal edilmeden evvel bütün inceliklerine kadar hesapları yapılır. Teoretik olarak yapılan bu hesapların neticesi bir çok imalât güçlüklerinden dolayı aynen elde edilemez. Bunun neticesi olarak, aynı seriden olan objektiflerin bile odak mesafeleri hesap edilen kıymetinden 1 % nisbetine kadar farklar gösterebilir.

Elde edilen bu farkların en büyük sebepleri, imalâta kullanılan camların kırılma emsallerinin değişmesi, esas objektifi elde etmek için tek objektifleri birbirlerine yapıştırırken aralarındaki mesafelerin bütün objektiflerde aynen tutulamaması, merkezlendirme hataları ve nihayet mihaniki gerilmelerdir.

Yukarıki sebeplerden dolayı teoretik olarak hesabedilen objektiflerin pratik imalâta aynen elde edilememeleri yüzünden, imalâttan sonra bütün objektifler esaslı bir muayeneye tabi tutulurlar.

Objektiflerin muayeneleri için tayyareden veya laboratvarda bu muayeneler için hususî hazırlanmış objektlerin resimleri çekilir. Bu resimler üzerinden objektifin en ince resim teferruatını tesbit etmekteki ayırma kudreti, şuaların kesişerek toplanma derecesi, ve çekilmiş bulunan resim sathına nazaran en doğru ve iyi evsaf gösteren resim müstevisi ve buradanda objektifin resim mesafesi hesabedilir. Bu hesaplar ve ayarlar sonunda resmin muhtelif mintikalarında baki kalan resim evsafındaki değişiklikler ekseriya tashih edilemezler.

Resimlerde, bir tek nokta yerine netsizlik yüzünden husule gelen dağılma şekilleri diyafram kullanmak suretile yani objektifin yalnız orta kısımlarından geçen şualardan istifade etmek suretile kısmen tashih edilebilirler. Bunun için dağılma şekilleri mevcut bir fotoğraf kamarasında diyafram tedricen kapatılacak olursa dağılma şekillerinin bir ana kadar küçülmeğe devam ettiği ve bu andan sonra diyafram biraz daha kapatılacak olursa dağılma şeklinin tekrar büyümeğe başladığı görülür. Dağılma şeklinin en fazla küçüldüğü andaki diyafram şekline kritik diyafram denilir.

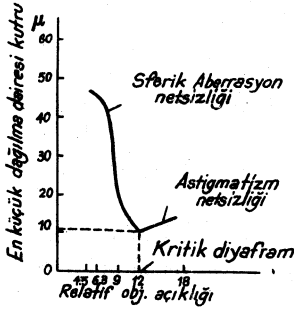
Şekil (14 a) da Zeiss Tessar 1 : 4.5, $f = 18$ cm. lik bir objektif son-
suza ayar edildikten sonra resmin ortasındaki netliğin diyafram vasıtasile
değişmesini ve kritik diyafram anını göstermektedir.

Objektif Distorsiyonunun ölçülmesi :

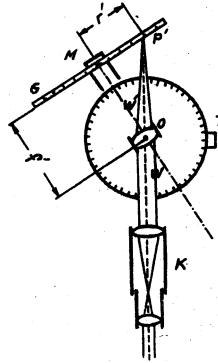
Bir objektifin distorsiyon hatasının ölçülebilmesi için aşağıda gösteril-
diği gibi Şekil (14 a) bir optik tertibatın hazırlanması lâzımgelir :

1 — Distorsiyonu ölçülecek objektif (o), bir Gonyometrenin şa-
kuli mihveri üzerine objektifin optik mihveri taksimatlı cam cetvelinin orta
noktası olan (M) den geçmek ve objektifin H_1 , H_2 Esas Müstevileri
(Gauss Müstevileri) de (G) taksimatlı cam cetveline paralel olmak üzere
yerleştirilir.

2 — Gonyometrenin taksimatlı dairesiyle bağlı bulunan (G) cam
cetveli objektifin odak mesafesine gelecek surette ayarlanır. Şekilde Gon-
yometrenin taksimatlı dairesi (T) ile gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil (14)

Distorsiyon bahsinde gösterildiği gibi (o) objektifinde bir distorsi-
hatası mevcut ise; w ve w' açıları yekdigerine eşit değildir, ve sabit
olarak tesbit edilmiş bulunan (K) Kolimatoru ile rasat edilen cam cetvel-
lin her hangi bir noktasına ait distorsiyon (v) hattı olarak aşağıdaki for-
mül ile gösterilebilir

$$v_i = r_i - r_i' = f_o' \operatorname{tg} w_i - r_i'$$

Yani, Hattı Distorsiyon; faraza cam cetvel (M) üzerinde P' nok-
tası rasat edildiğine göre bu noktanın (M) noktasından olan resim mesa-
fesi ile objektifte hiç bir distorsiyon olmadığına göre ($w = w'$ olsa idi);
(K) Kolimatorunun aynı vaziyetinde rasat edilmesi lâzımgelen resim me-
safesi arasındaki fark olduğundan yukarıki düstur bu farkı şekildeki harf
ve denklemlerle ifade etmektedir.

