

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI

DOKTORA PROGRAMI

YERSEL FOTOGRAMETRİDE NORMAL DURUMDA

YER KONTROL NOKTALARININ DAĞILIŞININ İNCELENMESİ

Yük.Müh. Engin KOCAMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

"Doktor"

Ünvanının Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3.4.1987

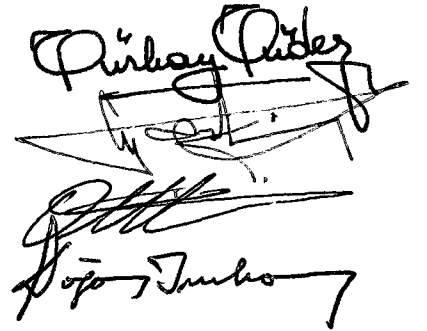
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 25.3.1988

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Türkay TÜDEŞ

Jüri Üyesi : Prof. Mustafa AYTAÇ

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Orhan ALTAN

Enstitü Müdürü : Prof.Dr. Doğan TURHAN



Mart 1988

TRABZON

T. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Çalışmalarım süresince, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her türlü teşvik ve yardımı benden esirgemiyen Hocam Sayın Prof. Dr. Türkyay TÜDEŞ'e, bu çalışmanın hazırlanmasında yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm Sayın Hocalarım Prof. Mustafa AYTAÇ'a ve Doç. Dr. Orhan ALTAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İ Ç İ N D E K İ L E R

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	III
SUMMARY	V
GÖSTERİLİMLER	VII
BÖLÜM I	
1- GİRİŞ	1
BÖLÜM II	
2- YER FOTOGRAMETRİSİNDE KULLANILAN ARAÇLAR	7
2.1. Resim Çekiminde Kullanılan Araçlar	8
2.1.1. Zeiss TMK Kamerası	11
2.2. Değerlendirmede Kullanılan Araçlar	13
2.2.1. Analog Değerlendirme Aletleri	14
2.2.2. Analitik Değerlendirme Aletleri	15
2.2.2.1. Komparatorlar	15
2.2.2.1.1. Space Optic 102 Monokomparator	16
BÖLÜM III	
3- ALIM VE DEĞERLENDİRME	20
3.1. Yersel Fotogrametride Fotoğraf Çekme Şekilleri	20
3.2. Resim Koordinatlarına Getirilen Düzeltmeler	23
3.2.1. İç Yöneltilme Elemanlarının Resim Koordinatlarına Etkisi	23
3.2.2. Dış Yöneltilme Elemanlarının Resim Koordinatlarına Etkisi	25
3.2.2.1. Koordinat Hatalarının Resim Koordinatlarına Etkisi	25
3.2.2.2. Dönüklük Hatalarının Resim Koordinatlarına Etkisi	28

3.2.3. Diğer Düzeltmeler	30
3.3. Koordinatların Hesaplanması	33
3.3.1. Koordinat Sistemlerinin Belirlenmesi	34
3.3.2. Koordinat Sistemleri Arasında Transformasyon	37
3.3.3. Çekim Koordinatlarının Hesaplanması	39
3.4. Değerlendirme Yöntemleri	40
3.4.1. Matematik Model	41
3.4.1.1. Grafik Değerlendirme	44
3.4.1.2. Analitik Değerlendirme	44
3.4.1.2.1. Demet Yöntemi	46
BÖLÜM IV	
4- UYGULAMA	50
4.1. Noktaların Tesisi ve Çekim Koordinatlarının Ölçümü	53
4.2. Noktaların İşaretlenmesi, Resim Çekimi ve Komparator Koordinatlarının Elde Edilmesi	56
4.3. Resim ve Çekim Koordinatlarının Hesaplanması	61
4.4. Düzeltilmiş Resim Koordinatlarının Hesabı ve Bunlarla Çekim Koordinatlarının Bulunması	67
4.5. Elde Edilen Sonuçların İrdelenmesi	70
BÖLÜM V	
5- SONUÇ	79
KAYNAKLAR	81
EKLER	87
TEŞEKKÜR	
ÖZGEÇMİŞ	

Ö Z E T

Günümüzde fotogrametri, teknolojinin de hızla gelişmesiyle, topografik harita yapımında, hemen hemen bütün mühendislik dallarında ve tıp araştırmalarında kullanılan bir bilim dalıdır. Gerek havadan gerekse yerden çekilmiş resimler yardımı ile ölçme, yorumlama ve çeşitli değerlendirmeler yapmak mümkündür. Çeşitli bilim dallarında yapılan uygulamaların etüd ve araştırmalarında fotogrametrik yöntemler hız, ekonomi ve incelik elde edilmesinde her gün biraz daha önem kazanmaktadır. Ölçme işleminin doğrudan doğruya cisim üzerinde değil, çekilen resimlerden elde edilen cismin üç boyutlu modeli üzerinde yapılması, fotogrametri ilmine çok çeşitli alanlarda kullanılabilme imkanı sağlamaktadır.

Fotogrametrik çalışmalarda ne kadar itinalı davranılırsa davranılsın, ölçülerin birtakım hatalarla yüklü olabileceği düşünülür. Bu hataları ortadan kaldırmak veya sonuca etkilerini minimuma indirebilmek için, modelde koordinatları bilinen ve " Yer Kontrol Noktası " adı verilen kontrol noktalarına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada, yer kontrol noktalarının model üzerinde ne şekilde dağılması gerektiği ve sonucu ne şekilde etkilediği incelenmiştir. Dolayısıyla kontrol noktalarının en iyi dağılım şekli tesbit edilmeye çalışılmıştır. Farklı konumdaki nokta gruplarının sonucu ne şekilde etkilediği, çeşitli nokta grupları alınarak araştırılmıştır.

Bu amaçla K.Ü. de seçilen bir test alanında tüm model kaplı olacak şekilde, homojen olarak dağılmış 53 nok-

ta atılmıştır.Uygun bir yerde seçilmiş bazın her iki ucundan Zeiss TMK çekim kamerası ile test alanının resimleri çekilerek,çalışma yapılan sahanın modeli elde edilmiştir.Resimler Analitik Yönteme göre ve normal durum gözönüne alınarak değerlendirilmiştir.

Tek resim degerlendirmeleri 102 Monokomparator aletinde yapılmıştır.Elde edilen ölçme değerleri yardımı ile, çeşitli hesaplamalar yapılarak test alanındaki noktaların çekim koordinatları fotogrametrik yoldan bulunmuştur.Jeodezik yoldan bulunan ve kesin kabul edilen koordinatlarla, bu koordinatların farkları alınmıştır.Resim koordinatlarına getirilecek düzeltme miktarları hesaplanmış,resim koordinatlarına düzeltme olarak getirilmiş ve fotogrametrik çekim koordinatları bir de düzeltilmiş resim koordinatları ile hesaplanmıştır.Bulunan bu koordinatlarla jeodezik koordinatların farkları alınmış ve bunların büyük ölçüde küçüldüğü,yani son bulunan fotogrametrik koordinatların jeodezik koordinatlara oldukça yaklaştığı görülmüştür.Özellikle modele dağılmış,yersel fotogrametrideki model şekline de uygun şekilde,tepesi baz tarafında,tabanı bazdan uzak,baza paralel ve Y eksenine göre simetrik noktaların oluşturduğu üçgen şeklinde dağılmış nokta gruplarındaki hata dağılımının en uygun olduğu görülmüştür.

S U M M A R Y

Nowdays,together with fast development of the technology, photogrammetry is a science which is used in topographical map making, in most engineering branches and in medical researches. With the help of photographs,taken as aerial or terrestrial,it is possible to make measurements,interpretations and various determinations.In analysis and research of the applications made in various science branches,photogrammetric methods have been earning more importance for achieving speed, economy and precision.Instead of carrying out the measurements directly on objects,the process of measurement is made in 3-Dimensional models of them,obtained from a pair of photographs. This gives the photogrammetric science the possibility of being used in various areas

The measurements are considered to have some errors although how carefully one is acted in photogrammetric works.To overcome these errors,or to minimize their effects,there is a need for contro points,known as " ground control points " ,whose model coordinates are known.

In this work,how the ground control points on models are to be distributed and how it would have effected the final results have been studied.Therefore,optimum distribution of the control points was tried to be established.

With this purpose, in a test field chosen in K.Ü., 53 points, homogeneously, distributed and covered the whole model, were taken. A model of the test field had been obtained from photographs of the test field taken at the both ends of a base line, chosen in a convenient place, with Zeiss's TMK camera. Computations of the photographs had been carried out according to an analytic method.

Measurements of a single photograph had been carried out on 102 Monocomparator. With the measurements obtained and making various computations, coordinates of points in the test field have been determined by photogrammetric means. Differences between these coordinates and coordinates obtained by geodetic means and accepted as errorless were found out. Corrections to be given to image coordinates had been computed; brought to image coordinates as corrections; and camera station's photogrammetric coordinates have been recomputed with corrected image coordinates. Differences between these coordinates and the geodetic coordinates had been obtained, and it was seen that the photogrammetric coordinates obtained lately was getting closer to the geodetic coordinates.

Particularly, it has been seen that error distribution of points; which are symmetric according to Y-axis, and are in form of triangle shapes; which are spread over the model, and appropriate to the form of the model in terrestrial photogrammetry; has been most suitable.

G Ö S T E R İ L İ M L E R

x', z'	: Sol resmin ölçülen koordinatları
x'', z''	: Sağ resmin koordinatları
x'_k, z'_k	: Sol resmin komparator koordinatları
x''_k, z''_k	: Sağ resmin komparator koordinatları
X, Y, Z	: Çekim koordinatları
X_o, Y_o, Z_o	: İstasyon noktasının çekim koordinatları
x'_d, z'_d	: Sol resmin düzeltilmiş koordinatları
x''_d, z''_d	: Sağ resmin düzeltilmiş koordinatları
b	: Baz
c	: Kamera sabiti
λ	: Ölçek çarpanı
ϵ	: Dönüklük açısı
ϕ	: z eksenini etrafındaki eğiklik
ω	: x eksenini etrafındaki eğiklik
κ	: y eksenini etrafındaki dönüklük
D	: Dönme matrisi
D_ϕ	: z eksenini etrafındaki kısmi dönme matrisi

D_{ω}	: x eksenini etrafındaki kısmi dönme matrisi
D_{κ}	: y eksenini etrafındaki kısmi dönme matrisi
x_H, z_H	: Ana noktanın resim koordinatları
δr	: Işınsal distorsiyon hatası
r	: Işınsal uzaklık
δ	: Diklik hatası
Δ_{β}	: Düşey refraksiyon açısı
z_{O_A}	: Sol baz noktasının yüksekliği
z_{O_B}	: Sağ baz noktasının yüksekliği
a_1	: Sol baz noktasındaki alet yüksekliği
a_2	: Sağ baz noktasındaki alet yüksekliği

BÖLÜM I

1. GİRİŞ

Fotogrametri ile ilgili çeşitli tariflerin yapılması mümkündür. Konuyu bütünüyle ihtiva etmesi bakımından "Fotogrametri, topografik görüntülerin ve yayılan elektromanyetik enerjinin şekillerinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu fiziksel cisimler ve çevre hakkında güvenilir bilgileri ortaya koyan akustik enerji şekilleri ile manyetik olayların analizini de yapan bir bilim dalıdır" (AYTAÇ, 1978) şeklindeki tarif tercih edilebilir.

Kısaca fotogrametri, resimler yardımı ile güvenilir ölçüler veya bilgiler elde etme bilimi ya da sanattır denilebilir.

Tariflerden de anlaşılacağı gibi fotogrametri bir ölçme tekniği olup, ölçme işlemi, ölçülecek cisim veya arazi yerine bunların resimleri veya bu resimlerden elde edilen modeller üzerinde yapılmaktadır.

Günümüzde fotogrametri çeşitli şekillerde sınıflandırılmakta olup, bunlar içinde en yaygın olanı, resim çekilen noktanın (istasyon noktası) yerine göre yapılan sınıflandırmadır. Buna göre fotogrametri

a) Hava fotogrametrisi,

b) Yer fotogrametrisi

şeklinde iki ana bölüme ayrılabilir.

"İsim bakımından fotogrametrinin fotoğrafın ortaya çıkışı ile başladığı sanılabilir.Fakat bu gerçek değildir" (FINSTERWALDER/HOFMANN,1969,s.1).Ancak, fotogrametrinin doğal olarak fotoğrafın bulunmasından sonra ortaya çıktığı ve bunun da belirli bir zaman aldığı söylenebilir.

Fotogrametrik çalışmalar ilk önce yersel fotogrametri uygulamaları ile başlamıştır.1837'de J.N. Niepces ve J.L.M. Daguerre tarafından fotoğrafın bulunmasından sonra,1851'de Fransa'da Laussedat,1858'de Almanya'da A.Meydanbauer tarihi yapıların fotogrametrik olarak değerlendirilmesi üzerinde çalışmaya başlamışlardır (HARDEGEN, 1969).1867'de Paris'te,Laussedat bilinen ilk fototeodoliti ve fotoğraf ölçülerine dayanan Paris'in haritasını sergilemiştir (Manual of Photogrammetry,1966,s.2). Aynı yıllarda S.Finsterwalder buzulların hareketini incelemek için yer fotogrametrisini kullanmıştır.

Hava fotogrametrisi ile ilgili çalışmalarda ise,fotoğraf çekimi önceleri balonlardan yapılmış olup,motorlu uçakların gelişmesine paralel olarak hava kameraları da gelişme göstermiş ve 1915 yılında Oskar Master Almanya'da ilk seri resim kamerasını imal etmiştir (TÜDEŞ, 1986,s.2).Aynı yıllarda A.B.D.'de J.W. Bagley'le A.Brock da hava kamerası imal etmişlerdir(SCHWIDEFSKY,1961,s.3). Hava fotogrametrisindeki bu hızlı gelişmeler sonucu,fotogrametrik çalışmalarda yer fotogrametrisi yerine hava

fotogrametrisine yönelinmiş ve bilhassa topoğrafik amaçlı çalışmalarda yalnızca hava fotogrametrisi kullanılır hale gelmiştir.

Özellikle ikinci dünya savaşından sonra fotogrametride büyük gelişmeler olmuştur. Gerek çekim kameralarındaki gerekse değerlendirme aletlerindeki gelişmeler, elde edilen presizyon ve maliyeti önemli ölçüde etkilemiştir. Özellikle son yıllarda elektronığın büyük gelişme göstermesi, diğer alanlarda olduğu gibi fotogrametri çalışmalarında da geniş ufuklar açmıştır.

Yer fotogrametrisi ile ilgili çalışmalar fotogrametrik çalışmaların başlangıcını teşkil etmekle birlikte 1930'lu yıllarda belli bir seviyede kalmış ve ancak 1950'li yıllarda tekrar gelişme göstermeye başlamıştır. Fakat bu çalışmalar daha ziyade harita yapımının dışındaki alanlarda olmuştur. Özellikle baraj deformasyonlarında, çeşitli mühendislik dallarında, tıpta, mimaride, arkeolojide, trafik kazalarında ve daha birçok dallarda gerek işlemlerdeki hız gerekse ekonomi ve doğruluk nedenleri ile günümüz tekniğinin imkânlarından da istifade ederek yer fotogrametrisi kullanılmaktadır. Kısacası kullanma çeşidi bakımından yer fotogrametrisi oldukça yaygındır. Teknikteki gelişmelere paralel olarak yer fotogrametrisinin kullanıldığı sahalar her gün daha da artmaktadır. Yer fotogrametrisindeki çalışmalara tarihi gelişim içersinde "Çeşitli Alanlarda Fotogrametrinin Aplikasyonları", "Fotogrametrinin Özel Aplikasyonları", "Fotogrametrinin Kartografik Olmayan Aplikasyonları" gibi isimler verilmiştir. 1972 yılındanberi de yer fotogrametrisindeki çalış-

malara " Topoğrafik Olmayan Fotogrametri " denmeye başlanmıştır (KARARA,1979,s.3).

Yer fotogrametrisi,cismin kameraya olan uzaklığına göre sınıflandırılabilir.Bugün tatbikatta cismin kameraya olan uzaklığı 300m'den az ise buna yakın resim fotogrametrisi,uzaklık 300m'den fazla ise buna da yer fotogrametrisi adı verilmektedir (KARARA,1975,s.75).Buna karşılık 100m'ye kadar olan uygulamalar da yakın resim fotogrametrisi çerçevesinde kabul edilmektedir (FAIG, 1975,s.1479).Son yıllarda yer fotogrametrisinde yakın resim fotogrametrisi,Mikro-fotogrametri ve Makro-fotogrametri şeklindeki sınıflandırmalara da rastlanmaktadır. Yakın resim fotogrametrisinde cisim ile resim çekme makinası arasındaki uzaklığın 0.10m'den 100m'ye,Makro-fotogrametride 0.10m'den 0.01m'ye değiştiği kabul edilmektedir.Mikro-fotogrametride ise resimler mikroskop altında incelenmektedir.Bu durumda,başlangıçta 20m olarak verilen alt sınır,uygulama imkânlarının artması nedeni ile, yerine göre 2.5m'ye bazan da birkaç dm'ye inmektedir(TOZ, 1985,s.7).Günümüz teknolojisinin resim çekme makinalarındaki gelişmeleri nedeni ile,gerek üst sınır gerekse alt sınır değişme durumundadır.Bu yüzden topoğrafik olmayan yersel fotogrametri uygulamalarında teknolojik gelişmelere bağlı olarak resim çekme uzaklığının üst sınırı ve alt sınırı daima değişebilir ve bu yüzden kesin sınırlar verilemez(AYTAÇ/ALTAN,1977).

Yukarıda da açıklandığı gibi,yakın resim fotogrametrisi çeşitli alanlarda başarı ile kullanılmaktadır.Fotoğraflar çekilirken iç ve dış yöneltme elemanları ile di-

ğer elemanlar presizyonlu bir şekilde ölçülebilir. Bunların hatasız olması durumunda modelde herhangi bir noktaya gerek olmayabilir. Fakat ne kadar presizyonlu ölçü yapılsa da, iç ve dış yöneltme elemanları bazı hatalarla yüklü olabilir. Hata olup olmadığını kontrol edebilmek, varsa giderebilmek için, modelde koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç vardır. Fotogrametride koordinatları bilinen bu noktalara "Pas Noktaları" veya resme hakim olma anlamında "Yer Kontrol Noktaları" adı verilmektedir. Modelin tamamını kaplıyan pas noktası ağının daha iyi netice vereceği hava fotogrametrisi için çeşitli yayınlarda belirtilmiştir (FINSTERWALDER/HOFMANN, 1969). Aynı görüş yer fotogrametrisi için de geçerlidir. Bu pas noktalarının konumlarının ne olacağı, hangi konumdaki nokta grubu ile daha iyi netice alınacağı, kısacası pas noktalarının dağılımının ne şekilde olacağını önceden bilinmesi önemli bir konuyu oluşturmaktadır. Özellikle günümüzdeki teknolojik gelişmeye paralel olarak büyük bir uygulama alanı bulmuş olan yer fotogrametrisinde bu durum daha da büyük bir önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, bir modeldeki pas noktalarının dağılımının sonucu ne şekilde etkilediğini incelemek ve pas noktalarının en iyi dağılım şeklini araştırmaktır. Bunun için K.Ü. de bir test alanı alınmış ve burada çok sayıda nokta belirlenmiştir. Noktaların koordinatları jeodezik yöntemlerle bulunmuş ve bu koordinatlar kesin kabul edilmiştir. Resimler Zeiss TMK çekim kamerası ile çekilmiş ve 102 Monokomparator değerlendirme aletinde değerlendirilmiştir.

rilmıştır. Elde edilen değerlerden Analitik Yöntem yardımı ile noktaların fotogrametrik koordinatları elde edilmiştir. Noktaların jeodezik ve fotogrametrik koordinatları arasındaki farklar incelenerek, hangi konum ve sayıdaki nokta grupları ile ne tür sonuçlar alındığı incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar irdelenerek pas noktalarının en iyi dağılım şeklinin ne olacağı hakkında bilgi verilmiştir.



BÖLÜM II

2. YER FOTOGRAMETRİSİNDE KULLANILAN ARAÇLAR

Günümüz teknolojisine paralel olarak yer fotogrametrisinin uygulama alanları hızla artmaktadır. Dolayısıyla bu alanda kullanılan, gerek resim çekme makinalarının gerekse değerlendirmede kullanılan aletlerin çeşitleri de değişmektedir.

Fotogrametrik çalışmalarda kullanılacak aletlerde aranan en önemli özellik, resim çekim aletleri ile değerlendirme aletlerinin bir bütün olarak kullanılabilmesidir. Yani çekilen resimlerin eldeki mevcut değerlendirme aleti ile değerlendirilebilmesidir. Değerlendirme aletlerinin bazıları değişik teknik özellikleri ve kapasitelerinin sınırlı olması nedeni ile her çeşit resmi değerlendirememektedir. Bu yüzden, gerek resim çekme aletlerinin gerekse değerlendirmede kullanılan aletlerin teknik kapasitelerinin bilinmesi, çalışmaların düzenli yürütmesi ve sonuçlandırılması bakımından önemli bir faktörü oluşturmaktadır.

Fotogrametrik çalışmalar, resimlerin çekilmesi ve bu resimlerin değerlendirilmesi gibi iki ana gruba ayrılabilir. Bu yüzden, kullanılan araçları da iki ana gruba ayırmak mümkündür.

2.1. RESİM ÇEKİMİNDE KULLANILAN ARAÇLAR

Bir fotogrametrik değerlendirmenin yapılabilmesi için herşeyden önce resim çekilmesi gerekir. Burada resim çekiminde kullanılan araçlara genel olarak çekim kameraları denilecektir.

Çekim kameraları ile çekilen resimler ölçü resmi olarak kullanılacaklarından, normal fotoğraf makinalarından farklı olmalıdırlar. Nitekim çekim kameraları ile çekilen resimler üzerinde resim koordinat sistemini belirliyecek işaretlerin, resim numaralarının ve kamera sabitinin belirmesi gerekir.

Metrik resim çekme makinalarının netlik bölgeleri odak uzaklığına bağlı olarak kısıtlı kalmaktadır. Ayrıca fiyatları da normal makinalara göre oldukça pahalıdır. Bu sebeplerden ötürü son zamanlarda, metrik olmayan çekim makinalarının da çekim kamerası olarak kullanılması çalışmaları artmış ve bu yolda başarılı sonuçlar alınmıştır (AYTAÇ/ALTAN, 1977).

Metrik olmayan çekim makinalarının kullanılmasını zorlaştıran en önemli hususlar, iç yöneltme elemanlarının bilinmemesi, resim müşirlerinin (ana nokta bulucularının) olmaması, makinanın belirli bir doğrultuya yöneltilmesinin zor olması ve filmin düzlüğünü sağlayacak özel bir donanımının olmamasıdır. Son zamanlarda bu mahzurları da giderici çalışmalar yapılmakta ve metrik olmayan çekim makinalarına bazı ilave donanımlar eklenmektedir. Fakat bu da makinaların fiyatlarını arttırmaktadır. Bu makinalarla yapılan çekimlerin değerlendirilmesinde analitik yöntemden

yararlanılmaktadır. (ABDEL AZIZ/KARARA,1971), (ABDEL AZIZ/KARARA,1974), (MARZAN/KARARA,1975) çalışmaları bunlardan bazılarıdır.

Yer fotogrametrisinde kullanılan kameralarla hava fotogrametrisinde kullanılan kameralar arasında birçok fark vardır. Bunlardan bir tanesi de, yer fotogrametrisinde kullanılan kameraların istenilen yöne istenildiği gibi yöneltilebilmesidir. Bu yüzden yer fotogrametrisinde kullanılan çekim kameraları, dönüklükleri ölçebilmek ve istenilen dönüklüğü verebilmek için bir yöneltme düzeni ile donatılmalıdır.

Yer fotogrametrisinde kullanılan çekim kameraları başlıca üç ana gruba ayrılarak incelenebilir:

- a) Fototeodolitler,
 - b) Tek Kameralar,
 - c) Çift (Stereo) Kameralar.
- a) Fototeodolitler :

Yer fotogrametrisinde kullanılan ilk kameralardır. Fototeodolitler, genel olarak resim çeken düzen ile yöneltme düzeninden ibarettirler. Yöneltme düzeni teodolit olabilir. Aletin bünyesinde bir teodolitin bulunması gerekli bazı jeodezik ölçülerin yapılabilmesini sağlamaktadır. Fakat teodolitin alete bağlı olması aleti oldukça ağırlaştırmaktadır. Bu yüzden aletin kullanılması ve taşınması zorlaşmakta, bu da aletin kullanılması açısından sakınca oluşturmaktadır.

- b) Tek Kameralar :

Fototeodolitler fazla ağır olduklarından, daha hafif ve yöneltmesi daha basit olan tek kameralar geliştirilmiştir.

Yapıları basit ve taşınmaları kolay olan tek kameralar genellikle yer fotogrametrisinin uzak çekimlerinde kullanılmaktadır.Kameranın bir teodolitle kullanılması gerektiğinde,kamera teodolitin üzerine yerleştirilerek çekim yapılabilir.

Hareketli olmayan cisimlerin çekimi yapılırken tek kameralar bazın heriki ucuna yerleştirilerek resim çekilir. Cisim hareketli ise ya stereo kamera kullanılır veya bazın iki ucuna yerleştirilecek iki tek kamera ile resim çekilir.Fakat bu durumda her iki kameranın da aynı anda resim çekmesini sağlayacak bir düzenin bulunması gerekir.

c) Çift(Stereo) Kameralar :

Tek kameralar uzaktaki cisimlerin ölçüsünde kullanıldıklarından,genellikle alan derinlikleri sonsuz olacak şekilde ayarlanmıştır.Baz uzunlukları da sabit olmayıp şartlara göre değişmektedir.

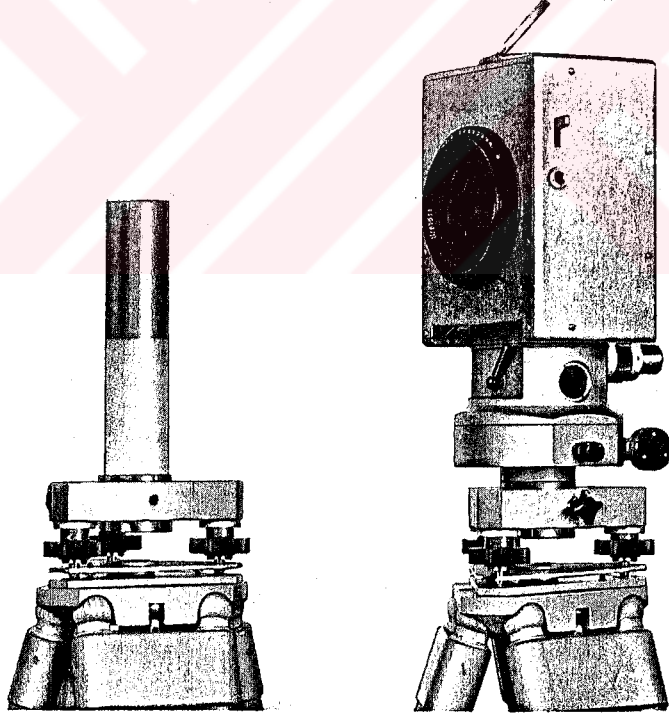
Ölçülecek cisim yaklaştıkça kameraların ayarlarının da değişmesi gerekmektedir.Ayrıca baz uzunluğu da küçülmektedir.

Aynı cins iki tek kameranın birbirlerine bir boru ile bağlanması sonucu stereo kameralar elde edilmiştir.Tek kameraları birbirine bağlayan boru,yani baz,genellikle yakın fotogrametri çalışmaları için 120cm,çok yakın fotogrametri çalışmaları için de 40cm'dir.120cm'lik baz 5-50m uzaklıktaki,40cm'lik baz da 2.5-10m uzaklıktaki cisimlerin çekimlerinde kullanılmaktadır (TOZ,1985,s.7).Son zamanlarda yapılan bazı stereo kameralarda,aradaki baz sabit olmayıp bir düzen yardımı ile değiştirilebilmektedir.

Stereo kameralarda, her iki kameranın da aynı anda resim çekmesini sağlayan bir düzen olup, yöneltme işlemi basit bir yöneltme borusu ile yapılmaktadır.

2.1.1. Zeiss TMK Kamerası

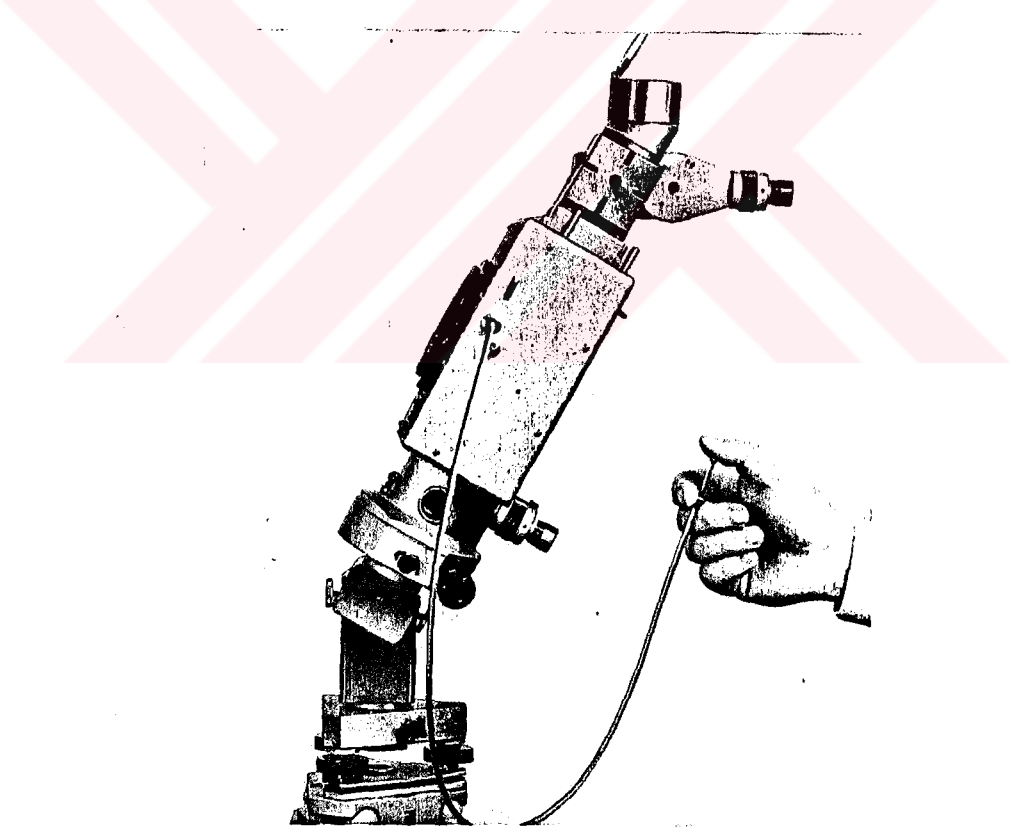
Zeiss firması tarafından imal edilmiş bu tek kamera, kısa ve orta uzaklıktaki cisimlerin yersel resimlerinin çekilmesinde kullanılır. Farklı uzunluklardaki bazlardan alımın sözkonusu olduğu çeşitli mühendislik dallarında kullanılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1

Zeiss TMK Kamerası

Kameranın geniş bir yatay ve düşey görüş açısı vardır. Objektif açıklığı sabittir. Kamera sabit bir uzaklığa ayarlanmıştır. Emülsiyon taşıyıcı olarak yalnızca cam kullanılır. Çekim eksenini, yatay olarak resim çekecek şekilde yapılmıştır. Ancak özel bir adaptör yardımı ile $\pm 100^\circ$, $\pm 70^\circ$ ve $\pm 30^\circ$ eğikliklerle de resim çekmek mümkündür (Şekil 2). Kameranın yanına ve üzerine yerleştirilmiş pimler yardımı ile, yatay ve düşey yönde, arazide kaplanacak alan belirlenebilmektedir. Yöneltilme sistemi yalnızca normal durumda resim çekimine fırsat vermektedir.



Şekil 2

Zeiss TMK Kamerası İle Eğik Resim Çekimi

Çekilen her resimde, ayarlanan görüntü uzaklığı, resim numarası ve dört resim müşiri belirir. Müşirlerin ayarlanması için gerekli ışık, resim taşıyıcı kapağı çıkarıldıktan sonra 17 DIN'lik bir filmde 1-5 dakika içinde sağlanır ve bu müddet esnasında da resim çekimi yapılır (TÜDEŞ, 1986, s.30).

Aletin Teknik Özellikleri :

Kamera Sabiti	: 60mm
Diyafram Sayısı	: 11
Netlik Derinliği	: 5m- ∞
Cam Boyutları	: 9cmX12cm
Faydalı Boyutlar	: 8cmX10cm
Resim Açısı	
Düsey	: $\pm 44^{\circ}$
Yatay	: $\pm 37.5^{\circ}$
Poz Müddetleri	: 1-1/400s, B ve T
Yöneltilme Dürbününün	
Max. Eğilme Açısı	: $\pm 12^{\circ}$ (Aynanın eğilmesiyle)

2.2. DEĞERLENDİRMEDE KULLANILAN ARAÇLAR

Fotogrametrinin amacı, çekilen resimler yardımı ile cisimlerin konum ve biçim olarak yeniden elde edilmesidir. Dolayısıyla bütün fotogrametrik değerlendirme aletlerinin çalışma prensibi, resmi çekilen cisimlerin yeniden oluşturulması esasına dayanır. Bu da resmi çekilen cisim ile ölçme resmi arasında kurulan geometrik ve analitik bağıntılar yardımı ile olur.

Yer fotogrametrisinde kullanılan değerlendirme aletleri

- a) Analog(Grafik) değerlendirme aletleri,
 - b) Analitik(Sayısal) değerlendirme aletleri
- olmak üzere iki grupta incelenebilir.

2.2.1. Analog Değerlendirme Aletleri

Analog değerlendirme aletleri,çekilen resimler yardımı ile,cisme ait gerekli bilgileri çizgilerle belirten aletlerdir.Bunun da temel şartı,kameraların çekim anındaki durumunu değerlendirme aletlerine verebilmektir.