Şekildende görüleceği gibi objektifte bir distorsiyon mevcut olmasaydı; Resim mesafeleri (r_i):

$$r_i = f_o' \cdot \operatorname{tg} w_i$$

Denklemlerle tesbit edilmiş olurdu. Halbuki rasat neticesinde (w_i) resim açısına tekabül eden (r') miktarları objektifte distorsiyon mevcut olduğundan ($w_i \neq w_i'$); (r_i) miktarlarından farklıdır. Bunların arasındaki fark ise hatti distorsiyondur. (r_i') miktarları ise doğrudan doğruya cam cetvelde okunurlar.

Esas denklemden hatti distorsiyonu objektifin muhtelif noktaları için hesaplabilmek için lüzumlu olan (f_o') kıymetini bulabilmek için (M) cam cetveli üzerinde muayyen bir nokta için (r_o') resim mesafesi ve buna tekabül eden (w) açısı ölçülür ve buradan :

$$f_o' = \frac{r_o'}{\operatorname{tg} w}$$

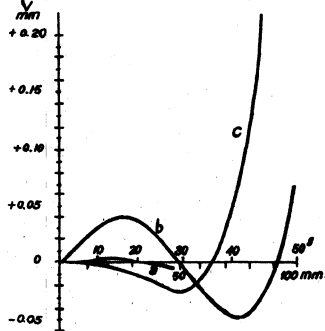
Denklemlerle (f_o') kıymeti hesaplanarak diğer bütün noktalar için bu kıymet kullanılır.

(f_o') kıymetine itibari odak mesafesi denilir.

Bundan sonra (M) cam cetvelinin bütün noktaları sırasıyla rasat edilerek lüzumlu kıymetler bir cetvel halinde tesbit edilir ve distorsiyonun hesabı için esas denklemlerle konularak distorsiyon miktarları (v) hesap edilir.

Hesap edilen bu neticelerden (o) objektifi için bir distorsiyon Grafiği de tersim edilebilir. Muhtelif objektiflere ait distorsiyon grafikleri (Şekil 15) de verilmiştir.

Bir çok memleketlerde objektiflerin distorsiyon ölçüleri o memleketlerin ölçü ve ayarları bürosu tarafından yapılır; ve bütün ölçülerin bir hülâsa cetveli, distorsiyon miktarları ve distorsiyon grafikleriyle birlikte o objektifin şahadetnamesi olarak verilir. Bu şahadetnameye göre, bu objektifin fotogrametri hava kameralarında veya kıymetlendirme âletlerinde kullanılıp kullanılamıyacağına hüküm vermek mümkün olur.



Şekil (15)

Şekil (15) de üç muhtelif objektifin, resim açısına tabi olarak hattı distorsiyon grafikleri verilmiştir. Bu grafikteki distorsiyonlar, müşterek $f = 100$ mm. lik bir odak mesafesine nazaran irca edilmiştir. Şekil (15) deki grafikler :

- (a) Münhanisi, Orthometares 1 : 4.5 objektifine,
- (b) Münhanisi, Topogon 1 : 6.3 objektifine,
- (c) Münhanisi, Triplets 1 : 8 objektifine ait distorsiyon münhanilerini göstermektedir.

Fotogrametride Kullanılan Objektif Tipleri

Fotogrametri objektiflerinin konstrüksiyon ve imal tipleri bu objektiflerin kullanım yerleri, distorsiyon adese hataları ve objektiflerin normal veya açık zaviyeli oluşlarına göre değişir.

Fotogrametri objektifleri iki büyük kısma ayrılır :

I. Arzi fotogrametride kullanılan objektifler :

Arzi fotogrametride, fotoğraf alımı sırasında istenildiği kadar uzun poz müddeti verilebileceğinden relatif objektif açıklığı resim mesafesinin (f), 1 : 25 kadar küçük tutulabilir. Diyafram açıklığı 1 : 25 olan objektiflerde ise distorsiyon adese hataları ve resim netliği kolaylıkla fotogrametri ölçülerinin icap ettirdiği yüksek evsafa yapılabilir.