Yer fotogrametrisinde kullanılan değerlendirme aletleri iki gruba ayrılabilir :

- a) Hava fotogrametrisi değerlendirmesi yanında yersel değerlendirme de yapan aletler,
- b) Yalnız yersel çekimlerin grafik değerlendirmesinde kullanılan aletler.

Hava fotogrametrisi değerlendirmesi için yapılmış olan büyük değerlendirme aletlerinden bazıları yersel değerlendirmede de kullanılabilir.Bu aletlerin kapasiteleri büyük olduğundan,yersel fotogrametri değerlendirmelerinde zorluk çıkarmamaktadırlar.Fakat bu aletler, sadece yer fotogrametrisinde kullanılacaksa,çok pahalı olduklarından ekonomik olmamaktadırlar.

Yersel resimlerin çekiminde,itinalı bir çalışma ile dönüklükler sıfır yapılabilir.Dönüklüklerin sıfır olması ise,aletin yapısını oldukça basitleştirir.Bu durum da dikkate alınarak,büyük değerlendirme aletleri yerine,yapıla-

rı basit,fiyatları ucuz ve yalnız yersel değerlendirme yapan aletler yapılmıştır.Resim boyutları ve kapasiteleri daraltılırsa,bu aletler daha da basitleştirilebilir. Fakat,bu durumda da aletin kullanma alanı oldukça daralır.Bu yüzden,bu tür değerlendirme aletlerini yapan kurumlar,kendi firmaları tarafından yapılan kameralarla çekilen resimleri değerlendirecek değerlendirme aletleri imal etmektedirler.Kısacası,değerlendirme yapılan aletle yer kameraları bir bütün oluşturmalıdır.

2.2.2. Analitik Değerlendirme Aletleri

Analitik değerlendirme aletleri,resmî çekilen modeldeki noktaların arazi koordinatlarının elde edilmesi için gerekli olan bilgileri elde etmeye yarayan aletlerdir.Bu aletleri çeşitli sınıflara ayırmak mümkündür.Fakat yer fotogrametrisinde analitik değerlendirmenin temeli,komparatorlarla yapılan ölçülerin arazi koordinatlarına dönüştürülmesidir.

2.2.2.1. Komparatorlar

Resimler üzerinde,nokta koordinatlarını ölçmeye yarayan aletlere komparator adı verilir.Komparatorlarda ölçülen değerlerden arazi değerlerine geçerken,komparator değerleri büyük sayılarla çarpılmaktadır.Bu yüzden komparator değerleri hassas bir şekilde okunmalıdır.Komparatorlarda ölçme inceliği 1 µm ile 10 µm arasında değişmektedir.

Komparatorlar, monokomparator ve stereokomparatorlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Monokomparatorlarda tek, stereokomparatorlarda ise aynı anda çekilmiş çift resmin değerlendirilmesi yapılmaktadır.

a) Monokomparatorlar :

Tek bir resmin üzerindeki noktaların koordinatlarını ölçmek için kullanılan komparatorlardır. Monokomparatorların yapıları oldukça basittir. Alet, birbirine nazardan dik yönde hareketi ve bu hareketlerin presizyonlu bir şekilde ölçüsünü sağlayan bir düzenden ibarettir. Bazı aletlerde her iki yöndeki hareket resim taşıyıcısına verilirken, bazı aletlerde hareketin biri resim taşıyıcısına, diğeri gözleme sistemine verilir. Ölçü sırasında ölçü markasını ölçülecek noktanın üzerine presizyonlu bir şekilde oturtabilmek için bir dürbün sisteminden faydalanılır.

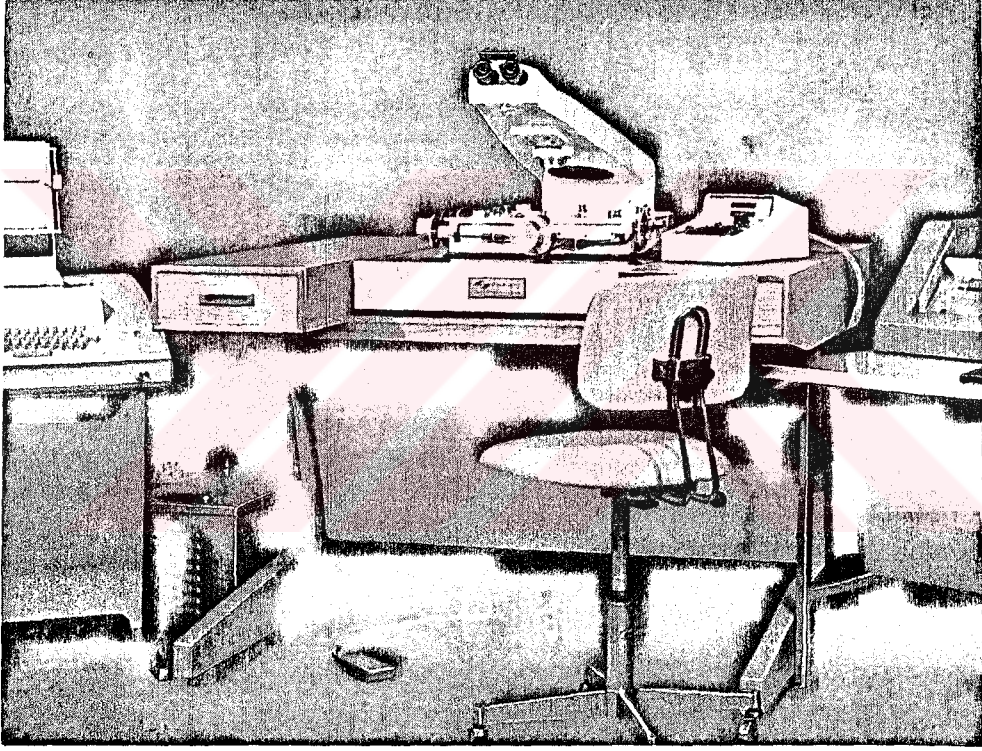
b) Stereokomparatorlar :

Bindirmeli olarak çekilmiş bir resim çiftindeki noktaların, bir dik koordinat sistemine göre koordinatlarını ölçmek için yapılmış olan aletlerdir. Stereokomparatorların prensibini ilk ortaya atan Pulfrich'tir. Bu prensibe göre ilk alet, 1901 yılında Zeiss firması tarafından imal edilmiş olup, bugün bile Pulfrich'in prensibi stereokomparatorların temel prensibini oluşturmaktadır.

2.2.2.1.1. Space Optic 102 Monokomparator

x ve z koordinatlarının ölçüsü cam üzerindeki ölçü markaları vasıtasıyla yapılmaktadır. Ölçü markaları 12x12

lik bir matris içine 20mm aralıklarla yerleştirilmişlerdir. Sistem, bir ayak pedalı ile kontrol edilen hava yastığı üzerinde hareket eder. Bu sayede ölçülecek noktaya kolayca gelinmiş olunur. İnce ayar da az hareket çarkları ile olur. Bu çarkların ölçü camını hareket ettirme kapasitesi 20mm'dir (Şekil 3).



Şekil 3

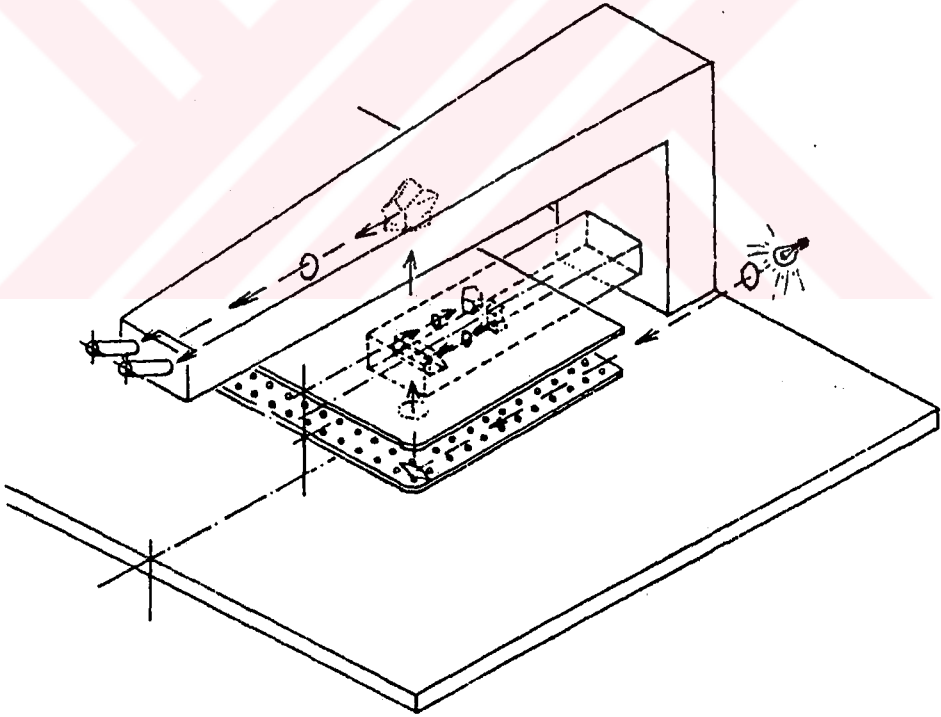
Space Optic 102 Monokomparatoru

Ölçülecek materyal mutlaka cam olmalıdır. Çünkü, ölçü esnasında yanlardan baskı yapılarak tutturulan bu cam sabit dururken, ölçü camı hareket eder. Ölçüde kullanılacak camların boyutları 23cmx23cm veya 18cmx18cm olmalıdır.

Bu da aletin kullanma alanını sınırlayan bir faktördür. Küçük bir adaptör ilavesi ile 9cmx12cm boyutundaki camlar da ölçülebilir.

102 Monokomparator, işletilmesi hızlı ve kullanılması kolay bir alettir. Bunun sebebi ise, ayar vidasının kısa olması, iki gözle görüntüyü görme imkânının olması ve hava yastığı kullanılmış olmasıdır.

102 Monokomparatorda ölçme, iki hareketin toplamı ile yapılmaktadır. Birinci hareket sabit duran gözleme optiğine göre resim taşıyıcısının hareketidir (Şekil 4). Bu hareket



Şekil 4

102 Monokomparatorun İşleme Şeması

resim taşıyıcısı ile altlık plâkası arasındaki hava yastığı üzerinde kolaylıkla yapılmaktadır. Bir noktadan diğerine geçiş suratile olmaktadır. İkinci hareket, yani ince yöneltme, el tekerlekleri yardımı ile olmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan Space Optic Monokomparatorunun öz presizyonu ağ plâka ölçmeleri sonucunda belirlenmiştir. Buna göre 25 noktalı ağ plâka ölçmeleri sonunda $m_x=1.87 \mu\text{m}$, $m_y=1.15 \mu\text{m}$ ve $m_{x-y}=1.56 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur (KOYUNCU, 1985).

Aletin Teknik Özellikleri :

Cam Boyutları	: 23cm x 23cm
Mikroskop Büyütmesi	: 10 ve 20
Görüntü Alanı Çapı	: 25mm (Büyütme 10 iken)
Ölçü Markasının Çapı	: 40 mikron
En Küçük Okuma Birimi	: 1 mikron

BÖLÜM III

3. ALIM VE DEĞERLENDİRME

Fotogrametrik çalışmaların amacı, çekilen resimlerin değerlendirilmesi ve bunlardan gerekli ölçülerin alınmasıdır. Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli olan resimlerin çekimleri çeşitli şekillerde olup, hesaplama kolaylığı için genellikle fotogrametrinin normal durumuna uygun olarak yapılır. Aranılan değerlerin elde edilebilmesi için, çeşitli koordinat sistemlerinde bulunan değerler arasında bazı transformasyonların (dönüşümlerin) yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamaların yapılabilmesi için de, çeşitli koordinat sistemlerinin belirlenmesi gereklidir. Transformasyon yapılmadan evvel, ölçülen değerlerde bulunan birtakım hataların etkileri ortadan kaldırılmalıdır. Bundan sonra değerlendirmeye geçilir. Değerlendirmenin genel prensibi de, resim çekimi sırasındaki durumun sayısal (analitik) veya grafik (analog) izdüşümle yeniden elde edilmesidir.

3.1. YERSEL FOTOGRAMETRİDE FOTOĞRAF ÇEKME ŞEKİLLERİ

Yersel fotogrametride fotoğraf çekme şekilleri baş-

lıca iki gruba ayrılabilir :

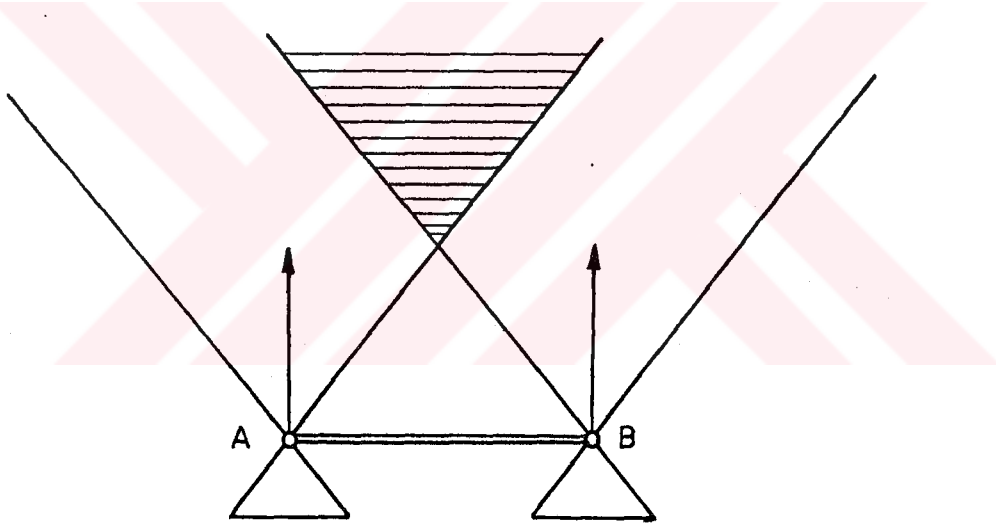
1- Çekim ekseninin XY düzleminde olması,

2- Çekim ekseninin XY düzlemi ile belli bir açı yapması (eğik alım).

Her iki durumda da başlıca şu fotoğraf çekim şekilleri söz konusudur :

a) Normal Durum :

Butür alımlarda bazın her iki ucundan alınan resimlerde alım eksenleri birbirine paralel ve baza diktir (Şekil 5).

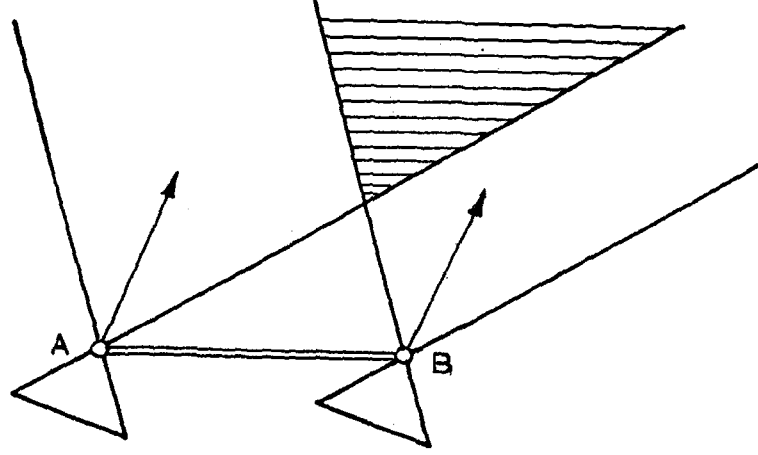


Şekil 5

Normal Durum

b) Dönük Durum :

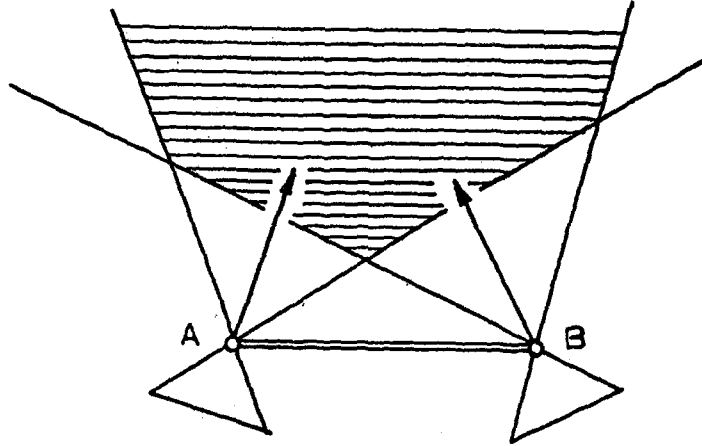
Bu alım şeklinde ise, bazın her iki ucundan alınan resimlerdeki alım eksenleri birbirine paraleldir, fakat baza dik değildir (Şekil 6).



Şekil 6
Dönük Durum

c) Konvergent Durum :

Burada ise, bazın her iki ucundan alınan resimlerde alım eksenleri birbirlerine paralel değildirler ve kesişirler (Şekil 7).



Şekil 7
Konvergent Durum

3.2. RESİM KOORDİNATLARINA GETİRİLEN DÜZELTMELER

Komparator koordinatlarından resim koordinatlarına geçiş yapıldığında elde edilen değerler birtakım hatalarla yüklü olabilirler. Bu hataların sonucu ne şekilde etkiliyeceğinin önceden bilinmesi, hataların ortadan kaldırılması veya ihmal edilmesi bakımından önem taşımaktadır. Söz konusu hatalar başlıca üç kısımda incelenebilir.

3.2.1. İç Yönelme Elemanlarının Resim Koordinatlarına Etkisi

İç yönelme elemanlarından kaynaklanan hatalar doğrudan doğruya çekim kamerasının yapısı ile ilgili hatalar olup

- a) Ana nokta kayıklığı,
- b) Kamera sabiti,
- c) Distorsiyon

hatalarıdır.

a) Ana Nokta Kayıklığı :

Projeksiyon merkezinden resim düzlemine inilen dikin ayağının resim koordinat sisteminin başlangıcında olması gerekir. Eğer değilse, bu hata resim koordinatlarını olduğu gibi etkiler ve

$$dx' = dx_H$$

(1)

$$dz' = dz_H$$

olur.

b) Kamera Sabiti Hatası :

Kamera sabitinin belirtilen değeri ile kesin değeri arasında bir fark varsa ve bu da dc kadar ise, bunun resim koordinatları üzerindeki etkisi

$$dx' = \frac{x'}{c} dc \quad (2)$$

$$dz' = \frac{z'}{c} dc$$

olur.

c) Distorsiyon Hatası :

Kamera objektifi bir mercekten ibaret olmayıp, birden fazla mercekten oluşan bir optik sistemdir. Cisim tarafındaki merkeze gelen ışının sistemden çıkışı sırasında, geliste optik eksenle yaptığı açıyı aynen yapması gerekir. Açılar farklı ise, sistemde distorsiyon hatası var demektir. Belirli bir değer altında kalan distorsiyon hataları değerlendirilmede dikkate alınmaz. Bu yüzden distorsiyon hatasının mümkün olduğu kadar küçük olmasına çalışılır.

Düzeltilmiş resim koordinatları

$$x'_d = x' + \Delta x' = x' \left(1 + \frac{\delta r}{r} \right) \quad (3)$$

$$z'_d = z' + \Delta z' = z' \left(1 + \frac{\delta r}{r} \right)$$

bağıntıları ile bulunur (MOFFITT/MIKHAİL, 1980, s. 300).

Burada :

x'_d, z'_d : Düzeltilmiş resim koordinatları,

x', z' : Ölçülen koordinatlar,

δr : Işınsal distorsiyon,

r : Işınsal uzaklıktır.

3.2.2. Dış Yönelme Elemanlarının Resim Koordinatlarına Etkisi

Dış yönelme elemanları, kameraların çekim anındaki durumlarını belirlerler. Kameranın kurulduğu noktanın (X,Y,Z) koordinatları ile sadece kameranın yeri belirlenir. Kameranın çekim anındaki konumunun belirlenebilmesi için, ayrıca kameranın üç eksen etrafındaki dönüklük (ϕ, ω, κ) değerlerinin de bilinmesi gerekir. Üçü koordinat, üçü de dönüklük olan bu büyüklüklere dış yönelme elemanları denir. Yer fotogrametrisinde, hava fotogrametrisinin aksine bu değerler belirlenebilir. Fakat çekim sırasında bu değerler belirlenirken az da olsa hatalar yapılabilir ve bu hatalar az veya çok resim koordinatlarını etkilerler.

3.2.2.1. Koordinat Hatalarının Resim Koordinatlarına Etkisi

Koordinat hataları, kameranın istasyon noktasına merkez dışı kurulmasından veya istasyon noktalarının koordinatlarının hatalı olmasından ileri gelir. Bu durumda, elde edilen değerler de hatalı olur.

a) X in Hatasının Etkisi :

Kamera istasyon noktası yerine daha farklı bir yere kurulursa, x'_d yerine x' gibi bir değer elde edilir. Düzeltme

miktarı

$$dx' = \frac{c}{Y} dX \quad (4)$$

bağıntısı ile bulunur.

dx' hata miktarı, noktaların baza olan uzaklıkları ile ters orantılı olarak değişmekte olup, baza yakın olan noktalarda maksimum, uzak noktalarda ise minimumdur.

Noktanın z' koordinatı, istasyon noktasının X yönündeki hareketinin P cisim noktasının yüksekliğine ve baza olan uzaklığına (Y) etkisi olmadığından değişmez. Yani

$$dz' = 0 \quad (5)$$

olur.

b) Z nin Hatasının Etkisi :

Z koordinatının dZ hatası, genellikle kameranın bilinen yüksekliğe kurulamamasından kaynaklanır. Bu yüzden ölçülmesi gereken z'_d yerine z' değeri ölçülür. dz' düzeltilmesi ise

$$dz' = \frac{c}{Y} dZ \quad (6)$$

bağıntısıyla bulunur.

dz' hata miktarı, baza yakın noktalarda maksimum uzak noktalarda ise minimumdur.

dZ in x' üzerindeki etkisi ise

$$dx' = 0 \quad (7)$$

olur.

c) Y nin Hatasının Etkisi :

dY hatası,kameranın istasyon noktasına iyi kurulamasından veya merceğin merkez dışı olma durumunun hesaplamalarda dikkate alınmamasından ileri gelir.

Kamera istasyon noktasına dY kadar merkez dışı kurulmuşsa, x'_d yerine x' ve z'_d yerine de z' elde edilir. dx' ve dz' hataları

$$dx' = - \frac{c \cdot X}{Y^2} dY$$

(8)

$$dz' = - \frac{c \cdot Z}{Y^2} dY$$

bağıntılarından elde edilir.

dx' hatası, noktanın X değeri ile doğru, baza olan uzaklığının karesi ile ters orantılıdır. Hata miktarı, bazdan uzak, Y eksenine çok yakın olan noktalar için minimum, baza yakın ve Y ekseninden uzaktaki noktalar için maksimumdur. dz' hatası da, Z ile doğru noktanın baza olan uzaklığının karesi ile ters orantılıdır. Hata miktarı, istasyon noktasına göre yükseklik farkı az ve bazdan uzak noktalarda minimum, yükseklik farkı fazla ve baza yakın olan noktalarda ise maksimumdur.

Görüldüğü gibi, koordinat hatalarının resim koordinatlarına etkisi incelendiğinde, her üç koordinatın etkisinin de, noktanın resim bazına olan uzaklığı ile ters orantılı olduğu görülmektedir.

3.2.2.2. Dönüklük Hatalarının Resim Koordinatlarına Etkisi

Resimler çekilirken,kameraların istenildiği gibi yöneltme imkânı bulunmasına rağmen yine de birtakım hatalar olabilir.Bunların resim koordinatlarına olan etkisi şu şekildedir :

a) $d\phi$ Dönüklük Hatasının Etkisi :

Kamera $d\phi$ kadar döndüğünde x'_d ve z'_d koordinatları yerine x' ve z' değerleri ölçülür. $d\phi$ dönüklüğünden ileri gelen hata $d\phi$ nin küçük olduğu kabulüyle

$$dx' = - \frac{c}{Y} \left(Y + \frac{X^2}{Y} \right) d\phi \quad (9)$$
$$dz' = - \frac{c}{Y} \left(\frac{X.Z}{Y} \right) d\phi$$

olarak elde edilir (TÜDEŞ,1986,s.161).

$d\phi$ dönüklük hatasından ileri gelen dx' hatası,noktanın Y eksenine olan uzaklığının karesi ile doğru,baza olan uzaklığının karesi ile ters orantılıdır.Hata miktarı, bazdan uzakta ve Y eksenine çok yakın olan noktalarda minimum,baza yakın ve Y ekseninden uzaktaki noktalarda maksimumdur.

dz' hatası ise,noktanın X ve Z değerleri ile doğru,baza olan mesafenin karesi ile ters orantılıdır.Hata miktarı,Y eksenine yakın ve Z değeri küçük olan bazdan uzaktaki noktalarda minimum,Y ekseninden uzakta Z değeri büyük ve

baza yakın olan noktalarda maksimumdur.

b) d ω Eğiklik Hatasının Etkisi :

Kamera d ω eğiklik hatası ile yüklü ise, P cisim noktasının görüntüsü P den farklı bir yerde belirir. Bu durumun resim koordinatlarına etkisi

$$dx' = \frac{c}{Y} \left(\frac{X.Z}{Y} \right) d\omega \quad (10)$$

$$dz' = \frac{c}{Y} \left(Y + \frac{Z^2}{Y} \right) d\omega$$

bağıntısıyla belirlenir (TÜDEŞ, 1986, s.162).

dx' hatası, noktanın X ve Z i ile doğru, baza olan uzaklığı ile ters orantılıdır. Hata miktarı, Y eksenine yakın, Z değeri küçük ve bazdan uzaktaki noktalarda minimum olup, Y ekseninden uzakta, Z değeri büyük ve baza yakın olan noktalarda ise maksimumdur.

dz' hatası ise, noktanın Z değeri ile doğru, baza olan uzaklığı ile ters orantılıdır. Dolayısıyla hata miktarı, bazdan uzakta ve Z değeri küçük olan noktalarda minimum, baza yakın ve Z değeri büyük olan noktalarda maksimumdur.

c) d κ Dönüklük Hatasının Etkisi :

Kamera çekim sırasında d κ kadar dönmüş ise, x'_d ve z'_d yerine x' ve z' değerleri elde edilir. Hata miktarı

$$dx' = - \frac{c}{Y} \cdot Z \cdot d\kappa \quad (11)$$

$$dz' = \frac{c}{Y} \cdot X \cdot d\kappa$$

bağıntıları ile belirlenen miktarlar kadardır.

2.3.3. Diğer Düzeltmeler

Bu hataların, kameranın yapısı ile ilgileri olmayıp, aşağıdaki durumlardan ileri gelen hatalardır. Bunlar :

- a) Koordinat eksenlerinin dik olmaması,
- b) Emülsiyon taşıyıcısının deformasyonu,
- c) Atmosferik refraksiyon,
- d) Yeryüzünün küreselliğidir.

a) Resim Koordinat Eksenlerinin Dik Olmama Hatası :

Komparator ve resim koordinat sistemleri dik sistemler olup, hesaplamalar da bu kabule göre yapılmaktadır. Koordinat eksenlerinin dik olmaması durumunda bu husus dikkate alınmalıdır.

Dik olmayan sistem x', z' dik sistem de x'_d, z'_d olsun. Dik olmamadan ötürü bir noktanın koordinatları x'_d ve z'_d yerine x' ve z' olarak ölçülür. Diklik hatasının küçük olduğu da dikkate alınarak

$$x'_d = x' \quad (12)$$

$$z'_d = z' + x' \cdot \delta$$

bağıntıları yazılabilir (TÜDEŞ, 1986, s.150). Burada

- x'_d, z'_d : Düzeltmiş resim koordinatları,
 x', z' : Ölçülen koordinatlar,
 δ : Diklik hatasıdır.

b) Emülsiyon Taşıyıcısının Deformasyon Hatası :

Emülsiyon taşıyıcılarından özellikle filmler hava

şartlarından etkilenirler. Dolayısıyla resim koordinatları da etkilenir. Camlardaki deformasyon ise filmlere göre daha azdır.

Bu cins bir hatanın varlığı, kameranın kalibrasyon ölçüsü ile komparatordan elde edilecek ölçülerin karşılaştırılması ile anlaşılır. Düzeltme

$$x'_d = \frac{a}{a'} \cdot x' = S_x \cdot x'$$

(13)

$$z'_d = \frac{b}{b'} \cdot z' = S_z \cdot z'$$

bağıntılarına göre yapılır (TÜDEŞ, 1986, s.152). Burada :

- x'_d, z'_d : Düzeltilmiş resim koordinatları,
- x', z' : Ölçülen koordinatlar,
- a, b : x'_d ve z'_d yönünde kalibrelenen uzaklık,
- a', b' : x'_d ve z'_d yönünde komparatorda ölçülen uzaklıktır.

c) Atmosferik Refraksiyon Hatası :

Bir cisim noktasından çıkıp kameraya gelen ışının takip ettiği yol bir doğru değil, eğridir. Bu yüzden noktanın resim üzerindeki görüntüsü farklı bir nokta olur. Bu farklılıktan ileri gelen düşey ve yatay yöndeki açılara düşey refraksiyon açısı ve yatay refraksiyon açısı adı verilir.

Atmosferik refraksiyonun yatay açıya olan etkisi düşey açıya nazaran çok küçüktür ve ihmal edilebilir.

DüŖey refraksiyonun z koordinatına etkisi

$$\Delta z' = - f \cdot \sec^2 \beta \cdot \Delta \beta \quad (14)$$

bağıntısı ile belirlenir (TÜDEŖ,1986,s.154).Burada

- f : Odak uzaklığı,
β : KiriŖin eğim açısı,
Δβ : DüŖey refraksiyon açısıdır.

DüŖey refraksiyonun etkisinin normal meteorolojik Ŗartlarda 1 km'lik uzaklıkta 2cm kadar olduğu belirtilmektedir (FRASER,1979,s.1287).

IŖık yolunun eğriliği günün her saatinde deđiŖmektedir.Eđrilik,güneŖin yükseklik açısı artarken sonsuza doğru büyümeye baŖlar.Daha sonra ıŖık yolu eğriliğinin kararsız tabaka dolayısıyla negatif değer aldđı görölür (BANGER,1977,s.108).Bu da,refraksiyon açısının değerinin günün çeŖitli zamanlarında negatif ve pozitif değerler alabileceğini göstermektedir.

d) Yeryüzünün Küreselliğinin Hatası :

Bir noktanın yüksekliği hesaplanırken,küresellikten ileri gelen hata

$$\Delta h = \frac{s^2}{2R}$$

bağıntısı ile bulunur ve hesap sonucunda dikkate alınabilir (ÖZBENLİ/TÜDEŖ,1972,s.420).Burada

S : Noktanın kameraya olan uzaklığı,

R : Dünyanın yarıçapıdır.

Δh nin değeri S nin lkm lik değeri için 8cm dir.

Küreselliğin resim koordinatları üzerindeki etkisi i-
se

$$\Delta z' = S \cdot \frac{c}{2R} \quad (16)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada c kamera sabitidir.

3.3. KOORDİNATLARIN HESAPLANMASI

Fotogrametrik değerlendirmenin yapılabilmesi için, ölçülen değerlerden bazı hesaplamaların yapılması gerekir. Yapılan bu hesaplamalar ise çeşitli koordinat sistemleri arasındaki transformasyonlardan başka birşey değildir. Hesaplamalarda kullanılan koordinat sistemleri başlıca 4 gruba ayrılabilir :

- a) Komparator koordinat sistemi,
- b) Resim koordinat sistemi,
- c) Çekim koordinat sistemi,
- d) Nirengi koordinat sistemi.

Resimler çekildikten sonra ilk iş, her resimde müşir noktalarının ve koordinatları hesaplanacak noktaların komparator koordinatlarını ölçmektir. Ölçülen bu komparator koordinatları yardımı ile noktaların resim koordinatları

hesaplanır.Noktaların çekim koordinatları da hesaplanan bu resim koordinatlarından bulunur.Çalışma bölgesel ise veya tek modelle çalışılıyorsa,nirengi koordinat sistemine geçmeye gerek kalmaz ve bulunan çekim koordinatları yeterli olabilir.Çünkü çekim koordinatları arazinin orjinal boyutundadır.Eğer çok modelle çalışılıyorsa veya kontrol noktalarının koordinatları bir nirengi sistemine göre belirlenmişse,böyle durumlarda nirengi koordinat sistemine göre transformasyon yapıp noktaların koordinatlarını nirengi sistemine göre bulmak gerekir.

3.3.1. Koordinat Sistemlerinin Belirlenmesi

Transformasyon işleminin yapılabilmesi için koordinat sistemlerinin belirlenmesi ve birbirlerine göre durumlarının tarif edilmesi gerekir.

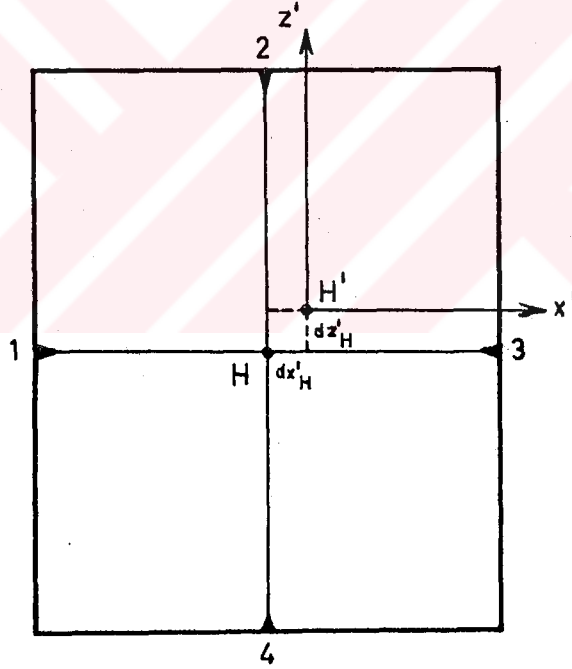
1- Komparator Koordinat Sistemi :

Komparator koordinat sistemi,komparatorun x ve y kızaklarının belirlediği bir dik koordinat sistemidir. Bu koordinat sisteminin başlangıcı isteğe göre değişebilir.