Zeiss Orthoprotar objektifinin evsafı $f = 19$ cm., 1 : 25, distorsiyon hatası asgari olup arzi fotogrametri ölçüleri için imal edilen objektiflere bir misal olarak gösterilebilir.

II. Hava fotogrametrisinde kullanılan objektifler :

Hava fotogrametrisinde, fotoğraf alımı sırasında fotoğraflar üzerinde tayyare süratinden mütevellit bir titreklilik vücuda gelmemesi için poz müddeti gayet kısa (1 : 100, 1 : 150, 1 : 300 saniye gibi) tutulmak mecburiyetindedir. Bu sebeple hava fotogrametrisinde kullanılan objektiflerin diyafram açıklığı resim mesafesinin nihayet 1 : 6 sından küçük olmamalıdır. Halbuki bu şartın tahakkuku resim netliği ve distorsiyon hatalarının büyümesine sebebiyet vereceğinden açık zaviyeli hava fotogrametrisi objektiflerinde bütün bu şartların bir arada tahakkuku, uzun senelerde elde edilen yüksek kalitede işçilik ve uzun hesaplara ihtiyaç göstermektedir.

Hava fotogrametrisinin icap ettirdiği istekler ve evsaflar dahilinde bütün adese hatalarının tamamen yok edilmesi teoretik ve imal bakımından mümkün değildir. Fakat ölçme sıhhatını garanti edecek cam neveleri, adese ve objektif şekil ve dimensiyonları bugün teoretik optik ve tekniğince halledilmiş bir durumdadır.

Fotogrametride kullanılan objektifler, 2-6 veya daha fazla tek adesenin yan yana getirilmesile vücuda gelmiştir. Bu adeseler arasında bazan bir kısım mesafe bırakılır bazanda adeselerin satırları birbirine temas eder. Genel olarak, satırları birbirine temas eden adeseler Kanada Balsamı ile birbirlerine yapıştırılırlar. Bu kısımlar müstakil olarak vidalanıp takılır ve çıkarılabilir. Çıkarma ve takma sonunda objektifin iki parçası arasındaki mesafenin gayet azda olsa değişme miktarı, alınacak fotoğrafların netliğini ve objektifin distorsiyon hatasını belirli bir surette değiştirir.

T - Optik (Transparenz Optik) :

Hava ile temasta bulunan serbest adese satırlarının adedi arttıkça objektif dahilinde refleksiyon zayıflar da artar ; aynı zamanda objektif satırlarında vaki olan şuaların aksetmeleri yüzünden fotoğraflardaki « parlaklık » ta azalır. Objektiflerin montaj uzunluğu fazlaştıkça « Vignettierung » hatasından dolayı objektife dahil olan şua huzmelerinin, objektifin montajına yarayan kenar bilezikleri tarafından tutulmasile gölgeleme (Vignettierung) artar ve fotoğraf satrı üzerindeki ziya dağıtımı gayri müsaait bir hal alır.

« T - Optik = Transparenz optik » yardimile, adese satırlarının hususî bir muameleye tabi tutulmaları suretile dahili akisler ve refleksiyon zayıflarının büyük ölçüde önüne geçilebilmektedir. Bunun için kullanılan metod ; havası tamamen boşaltılmış bir yerde, akis yapan adese satırlarını kriyolit, magnezyum florit veya buna benzer bir madde buharına tutmaktan ibarettir.

Objektiflerde Projeksiyon Merkezi :

1 — Basit objektiflerde ve takribi olarak ; objektifin orta noktasıdır.

2 — Geometrik optikte, teoretik hesaplarda ; cisim tarafı için objektifin ön düğüm noktası, ve fotoğraf tarafı içinde objektif arka düğüm noktasıdır.

Hava fotogrametrisinde kullanılan objektiflerde ön ve arka düğüm noktaları ait oldukları objektif ön ve arka esas noktaları üzerine düşerler.

3 — Fizik ve pratikte, objektifin giriş ve çıkış açıklıklarının (Eintrits- und -Austritspupille) merkezleri projeksiyon merkezleri olarak kabul edilir, çünkü bu noktalar fotoğrafın teşekkülüne yarayan ziya huzmelerinin orta noktalarıdır.

Simetrik objektiflerde, giriş ve çıkış açıklıkları Gauss esas müstevileri dahilinde bulunurlar.