2- Resim Koordinat Sistemi :

Çekilen resimler üzerindeki çeşitli noktalara ait resim koordinatları,resim koordinat sistemine göre belirlenir.Çekim sırasında resim üzerinde beliren ve mürşir(ana nokta bulucusu) adı verilen işaretlerin birleş-

tirilmesi ile belirlenen koordinat sistemidir. H noktası 1-3 ve 2-4 doğrularının kesim noktasıdır. H' noktası ise çekim ekseninin resim düzlemindeki izdüşümüdür. Resim koordinat sisteminin başlangıcı bu H' noktasıdır (Şekil 8). Fakat, tatbikatta hesaplar H noktasını başlangıç kabul eden resim koordinat sistemine göre yapılır. Bu yüzden bulunan değerlerden H' noktasının bu sistemdeki koordinat değerleri (dx'_H, dz'_H) çıkarılmalıdır. Hesaplamalarda kolaylık olması açısından H ile H' noktalarının çakışık olması arzu edilir.



Şekil 8
Resim Koordinat Sistemi

3- Çekim Koordinat Sistemi :

Çekim koordinat sistemi bir arazi koordinat sistemi olup, üç boyutlu bir sistemdir. Sol resmin durak noktasını başlangıç, kamera ekseninin yatay izdüşümünü Y eksenini olarak kabul eden sistemdir (FINSTERWALDER/HOFMANN, 1968, s.126). X eksenini, Y ekseninin saat ibresi yönünde 100° döndürülmesi ile elde edilir. Z eksenini ise XY nin belirttiği düzleme dik olan eksendir.

Çekim koordinat sisteminin başlangıcı olan bazın sol ucundaki istasyon noktasına kamera yerleştirildiğinde, kameranın belirli bir yüksekliği olduğu unutulmamalıdır. Bu yüzden Z_0 değeri istasyon noktasının yüksekliği değildir. Bu değere kamera yüksekliğinin eklenmesiyle bulunan değer istasyon noktasının yüksekliğidir ve hesaplamalarda bu değerler kullanılır. Eğer kameranın merkezlendiği nokta ile, objektifin merkezi dış merkez ise, hesaplamalarda bu durum da dikkate alınmalıdır.

İstendiğinde istasyon noktasının (X_0, Y_0, Z_0) koordinat değerleri sıfır alınabilir. Fakat bu durumda çekim noktasından daha aşağı seviyedeki noktaların Z değerleri ile, çekim ekseninin solunda kalan noktaların X değerleri negatif olacağından bu durumdan kaçınılır. Bu yüzden başlangıç noktasının koordinatları yuvarlak ve sıfırdan farklı değerler alınır. Meselâ uygulamada başlangıç noktasının koordinatları bu yüzden $X_0=Y_0=Z_0=100.00m$ alınmıştır.

4- Nirengi Koordinat Sistemi :

Nirengi koordinat sistemi memleket koordinat sistemi olabileceği gibi, yapılan çalışma için tesis edilmiş bölgesel bir nirengi ağı da olabilir. Eğer birden fazla baz-

dan çekim yapılmışsa, modeller arasında gerekli bağıntının kurulabilmesi için böyle bir sisteme ihtiyaç vardır.

Nirengi koordinat sistemi ile çekim koordinat sistemi arasındaki en büyük fark, her iki sistemdeki X ve Y eksenlerinin yer değiştirmiş olmasıdır.

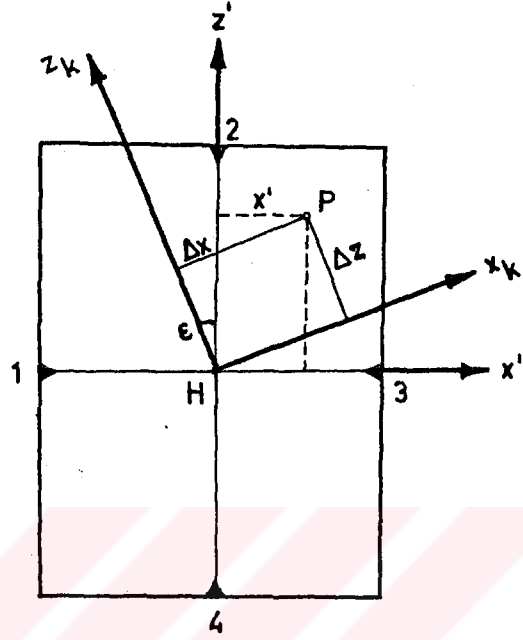
3.3.2. Koordinat Sistemleri Arasında Transformasyon

Fotogrametrik çalışmalardan gerekli sonuçların alınabilmesi için, çeşitli koordinat değerlerinin birbirlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu da koordinatlar arasında transformasyon yapmakla sağlanır. Gerek komparator koordinatlarından resim koordinatlarına geçişte, gerekse çekim koordinatlarının elde edilmesi sırasında transformasyon yapmak gerekir.

Yapılan çalışmada iki boyutlu düzlemsel bir transformasyon uygulanmıştır. Düzlemde bir koordinat sisteminin diğer bir koordinat sistemine geçebilmek için, her şeyden evvel dönüklük açısının bilinmesi gerekir. ϵ dönüklük açısı ölçülebiliyorsa ölçmek suretiyle, yoksa hesap yoluyla bulunur. Dönüklük açısının bulunabilmesi için, her iki sistemde de koordinatları bilinen iki noktaya ihtiyaç vardır (Şekil 9).

(Şekil 9) da da görüldüğü gibi, (x_k, z_k) komparator koordinat sistemi ile (x', z') resim koordinat sistemleri arasında ϵ kadar bir dönüklük vardır. Başlangıçları farklı olan bu iki koordinat sistemi arasındaki transformasyon

$$\begin{bmatrix} x' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \epsilon & - \sin \epsilon \\ \sin \epsilon & \cos \epsilon \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_k - x_{kH} \\ z_k - z_{kH} \end{bmatrix} \quad (17)$$



Şekil 9

Komparator ve Resim Koordinatları Arasındaki Transformasyon bağıntısı ile yapılır. Buna göre, dönüşüm için H noktasının komparator koordinatlarının bulunması gerekmektedir. Bu değer ölçülen noktaların komparator koordinatlarından çıkarıldığında, komparator koordinat sistemi ile resim koordinat sisteminin başlangıçları çakışmaktadır. Buna göre (17) bağıntısı

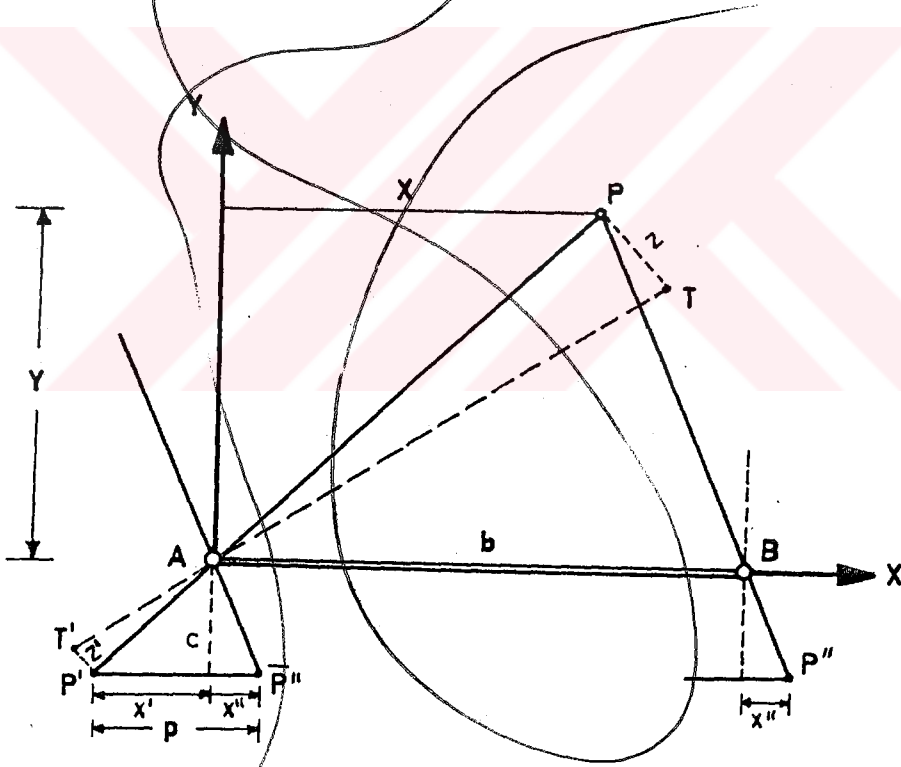
$$\begin{bmatrix} x' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \epsilon & - \sin \epsilon \\ \sin \epsilon & \cos \epsilon \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta z \end{bmatrix} \quad (18)$$

şeklini alır.

3.3.3. Çekim Koordinatlarının Hesaplanması

Yapılan uygulamada fotoğrafların çekimi normal durumda yapıldığından, koordinatların hesabı için gerekli olan formüller normal durum gözönünde bulundurularak elde edilmiştir. Dolayısıyla burada diğer fotoğraf çekim durumlarına ait formüllerden bahsedilmeyecektir.

Normal durumda çekim eksenini Y eksenini ve buna dik olan eksenini, yani baz eksenini X eksenidir. Sol istasyon noktası ise orijin noktasıdır (Şekil 10).



Şekil 10

Yersel Fotogrametride Normal Durum

Resim koordinatları, b bazı ve c kamera sabiti önceden bilinen değerlerdir. Bilinen bu değerler yardımı ile P gibi bir noktanın arazideki koordinatları fotogrametrik yoldan aşağıdaki bağıntılar yardımı ile hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} Y - Y_0 &= \frac{b \cdot c}{p} & Y &= Y_0 + \frac{b \cdot c}{p} \\ X - X_0 &= \frac{b \cdot x'}{p} & X &= X_0 + \frac{b \cdot x'}{p} \\ Z_1 - Z_0 &= \frac{b \cdot z'}{p} & Z_1 &= Z_0 + \frac{b \cdot z'}{p} \\ Z_2 - Z_0 &= \Delta Z + \frac{b \cdot z''}{p} & Z_2 &= Z_0 + \Delta Z + \frac{b \cdot z''}{p} \\ Z &= \frac{Z_1 + Z_2}{2} \end{aligned} \quad (19)$$

ΔZ : Sol ve sağ kameralar arasındaki yükseklik farkıdır

3.4. DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Fotogrametrik bir değerlendirmenin sonucunda, noktaların çekim koordinat sistemindeki (X,Y,Z) koordinatları elde edilmektedir. Değerlendirmenin genel ilkesi, resim çekme olayındaki geometrik durumun sayısal veya analog izdüşüm yardımı ile tekrar elde edilmesidir. Değerlendirme işlemi ister sayısal isterse analog yoldan yapılmış olsun, bu değerlendirmelerin nasıl yapılacağını gösteren bir matema-

tik modelin belirlenmesi gerekir.

3.4.1. Matematik Model

Fotogrametrik çalışmaların önemli bir özelliği, çekilen resimlerden, izdüşüm yoluyla cismin modelini elde etmek ve bu model üzerinde geometrik ölçüler yapmaktır. Elde edilen bu ölçülerle yapılan çeşitli hesaplamalar sonunda, cisim noktalarının üç boyutlu cisim sistemindeki (X,Y,Z) koordinatları elde edilir. Çekim koordinatlarının hesaplanabilmesi için, resim çekim kamerasına ait bazı bilgiler ile, cisim noktalarına karşılık gelen resim noktalarının koordinatları önceden bilinmeli veya ölçülmelidir.

Resim üzerindeki bir noktanın resim koordinat sistemine göre koordinatları (x,z,0) olup, izdüşüm merkezinin aynı koordinat sistemindeki koordinatları, c kamera sabiti de dikkate alınır (x_H,z_H,c) olur. Burada x_H ve z_H ana noktanın resim düzlemindeki konumunu belirler.

Ölçümlerin yapıldığı (X,Y,Z) çekim koordinat sistemine göre bir izdüşüm ışınının matematik modeli F(z)=0 ile gösterilecek olursa z vektörü aşağıdaki parametreleri bulundurur :

$$z = (x_H, z_H, c, X_0, Y_0, Z_0, \phi, \omega, \kappa, x, z, 0, X, Y, Z, \lambda)$$

Burada (x_H,z_H,c) iç yöneltme elemanları, (X₀,Y₀,Z₀, φ, ω, κ) dış yöneltme elemanları, (x,z,0) resim koordinatları, (X,Y,Z) cisim noktasının çekim koordinatla-

r_1 , λ da ölçek çarpanıdır.

$F(z) = 0$ denklemi 3 noktanın kolinear olma şartını sağlamaktadır. Kolinearite (doğrusallık) şartı, cisim noktası, izdüşüm noktası ve resim noktasının ideal bir izdüşüm ışını üzerinde bulunmasıdır (GHOSH, 1979, s.62).

Ölçümü yapılan cisim noktalarına ait çekim koordinat sistemi (X,Y,Z) ile, bunlara karşılık gelen noktalara ait resim koordinat sistemi (x,z,c) arasında kolinearite (doğrusallık) durumu da dikkate alınarak cebirsel bir bağıntı kurulursa, kolinearite şartının matematik modeli elde edilmiş olur. Bu matematik model aşağıdaki şekilde yazılabilir :

$$\begin{bmatrix} x - x_H \\ z - z_H \\ c \end{bmatrix} = D \cdot \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Z - Z_0 \\ Y - Y_0 \end{bmatrix} \cdot \lambda^{-1} \quad (20)$$

Burada

$$D = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}$$

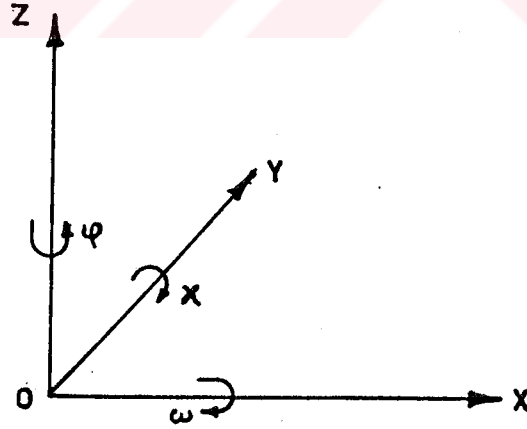
olup, ortogonal dönme matrisidir.

D ortogonal matrisi (20) eşitliğinde yerine koyulur ve λ ölçek çarpanı yok edilirse

$$\begin{aligned} x &= x_H + c \cdot \frac{a_1(X-X_0)+a_2(Z-Z_0)+a_3(Y-Y_0)}{c_1(X-X_0)+c_2(Z-Z_0)+c_3(Y-Y_0)} \\ z &= z_H + c \cdot \frac{b_1(X-X_0)+b_2(Z-Z_0)+b_3(Y-Y_0)}{c_1(X-X_0)+c_2(Z-Z_0)+c_3(Y-Y_0)} \end{aligned} \quad (21)$$

eşitlikleri elde edilir. Görüldüğü gibi, resmin iç ve dış yöneltme elemanları biliniyorsa, (21) eşitlikleri yardımı ile bir noktanın resim koordinatları hesaplanabilir. (21) eşitlikleri yersel fotogrametrinin "Kolinearite (Doğrusallık) Şartı" denklemleridir.

Kolinearite şartını sağlayan denklemlerin hesaplamalarda kullanılabilmesi için dönüklük matrisinin ve yönünün belirlenmesi gerekir. Fotogrametride dönüklük matrisi çeşitli şekillerde belirlenir. Bunlar içinde en uygunu, üç eksen etrafında olan dönüklüğe göre olanıdır. Dönüklük yönleri ise (Şekil 11) deki gibi seçilmiştir.



Şekil 11

φ, ω ve κ Dönüklüklerinin Yönleri

Beraber dönen eksenler etrafındaki "D" toplam dönüklük matrisi, kısmi dönüklük matrislerinin çarpımına eşittir (FINSTERWALDER/HOFMANN, 1969, s.18). Bu durumda toplam dönüklük matrisi

$$D = D\phi \cdot D\omega \cdot D\kappa = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (22)$$

olarak elde edilir.

3.4.1.1. Grafik Değerlendirme

Çekim kameraları ile çekilmiş resim çiftlerinin çizgisel olarak değerlendirilmesine grafik değerlendirme denir. Grafik değerlendirmenin yapılabilmesi için değerlendirme aletleri kameranın resim çekim anındaki konumuna getirilmelidir. Daha sonra modelin karşılıklı ve mutlak yönlendirilmesi yapılır. Ölçek ayarı da yapıldıktan sonra elde edilen üç boyutlu modelin değerlendirme aletinde çizgisel olarak değerlendirilmesi imkânı doğar. Ayrıca değerlendirme aletlerinin sayaçlarından veya ek kayıt düzenlerinden elde edilen model koordinatları yardımı ile noktalara ait arazi koordinatları da elde edilebilir.

3.4.1.2. Analitik Değerlendirme

Analitik değerlendirme, fotogrametrik değerlendirme nin sayısal olarak gerçekleştirildiği bir değerlendirme yöntemidir. Grafik(analog) değerlendirmeden farklı olarak

modeller hesap yoluyla oluşturulmaktadır.Yani ölçü ve hesaplamalar sonucu sayısal bir model elde edilir.

Fotogrametrik değerlendirme yöntemleri içinde en prezisyonlu sonuçların alındığı yöntem analitik değerlendirme yöntemidir.Ayrıca son zamanlarda geliştirilen ve yer fotogrametrisinde kullanılmaya başlanan,metrik olmayan çekim makinaları ile çekilen resimlerin değerlendirilme işlemi de analitik yöntemle olabilmektedir.Butür çekim kameralarının iç yöneltmeleri sabit değildir ve ana nokta bulucuları yoktur.Dolayısıyla bu bilinmeyenlerin de kullanılacak matematik modele eklenmesi gerekir ve bu da analitik yöntem yardımı ile yapılmaktadır.

Analog yöntemlere göre analitik yöntemlerin bazı üstünlükleri vardır.Bu üstünlükler kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir:

a) Analitik değerlendirmede sadece normal durumda çekilmiş resimler değil,değişik durumlarda çekilmiş resimler de değerlendirilebilir.

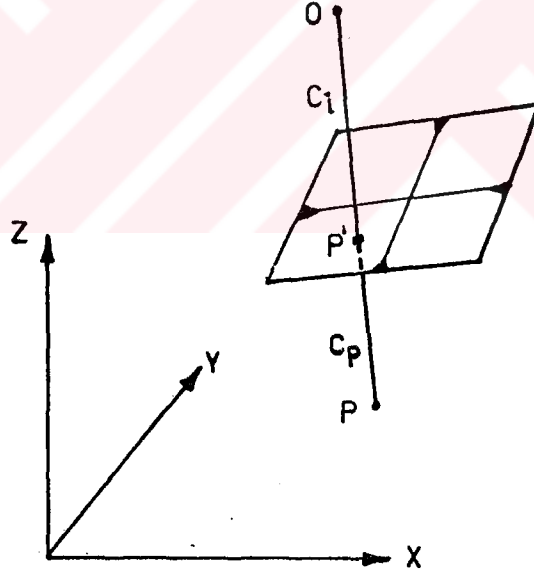
b) Resim koordinatlarına etki eden distorsiyon,film büzülmesi,refraksiyon ve yer küreselliğinin etkisi ile oluşan düzenli hatalar,analitik yöntemde hesapla düzeltilebilir veya çok küçükse ihmal edilebilir.

c) Hesaplama kolaylığı olduğundan,çok sayıda nokta kullanılarak cisim modeli daha hassas bir şekilde oluşturulabilir (ALTAN,1978,s.11).

3.4.1.2.1. Demet Yöntemi

Işın demetleri blok dengeleme yöntemi, bir bloku oluşturan resimlere ait dış yöneltme elemanları değerlerinin ve ölçülmüş bulunan resim noktalarının, birlikte dengeleme sonucu yer koordinat sistemindeki değerlerinin belirlenmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Dengelemede kullanılan değerler, ölçülmüş resim noktaları koordinat değerlerinden ibarettir.

Kolinearite (Doğrusallık) şartı, P cisim noktasının, O izdüşüm merkezinin ve P' resim noktasının idealleştirilmiş bir ışın üzerinde olmasıdır (Şekil 12) .



Şekil 12
Kolinearite Şartı

Doğrusallık şartının matematiksel ifade ediliş tarzı basit olarak aşağıdaki gibi yazılabilir (BAZ,1986,s.32).

$$C_p = \lambda \cdot R \cdot C_1 \quad (23)$$

Burada:

C_p : Yer koordinat sisteminde izdüşüm merkezi ve bir cisim noktasınca tanımlanan vektörü,

λ : Ölçek faktörünü,

R : Resim çekimi sırasında kamerada olması muhtemel dönüklüklerle ifade edilen parametrelerin teşkil ettiği ortogonal dönüşüm matrisini,

C_1 : Resim koordinat sisteminde izdüşüm merkezi ve bir resim noktasınca tanımlanan vektörü

ifade etmektedir.

Her bir resim noktası için denklem (23) de verilen λ 'nin yok edilmesi sonucu resim koordinatları x,y için birer çift ölçme denklemi elde edilmiş olur:

$$x/c = r_1 \cdot C_p / r_3 \cdot C_p \quad (24)$$

$$y/c = r_2 \cdot C_p / r_3 \cdot C_p$$

Burada:

x, y : Ölçülen resim koordinatlarını,

r_1, r_2, r_3 : Dönüşüm matrisi R nin satır vektörlerini,

c : Kamera sabitini

ifade etmektedir.

Yukarıda verilen denklemlerde c 'nin sabit bir değere,öl-

çülenen resim koordinatları x,y'lerin sistematik ve kaba hatalara sahip olduğu düşünülür. Denklemlerdeki diğer bütün parametreler çözülmesi gerekli bilinmeyen değerlere sahiptir. Ayrıca (24) de verilen denklemler lineer olmayıp, herhangi bir hesaplama işleminde kullanılabilmeleri için önce lineer hale getirilmeleri gerekmektedir. Lineer hale getirilmiş ölçme denklemleri :

$$W . b + W . A . q = v \quad (25)$$

olarak matrislerle ifade etmek mümkündür. Burada:

W : Ağırlık katsayılar matrisini,

b : Ölçme değerlerinin oluşturduğu bilinenler (sağ taraf) vektörünü,

A : Katsayılar matrisini,

q : Dış yöneltme parametrelerine ve cisim noktalarının koordinat değerlerine getirilecek düzeltmeler vektörünü,

v : Ölçülen resim koordinat değerlerine getirilecek düzeltmeler vektörünü

ifade etmektedir.

(25) de verilen denklemlerden elde edilen normal denklemler

$$N . q = d \quad (26)$$

olarak yazılabilir. Burada:

$$N = A' \cdot W \cdot A$$

$$d = A' \cdot W \cdot b$$

dir.

Normal denklemleri, yer koordinatlarına getirilecek düzeltmeler (q_1) ve dış yöneltme elemanlarına getirilecek düzeltmeler (q_2) olarak iki ayrı bilinmeyenler grubu altında yeniden düzenlemek mümkündür :

$$N_{11} \cdot q_1 + N_{12} \cdot q_2 = d_1 \quad (27)$$

$$N_{12}' \cdot q_1 + N_{22} \cdot q_2 = d_2$$

Normal denklem sisteminin çözümü için Gauss-Cholesky yönteminin değişikliğe uğratılmış bir şekli uygulanmakta ve indirgenmiş normal denklemler olarak

$$\begin{aligned} [N_{22} - N_{12}' \cdot N_{11}^{-1} \cdot N_{12}] \cdot q_2 = \\ [d_2 - N_{12}' \cdot N_{11}^{-1} \cdot d_1] \end{aligned}$$

veya başka bir ifadeyle

$$N_{22}^* \cdot q_2 = d_2 \quad (28)$$

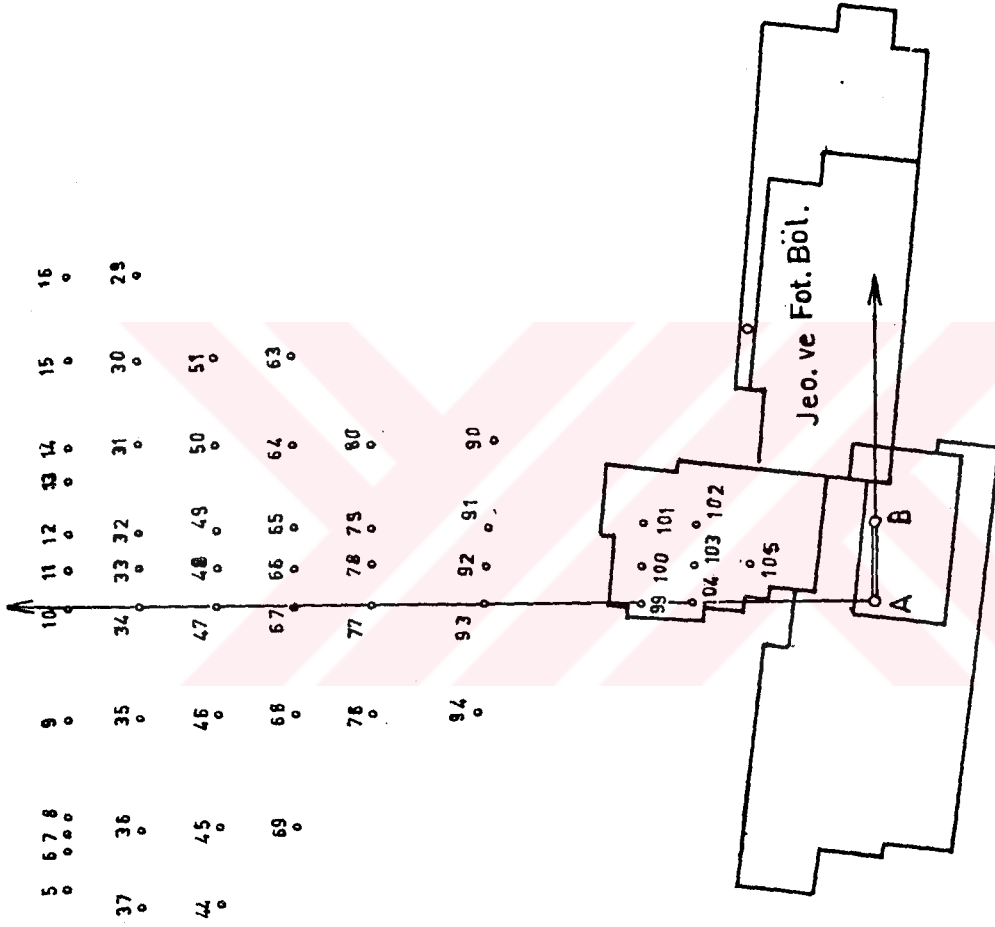
elde edilmektedir. Daha sonra q_2 ve q_1 'deki bilinmeyenlerin değerleri sırasıyla hesaplanabilmektedir. Bu konuda (BAZ, 1984) de geniş bilgi verilmektedir.

BÖLÜM IV

4. UYGULAMA

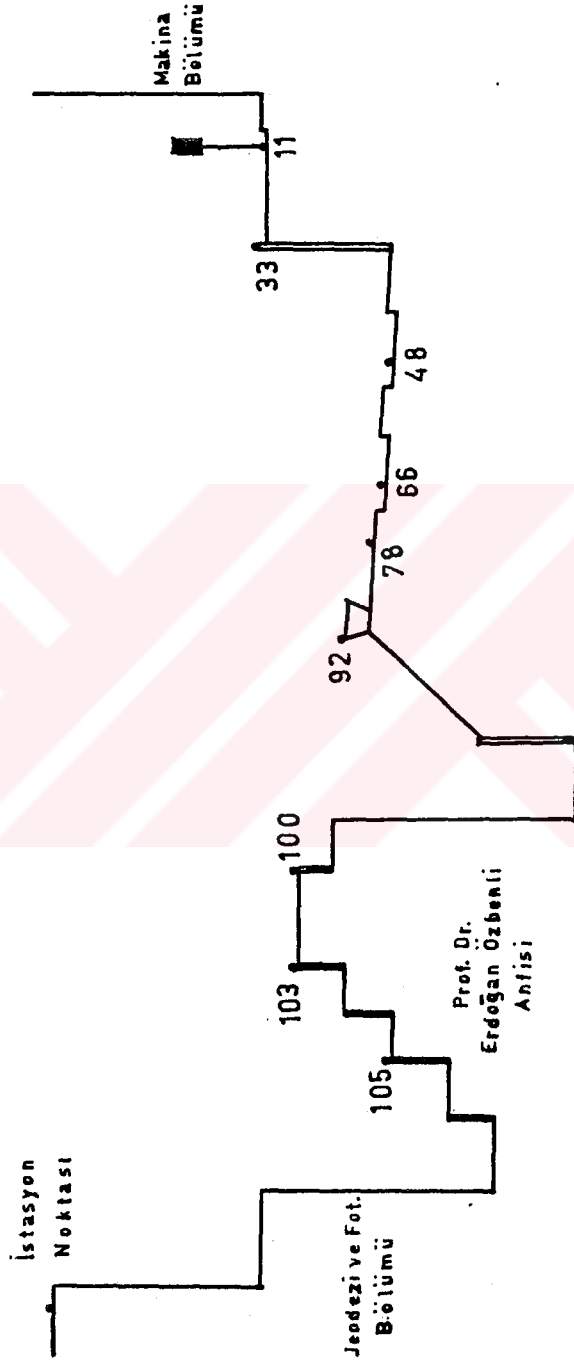
Çekilen resimlerin değerlendirilebilmesi için, modelde koordinatları bilinen yeterli sayıda yer kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Çeşitli sebeplerden ötürü nokta sayısı olması gerekenden farklı olabilir veya farklı sayıda nokta ile çalışmak istenebilir. Çeşitli konum ve sayıdaki nokta gruplarının nasıl bir sonuç vereceğinin görülmesi için bir uygulama çalışması yapılmış, teorik bilgiler yardımı ile hesaplar yapılarak elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Uygulama için test alanı olarak, K.Ü. kampüsünde Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, Mimarlık Bölümü, Makina Bölümü ve Dekanlık binası arasındaki alan seçilmiştir. Test alanı seçildikten sonra, uygulama alanına hakim olan bir yer aranmıştır. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü binasının terasının, test alanına yerleştirilecek yer kontrol noktalarını rahatça görebileceği belirlendikten sonra, burada uygun uzunlukta bir baz seçilmiştir. Daha sonra model içinde kalacak ve test alanını tamamen kaplıyacak şekilde, yer kontrol noktalarının yerleri belirlenmiştir (Şekil 12). Nokta yerleri belirlenirken aralarında yükseklik farkı bulunmasına dikkat edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 12

Test Alanındaki Yer Kontrol Noktalarının Yerlerinin Seçimi



Sekil 13
Test Alanının 105-11 Kesiti

4.1. NOKTALARIN TESİSİ VE ÇEKİM KOORDİNATLARININ ÖLÇÜMÜ

Gerekli araştırmanın yapılabilmesi için, test alanında, modelin her tarafına yayılan ve farklı yüksekliklerde bulunan çok sayıda nokta belirlendi.

Hesaplamalarda bazı kolaylıkların sağlanabilmesi için, noktaların bazı özel durumlar gözönünde bulundurularak tesis edilmesinde fayda vardır (TÜDEŞ, 1975, s.39). Nitekim noktalar tesbit edilirken, baza paralel doğrular oluşturulmuş ve bu doğrular üzerinde belirli aralık ve sıklıkta noktalar alınmıştır. Dolayısıyla test alanında, baza paralel ve bazın orta eksenine göre simetrik 53 yer kontrol noktası belirlenerek model yeterli sıklıkta nokta ile doldurulmuş oldu. Genellikle noktalar arası mesafe X yönünde baz uzunluğu kadar alındı. Yerine göre bu mesafeler, arazinin durumuna göre uzadı veya kısaldı. Daha sonra, zeminin durumu da dikkate alınarak noktaların arazide işaretleme işlemi yapıldı.

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi, noktaların arazi koordinatları kesin koordinat kabul edilmiş ve hesaplamalarda bu değerlerden istifade edilmiştir. Dolayısıyla jeodezik koordinatların hassas bir şekilde bulunması gerekmektedir. Bu yüzden jeodezik koordinatların elde edilmesi sırasındaki tüm ölçü ve hesaplamalara büyük özen gösterilmiştir. Modeldeki noktaların jeodezik koordinatlarının bulunması için sol baz (A) noktasının koordinatları (100, 100, 100m) olarak alındı.

Yer kontrol noktalarına ait X,Y koordinatları önden kestirme elemanları ve kenar ölçüleri yardımı ile bulundu. Bunun için koordinatları bilinen noktalardan modeldeki yer kontrol noktalarına rasat yapılarak gerekli açılar üç tam silsile okundu. Yer kontrol noktalarına olan mesafeler elektronik uzaklık ölçerlerle elde edildi. Noktalara ait gereğinden fazla ölçü değeri olduğundan X,Y koordinatları dengeleme ile elde edildi. Bunun için evvela yer kontrol noktalarının yaklaşık koordinatları hesaplandı. Sonra, koordinatlar yardımı ile yer kontrol noktalarına olan açıklık açılarının yaklaşık değerleri elde edildi. Daha sonra düzeltme denklemleri ve normal denklemler kurularak bunlar çözüldü. Böylece yer kontrol noktalarına ait X,Y jeodezik koordinatları elde edildi. Modeldeki tüm noktalara ait konum hataları hesaplandı. Yer kontrol noktalarına ait konum hatalarının mm mertebesinde olduğu görüldü.

Gerek baz noktalarının gerekse modeldeki tüm yer kontrol noktalarının yükseklikleri, geometrik nivelmanla ve gidış dönüş ölçülerek mm hassasiyetle elde edildi.

Böylece baz noktalarının ve test alanındaki tüm yer kontrol noktalarının, araştırmamıza da esas teşkil edecek olan (X,Y,Z) çekim koordinatları elde edilmiş oldu (Çizelge 1).

NOK	XK	YK	ZK
5	75.959	169.750	95.736
6	80.146	169.732	95.722
7	83.032	169.737	95.718
8	84.464	169.731	95.718
9	92.002	169.740	95.303
10	100.000	169.728	98.179
11	104.244	163.734	98.478
12	108.495	169.735	98.494
13	112.741	169.733	98.578
14	116.974	169.728	98.456
15	124.477	169.724	98.603
16	133.925	169.718	96.126
29	133.912	163.587	95.876
30	125.449	163.590	97.574
31	116.974	163.596	93.443
32	108.501	163.597	98.299
33	104.252	163.566	93.261
34	100.000	163.590	97.368
35	91.533	163.575	95.596
36	83.043	163.595	95.656
37	74.548	163.589	95.516
44	74.544	154.014	95.454
45	83.035	154.019	95.684
46	91.388	154.018	95.720
47	100.000	154.020	95.526
48	104.247	154.015	95.564
49	108.484	154.017	95.604
50	116.966	154.016	95.688
51	125.460	154.011	95.780
63	125.453	144.279	95.730
64	116.968	144.274	95.689
65	108.493	144.279	95.631
66	104.245	144.273	95.610
67	100.000	144.279	95.598
68	91.520	144.277	95.725
69	83.038	144.279	95.671
76	91.510	135.853	95.854
77	100.000	135.851	95.860
78	104.244	135.851	95.850
79	108.491	135.850	95.854
80	116.969	135.845	95.912
90	116.952	130.187	96.445
91	108.476	131.020	96.378
92	104.236	131.435	96.360
93	100.000	131.856	96.333
94	91.527	132.673	96.296
99	100.000	120.650	96.586
100	104.242	120.263	96.570
101	108.490	119.875	96.568
102	108.490	116.536	96.574
103	104.446	117.043	96.572
104	100.000	117.491	96.596
105	104.844	111.029	95.244

Çizelge 1

Kontrol Noktalarının Çekim Koordinatları (Birimler m.)

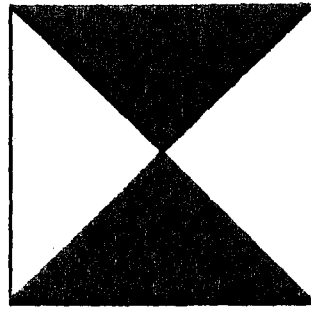
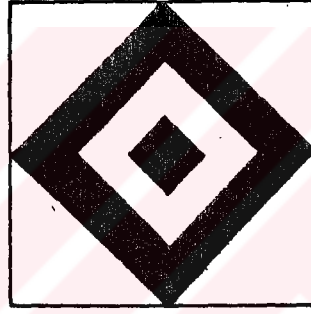
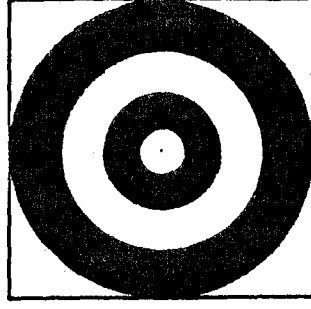
4.2. NOKTALARIN İŞARETLENMESİ, RESİM ÇEKİMİ VE KOMPARATOR KOORDİNATLARININ ELDE EDİLMESİ

Fotogrametride resimlerin ölçü resmi olarak kullanılabilmesi için, yer kontrol noktası dediğimiz, koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktaların çekilen resimlerde görülebilmesi için, resim çekiminden evvel mutlaka işaretlenmeleri gerekir.

Hava fotogrametrisinde, noktalar arasındaki yükseklik farkları uçuş yüksekliğine oranla çok azdır. Bu yüzden hava fotogrametrisinde noktalar yerde, değişik şekillerde ve aynı büyüklükte işaretlenebilir. Hava fotogrametrisinde bu şekildeki bir işaretleme bir mahzur teşkil etmemektedir. Fakat yer fotogrametrisinde noktaların işaretlenmesi hava fotogrametrisine göre birçok farklılıklar gösterir. Bunlar kısaca şu şekilde sıralanabilir :

a) İstasyon noktası yerde olduğundan, noktaların rahatça görülebilmesi için, işaretler nokta üzerine dik konulmalıdır.

b) Yer fotogrametrisinde hava fotogrametrisinin aksine, en yakın nokta ile en uzak nokta arasında oldukça önemli sayılacak farklar olabilir. Bu yüzden yer fotogrametrisinde kullanılan işaretler aynı büyüklükte olamaz. Kısacası, bütün noktalara aynı büyüklükte işaret konulması çeşitli mahzurlar oluşturur. İşaretler hazırlanırken merkezden itibaren büyüyen içiçe şekiller kullanılırsa, yakın noktalar için merkeze, uzak noktalar için daha dıştaki şekle bakılarak tatbik yapılabilir (Şekil 14). Uzak-



Şekil 14
Yer Kontrol Noktaları Üzerine Konulan İşaret Şekilleri

lıklara göre farklı büyüklükte işaret kullanmayı düşünmek ise, hem zaman alması bakımından hem de pratik olması bakımından uygun bir çözüm değildir.

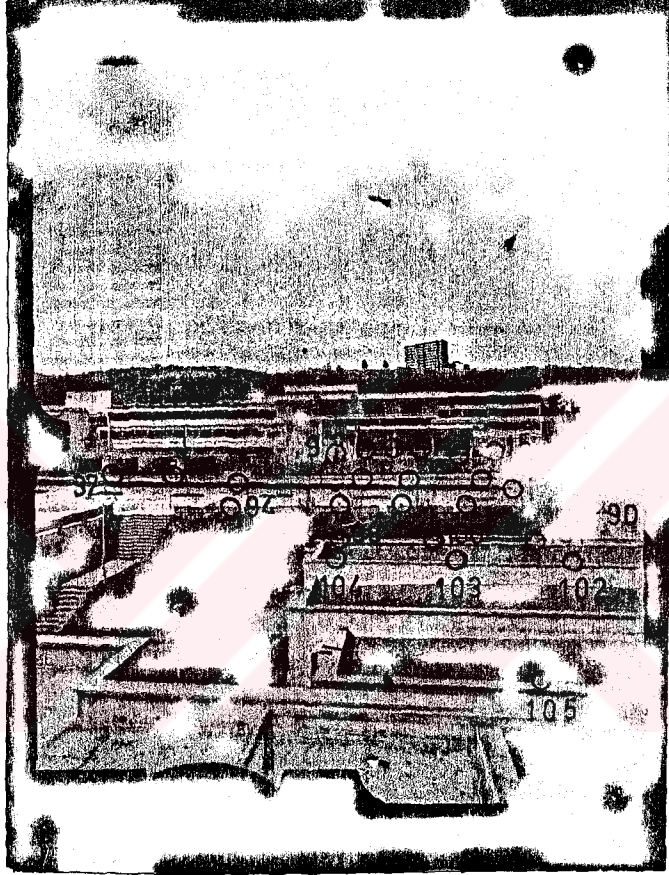
c) Noktalar üzerine konulan şekillerin rahatça görülebilmesi ve resimde rahat farkedilebilmesi için, biri koyu biri açık olmak üzere (Kırmızı-Beyaz, Siyah-Beyaz, Sarı-Siyah gibi) iki ayrı renkte boyanmalıdır.

d) İşaret merkezleri tam noktanın düşeyinde olmalı ve işaretler nokta üzerinde dik durmalı, düşmemelidir.

e) İşaretler sadece bir uygulamada kullanılmayıp, başka uygulamalarda da kullanılabileceğinden kolay taşınabilmeli ve az yer kaplayacak şekilde yapılmalıdır.

Yukarıdaki hususlar da dikkate alınarak tesbit edilen biçim ve renklerdeki şekiller 22x22cm ebadındaki tahta plâkalar üzerine yapıştırıldı. Bu tahta plâkaların düşmemesi ve nokta üzerinde dik durması için arkalarına ilave tahta parçalar yerleştirildi (TÜDEŞ, 1986). Bu tahta plâkalar, şeklin merkezi tam noktanın düşeyinde olacak şekilde noktalar üzerine itina ile koyuldu. Araştırmaya konu olacak olan test alanının resmi her iki baz noktasından da Zeiss TMK kamerası ile çekildi. Kamera bazın A ve B uçlarına konularak, test alanının hem soldan hem de sağdan resimleri çekildi (Şekil 15 ve Şekil 16) ve uygulama sahasının modeli elde edildi. Resimler çekilirken normal durumda alım yapıldı.

Resimler çekilirken birkaç kontrol noktasının resimde çıkmıyacağı anlaşıldığından, bu noktalardaki işaretler itinalı bir şekilde yükseltildi. Bunun için yükseltilecek i-



Sekil 15
Sol Baz Noktasından Çekilen
Ölçü Resmi



Şekil 16
Sağ Baz Noktasından Çekilen
Ölçü Resmi

şaretlerin tam nokta düzeyinde olup olmadıkları,iki yönden aletle bakılmak suretiyle kontrol edildi.Yükseltme miktarları,nokta üzerine tutulan mira okumaları ile sehpa üzerine tutulan cetveldeki nivo okumalarının farkları alınarak,koordinat presizyonunu bozmayacak şekilde itina ile ölçüldü.

Zeiss TMK yer kamerası ile çekilen resimler banyo ettirilerek değerlendirmeye hazırlandı.102 Monokomparatorda kullanılan cam boyutları 23x23cm veya 18x18cm olduğundan, 9x12cm lik camların alete yerleştirilmesi için özel bir düzen hazırlandı.23x23cm lik uygun kalınlıktaki bir fiberglasın tam ortasında 9x12cm lik bir boşluk açılarak cam kaset buraya yerleştirildi ve fiberglas sıkıştırılarak monokomparatorda noktaların komparator koordinatları okundu. Kaba hataların önüne geçmek ve okuma hatalarını minumuma indirmek için,aynı noktaya üç tatbik yapılarak okuma yapıldı ve bunların ortalamaları alındı.Yapılan hesaplamalar sonucunda komparator koordinatlarının presizyonunun yaklaşık 2-3 µm olduğu görüldü.

4.3. RESİM VE ÇEKİM KOORDİNATLARININ HESAPLANMASI

Resim koordinatlarının bulunması için,evvela resim orta noktasına ait komparator koordinatları hesaplandı.Bunun için bütün müşir noktalarının koordinatları toplanarak ortalamaları alındı :

$$x_{ort.} = \frac{x_{sağ} + x_{sol} + x_{üst} + x_{alt}}{4} \quad (29)$$
$$z_{ort.} = \frac{z_{sağ} + z_{sol} + z_{üst} + z_{alt}}{4}$$

Daha sonra üst müşir noktasının koordinatları dikkate alınarak transformasyon hesabı için gerekli olan dönüklük açısı hesaplandı :

$$\tan \epsilon = \frac{\Delta x}{\Delta z} = \frac{x_{üst} - x_{ort.}}{z_{üst} - z_{ort.}} \quad (27)$$

olarak bulunduktan sonra

$$x' = (x'_k - x_{ort.}) \cdot \cos \epsilon - (z'_k - z_{ort.}) \cdot \sin \epsilon \quad (28)$$

$$z' = (x'_k - x_{ort.}) \cdot \sin \epsilon + (z'_k - z_{ort.}) \cdot \cos \epsilon$$

transformasyon formülleri yardımı ile hem sol hem de sağ resimdeki noktaların resim koordinatları elde edilir. Burada :

$x_{ort.}, z_{ort.}$: Resim orta noktasının komparator koordinatlarıdır.

Aynı noktaların her iki resimden de bulunmuş olan resim koordinatlarının farkları alınarak

$$p = x' - x'' \quad (29)$$

eşitliği yardımı ile noktalara ait paralaks değerleri elde edildi. (19) formülleri yardımı ile noktaların fotogrametrik koordinatları bulundu. Nirengi koordinat sistemi ile çekim koordinat sistemi arasında γ gibi, küçük de olsa

bir dönüklük mevcuttur. Noktalara ait çekim koordinatları, istasyon noktasının koordinatlarına (19) formülleri ile bulunan koordinatların (X_G, Y_G) ilave edilmesi ile değil, bir transformasyon yapmak suretiyle bulundu. Yalnız, kameranın merkezlendiği nokta ile objektifin merkezi dış merkez olduklarından, kamera sabitinin yarısı olan 0.03m hesaplamalarda dikkate alındı. İstasyon noktasının koordinatları, (19) formülleri ile bulunan koordinatlar ve kamera sabitinin yarısı da dikkate alınarak, transformasyon yapılmak suretiyle noktaların çekim koordinatları aşağıdaki formüller yardımı ile bulundu :

$$X_f = X_o + (X_G \cdot \cos \gamma) - (Y_G \cdot \sin \gamma) \quad (30)$$

$$Y_f = Y_o + 0.03 + (X_G \cdot \sin \gamma) + (Y_G \cdot \cos \gamma)$$

Daha önce de belirtildiği gibi, değerlendirme esnasında tatbik noktaya değil, nokta üzerine yerleştirilen levhanın merkezine yapılmaktadır. Levhaların ebatları 22x22cm olduğundan, yarısı olan 0.11m lik uzunluk noktalara ait Z çekim koordinatları hesaplanırken dikkate alınmalıdır. İkinci transformasyon Z çekim koordinatlarını etkilemeyeceğinden

$$Z_1 = Z_{oA} + a_1 + \Delta Z_1 - 0.11$$

$$Z_2 = Z_{oB} + a_2 + \Delta Z_2 - 0.11 \quad (31)$$

$$Z_f = \frac{Z_1 + Z_2}{2}$$

eşitlikleri yardımı ile yer kontrol noktalarına ait Z çekim koordinatları fotogrametrik olarak bulunmuş oldu.

Böylece, test alanındaki tüm kontrol noktalarının fotogrametrik yoldan hesabedilmiş olan çekim koordinatları bulunmuş oldu (Çizelge 2).

Yer kontrol noktalarının jeodezik yoldan elde edilen ve kesin kabul edilen koordinatları ile, fotogrametrik yoldan hesabedilen koordinatları arasındaki farklar

$$v_X = X - X_f$$

$$v_Y = Y - Y_f \quad (32)$$

$$v_Z = Z - Z_f$$

eşitlikleri yardımı ile bulundu (Çizelge 3).

Komparator koordinatlarından resim koordinatlarının ve paralaksların elde edilmesi, fotogrametrik koordinatların hesabı, koordinat farklarının elde edilmesi ve diğer hesaplar, her nokta grubu için, K.Ü. Elektronik Hesap Bilimleri Enstitüsünde yaptırılmıştır.

NOK	X	Y	Z
5	76.202	159.239	95.791
6	80.350	159.239	95.777
7	83.212	169.266	95.767
8	84.626	169.201	95.777
9	92.107	169.361	98.322
10	100.058	169.361	98.219
11	104.285	169.322	98.523
12	108.501	169.247	98.551
13	112.729	159.247	98.644
14	116.938	169.303	98.495
15	124.365	159.237	98.657
16	133.732	169.123	96.207
29	133.784	163.188	95.937
30	125.369	153.206	97.630
31	116.924	153.228	98.504
32	108.512	163.213	98.341
33	104.297	153.205	98.302
34	100.055	163.278	97.404
35	91.646	163.174	95.745
36	83.205	163.198	95.707
37	74.790	163.153	95.570
44	74.747	153.699	95.505
45	83.176	153.726	95.731
46	91.473	153.770	95.766
47	100.045	153.765	95.571
48	104.273	153.748	95.616
49	108.493	153.708	95.655
50	116.935	153.730	95.747
51	125.384	153.747	95.837
63	125.396	144.107	95.781
64	116.942	144.096	95.736
65	108.503	144.097	95.679
66	104.266	144.097	95.653
67	100.038	144.112	95.642
68	91.597	144.101	95.770
69	83.170	144.052	95.721
76	91.565	135.727	95.893
77	100.027	135.747	95.902
78	104.261	135.747	95.887
79	108.494	135.732	95.895
80	116.938	135.732	95.961
90	116.934	130.108	96.483
91	108.484	130.923	96.416
92	104.253	131.355	96.396
93	100.027	131.778	96.363
94	91.584	132.567	96.339
99	100.016	120.608	96.616
100	104.250	120.217	96.602
101	108.491	119.830	96.600
102	108.493	116.619	96.605
103	104.457	117.028	96.602
104	100.017	117.475	96.619
105	104.851	111.031	95.273

Çizelge 2

Hesaplanan Fotogrametrik Koordinatlar

NOK	VX	VY	VZ
5	-0.243	0.511	-0.055
6	-0.204	0.493	-0.055
7	-0.180	0.471	-0.049
8	-0.162	0.530	-0.059
9	-0.105	0.379	-0.019
10	-0.058	0.367	-0.040
11	-0.041	0.412	-0.045
12	-0.006	0.488	-0.057
13	0.012	0.486	-0.066
14	0.036	0.425	-0.039
15	0.112	0.487	-0.054
16	0.193	0.595	-0.081
20	0.128	0.399	-0.061
30	0.080	0.383	-0.056
31	0.050	0.368	-0.056
32	-0.011	0.384	-0.042
33	-0.045	0.361	-0.041
34	-0.055	0.312	-0.036
35	-0.113	0.401	-0.049
36	-0.162	0.397	-0.051
37	-0.242	0.436	-0.054
44	-0.203	0.315	-0.051
45	-0.141	0.293	-0.047
46	-0.085	0.248	-0.046
47	-0.045	0.255	-0.045
48	-0.026	0.267	-0.052
49	-0.009	0.309	-0.051
50	0.031	0.286	-0.059
51	0.076	0.264	-0.057
63	0.057	0.172	-0.051
64	0.026	0.178	-0.047
65	-0.010	0.182	-0.048
66	-0.021	0.176	-0.043
67	-0.038	0.167	-0.044
68	-0.077	0.176	-0.045
69	-0.132	0.227	-0.050
76	-0.055	0.126	-0.039
77	-0.027	0.104	-0.042
78	-0.017	0.104	-0.037
79	-0.003	0.118	-0.041
80	0.031	0.113	-0.049
90	0.018	0.079	-0.038
91	0.008	0.097	-0.038
92	0.017	0.080	-0.036
93	0.027	0.078	-0.030
94	0.057	0.106	-0.043
99	0.016	0.042	-0.030
100	0.008	0.046	-0.032
101	0.001	0.045	-0.032
102	0.003	0.017	-0.031
103	0.011	0.015	-0.030
104	0.017	0.015	-0.023
105	0.007	-0.002	-0.029

Çizelge 3

Jeodezik ve Fotogrametrik Koordinatlar Arasındaki Farklar

4.4. DÜZELTİLMİŞ RESİM KOORDİNATLARININ HESABI VE BUNLARLA ÇEKİM KOORDİNATLARININ BULUNMASI

Uygulamada kullandığımız Demet Yöntemi yardımı ile gerekli hesaplamalar yapılarak, resim koordinatlarına getirilecek düzeltme miktarları her iki istasyon noktası için de ayrı ayrı hesaplandı. Düzeltilmiş resim koordinatları yardımı ile modeldeki bütün yer kontrol noktalarının fotogrametrik çekim koordinatları, daha önceki yol takibedilerek yeniden elde edildi (Çizelge 4).

Düzeltilmiş resim koordinatları yardımıyla bulunan fotogrametrik çekim koordinatları ile, kesin kabul edilen jeodezik çekim koordinatları arasındaki farklar teşekkül ettirildi (Çizelge 5). Resim koordinatlarına getirilen düzeltmelerden sonra elde edilen çekim koordinatlarının, kesin kabul edilen jeodezik çekim koordinatlarına oldukça yaklaştığı ve aralarındaki farkların küçüldüğü görülmüştür. Nitekim bu durum, bilgisayardan alınan çeşitli konumdaki nokta gruplarına ait koordinat farklarının karelerinin toplamalarının ve ortalama hataların incelenmesinden anlaşılmaktadır.

Modeldeki bütün yer kontrol noktaları, yani 53 nokta dikkate alınarak yapılan hesaplamalar, çeşitli konumdaki 3'lü ve 4'lü nokta grupları için ayrı ayrı yaptırılmıştır.

Sonuçların irdelenmesinde kolaylık sağlaması bakımından çeşitli nokta gruplarına ait koordinat farklarının kareleri toplamları ve ortalama hatalar çizelgelerde birarada gösterilmiştir.

NOKTA	Z	X	Y
11	98.480	104.245	169.762
66	95.607	104.241	144.269
74	96.305	91.536	132.664
44	95.455	74.535	154.038
5	95.736	75.959	169.750
105	95.248	104.846	111.054
16	96.126	133.925	169.718
63	95.717	125.466	144.350
90	96.439	116.947	130.213
46	95.718	91.383	154.039
6	95.721	80.142	169.739
7	95.711	83.027	169.755
8	95.721	84.453	169.683
9	98.281	91.992	169.809
10	98.175	99.992	169.501
12	98.505	108.486	169.692
13	98.596	112.740	169.701
14	98.445	116.978	169.772
15	98.604	124.456	169.729
29	95.858	133.957	163.687
30	97.570	125.465	163.645
31	98.456	116.959	163.615
32	98.296	108.499	163.578
33	98.259	104.260	163.564
34	97.358	99.997	163.639
35	95.691	91.538	163.555
36	95.655	83.037	163.604
37	95.515	74.546	163.606
45	95.683	83.034	154.024
47	95.520	99.995	154.025
48	95.563	104.241	154.015
49	95.601	108.481	153.981
50	95.688	116.964	154.021
51	95.771	125.466	154.078
64	95.683	116.964	144.299
65	95.631	108.492	144.275
67	95.597	100.000	144.283
68	95.727	91.525	144.284
69	95.679	83.055	144.256
76	95.856	91.511	135.845
77	95.863	99.997	135.856
78	95.847	104.241	135.858
79	95.852	108.484	135.849
80	95.912	116.955	135.872
91	96.378	108.475	131.009
92	96.360	104.236	131.435
93	96.328	100.002	131.861
99	96.587	100.004	120.644
100	96.572	104.240	120.254
101	96.568	108.484	119.873
102	96.575	108.486	116.653
103	96.574	104.449	117.058
104	96.592	100.008	117.505

Çizelge 4
Düzeltilmiş Resim Koordinatları İle Hesaplanan
Fotogrametrik Koordinatlar

NOKTA	DZ	DX	DY
11	.002	.001	-.028
66	-.003	-.004	.004
94	.009	.009	.009
44	.001	-.009	-.024
5	.000	.000	.000
105	.004	.002	-.025
16	.000	.000	.000
63	-.011	.013	-.071
90	-.006	-.005	-.026
46	-.002	-.005	-.021
6	-.001	-.004	-.007
7	-.007	-.005	-.018
8	.003	-.011	.048
9	-.022	-.010	-.069
10	-.004	-.008	-.073
12	.011	-.009	.043
13	.018	-.001	.032
14	-.011	.004	-.044
15	.001	-.021	-.005
29	-.018	.045	-.100
30	-.004	.016	-.055
31	.009	-.015	-.019
32	-.003	-.002	.019
33	-.002	.008	.002
34	-.010	-.003	-.049
35	-.005	.005	.020
36	-.001	-.006	-.009
37	-.001	-.002	-.017
45	-.001	-.001	-.005
47	-.006	-.005	-.005
48	-.001	-.006	.000
49	-.003	-.003	.036
50	.000	-.002	-.005
51	-.009	.006	-.067
64	-.006	-.004	-.025
65	.000	-.001	.004
67	-.001	.000	-.004
68	.002	.005	-.007
69	.008	.017	.023
76	.002	.001	.008
77	.003	-.003	-.005
78	-.003	-.003	-.007
79	-.002	-.007	.001
80	.000	-.014	-.027
91	.000	-.001	.011
92	.000	.000	.000
93	-.005	.002	-.005
99	.001	.004	.006
100	.002	-.002	.009
101	.000	-.006	.002
102	.001	-.004	-.017
103	.002	.003	-.015
104	-.004	.008	-.014

Çizelge 5
Düzeltilmeden Sonraki Jeodezik ve Fotogrametrik
Koordinatlar Arasındaki Farklar

4.5. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Yapılan uygulamada,model üzerinde çeşitli konumdaki kontrol nokta grupları ile hesaplar yapılmış,en iyi sonuçların hangi konumdaki nokta grupları ile elde edildiği araştırılmıştır.Yer fotogrametrisinde hata dağılımı bazdan uzaklaştıkça ve modelin kenarlarına gidildikçe arttığından hataların dağılımı üniform olmamaktadır.Bu nedenle toplam v v ler ve ortalama hatalar gözönüne alınarak elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Sağlıklı bir sonuca ulaşmak için,değişik dağılımlar gösteren çok sayıda nokta grupları alınmış,gerek X-Y bileşeni,gerekse Z yönündeki koordinat farkları vektörel çizimler halinde gösterilerek nokta kayıklıkları belirtilmiştir.Başlangıçtaki hata vektörlerinin durumu beklenen doğrultuda çıkmıştır.Baza yakın hata vektörlerinin küçük,bazdan uzak olan hata vektörlerinin büyük ve vektörlerin yönlerinin beklenildiği şekilde olduğu görülmüştür. Resim koordinatlarına düzeltme getirilmeden bulunmuş koordinat farkları ile vektörel çizim yapılmış ve nokta kayıklıkları gösterilmiştir (Ek 1,Ek 2).Resim koordinatlarına düzeltme getirilmemiş modele ait hata vektörleriyle, resim koordinatlarına düzeltme getirilmiş çeşitli konumdaki nokta gruplarına ait hata vektörlerinin karşılaştırılmasından da anlaşılacağı gibi,genelde düzeltme getirilmiş tüm gruplar modele göre oldukça iyi netice vermişlerdir.Bazı nokta gruplarında ise hata vektörleri küçülerek sifıra yaklaşmıştır.

Burada çeşitli konumdaki nokta grupları ele alınarak en iyi dağılım şeklini gösteren nokta grupları hakkında bilgi verilecektir :

1- Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumunda

a) Evvela tabanı baza uzak ve X eksenine paralel hat üzerinde bulunan, tepe noktası ise baz tarafında olan ve modelin şekline de uygun, düz üçgen diyebileceğimiz nokta grupları oluşturulmuştur. Bu yapılırken, tabanı oluşturan 2 nokta sabit tutulmuş, tepe noktası ise gittikçe baza yaklaştırılmıştır. Daha sonra, tabanı oluşturan 2 nokta baza biraz yaklaştırılmış ve tepe noktası yine tabandan uzaklaştırılarak baza yaklaştırılmıştır. Bu tür nokta gruplarının incelenmesinden de anlaşılacağı gibi (Çizelge 6, Çizelge 7, Çizelge 8, Çizelge 9) , 5-16-33, 29-36-48, 45-51-92, 63-69-78 gibi tepe noktası tabana çok yakın olan nokta grupları iyi netice vermemiştir. En iyi sonuçlar 5-16-92 ve 5-16-100 gibi tabanı bazdan uzak, tepesi baza yakın ve modele dağılmış üçgen nokta gruplarından elde edilmiştir (Ek 3, Ek 4, Ek 5, Ek 6).

b) Daha sonra tabanı baz tarafında, tepesi bazdan, dolayısıyla tabandan uzaklaşan ve modelin normal şekline göre ters üçgen diye adlandırabileceğimiz 3'lü nokta grupları oluşturuldu. Bu nokta grupları incelendiğinde, önceki nokta gruplarına kıyasla iyi netice vermedikleri görüldü (Çizelge 10, Çizelge 11, Çizelge 12, Çizelge 13, Çizelge 14). Özellikle 92-102-104, 92-99-101, 78-90-94, 66-76-80 ve 48-63-69 gibi tepesi tabana çok yakın olan nokta grupları iyi sonuçlar vermemiş, modele yayılmış olan 11-102-104, 11-99-101, 33-90-94, 11-76-80, 11-63-69 gibi nokta

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
5-16-33	0.019	0.099	0.004	0.019	0.044	0.009	0.89
5-16-48	0.007	0.062	0.003	0.012	0.035	0.008	0.71
5-16-66	0.006	0.058	0.003	0.011	0.034	0.008	0.69
5-16-78	0.005	0.052	0.002	0.010	0.032	0.006	0.65
5-16-92	0.005	0.052	0.002	0.010	0.032	0.006	0.65
5-16-100	0.005	0.048	0.002	0.010	0.031	0.006	0.63
5-16-103	0.005	0.048	0.002	0.010	0.031	0.006	0.63

Çizelge 6

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
29-36-48	0.014	0.161	0.010	0.017	0.057	0.014	1.16
29-36-78	0.010	0.092	0.003	0.014	0.043	0.008	0.87
29-36-100	0.009	0.086	0.003	0.013	0.041	0.008	0.83

Çizelge 7

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
45-51-92	0.008	0.098	0.002	0.013	0.044	0.006	0.89
45-51-103	0.006	0.080	0.002	0.011	0.040	0.006	0.81

Çizelge 8

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
63-69-78	0.006	0.100	0.005	0.011	0.045	0.010	0.91
63-69-105	0.004	0.054	0.003	0.009	0.033	0.008	0.67

Çizelge 9

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
92-102-104	0.015	0.055	0.010	0.017	0.033	0.014	0.67
66-102-104	0.008	0.044	0.008	0.013	0.030	0.013	0.61
48-102-104	0.008	0.044	0.007	0.013	0.030	0.012	0.61
11-102-104	0.005	0.042	0.007	0.010	0.029	0.012	0.59

Çizelge 10

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
92-99-101	0.051	0.673	0.003	0.032	0.116	0.008	2.36
66-99-101	0.007	0.086	0.003	0.012	0.042	0.008	0.85
48-99-101	0.005	0.076	0.002	0.010	0.039	0.006	0.79
11-99-101	0.005	0.066	0.002	0.010	0.036	0.006	0.73

Çizelge 11

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
78-90-94	0.682	5.980	0.129	0.117	0.346	0.051	7.02
66-90-94	0.015	0.057	0.009	0.017	0.034	0.013	0.69
33-90-94	0.013	0.051	0.003	0.016	0.032	0.008	0.65

Çizelge 12

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
66-76-80	0.070	0.772	0.029	0.037	0.124	0.024	2.51
48-76-80	0.014	0.073	0.003	0.017	0.038	0.008	0.77
11-76-80	0.011	0.071	0.003	0.015	0.038	0.008	0.77

Çizelge 13

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
48-63-69	0.262	1.856	0.030	0.072	0.193	0.024	3.92
33-63-69	0.032	0.076	0.003	0.025	0.039	0.008	0.79
11-63-69	0.010	0.071	0.002	0.014	0.038	0.006	0.77

Çizelge 14

grupları,diğerlerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir(Ek 7, Ek 8).

c) Burada da modelin sağ veya sol yarısında bulunan,modelin herhangi bir yerinde bulunan,bir hat üzerinde bulunan veya birbirine çok yakın olan noktalardan 3'lü nokta grupları oluşturulmuştur.Bu nokta gruplarının incelenmesinden de anlaşılacağı gibi (Çizelge 15),özellikle 63-64-80, 78-91-92,9-67-69,36-37-45 nokta grupları öncekilere göre daha kaba sonuçlar vermiştir.

2- Modelde 4 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu

Burada,iyi netice alınmış ideal bir 3'lü nokta grubu arasına 4. bir nokta atıldığında nasıl bir netice alınacağı araştırılmıştır.Bu sebeple iyi netice veren ve ideal denilebilecek bir 3'lü nokta grubunun ortalarında ve çeşitli yerlerinde bir nokta daha alınarak 4'lü nokta grupları oluşturulmuştur.Bu nokta gruplarının incelenmesinden de anlaşılacağı gibi (Çizelge 16),4. noktanın 3'lü nokta grubunun ortalarında olması durumunda,3'lü grubu fazlaca etkilemediği görülmüştür.Nitekim 5-11-16-92,5-16-48-92,5-16-66-92 ve 5-16-45-92 gibi 4'lü gruplardan elde edilen sonuçlar (Ek 9,Ek 10,Ek 11,Ek 12), 5-16-92 3'lü nokta grubunun sonuçlarından fazla farklı olmamıştır.

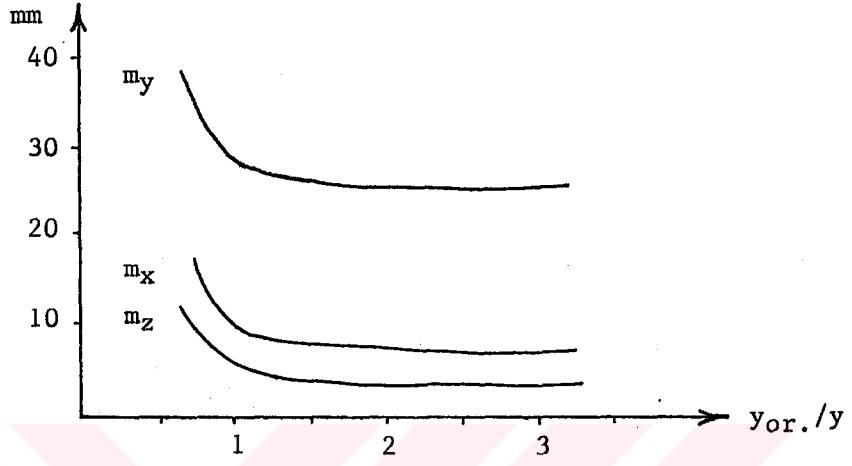
3- 3'lü nokta grupları oluşturulurken,tepe noktası tabanı oluşturan noktalardan gittikçe uzaklaşacak şekilde alınmıştı.Dolayısıyla çekim mesafeleri,yani istasyon noktasına olan uzaklıklar,nokta gruplarının durumuna göre değişmiştir.Çekim mesafeleri ve ortalama hata değerleri dikkate alınarak,ortalama hata eğrileri çizilmiştir.Elde edilen ortalama hata eğrilerinin beklenildiği şekilde olduğu görülmüştür (Şekil 17,Şekil 18,Şekil 19,Şekil 20).

G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
5-9-45	0.005	0.074	0.038	0.010	0.038	0.028	0.77
12-16-80	0.029	0.072	0.010	0.024	0.038	0.014	0.77
9-67-69	0.010	0.093	0.019	0.014	0.043	0.019	0.87
13-90-91	0.024	0.046	0.011	0.022	0.030	0.015	0.61
63-64-80	0.066	1.083	0.044	0.036	0.147	0.030	2.98
36-37-45	0.053	0.087	0.003	0.033	0.042	0.008	0.85
78-91-92	0.379	3.581	0.045	0.087	0.268	0.030	5.44
76-80-92	0.100	0.413	0.006	0.045	0.091	0.011	1.85

Çizelge 15

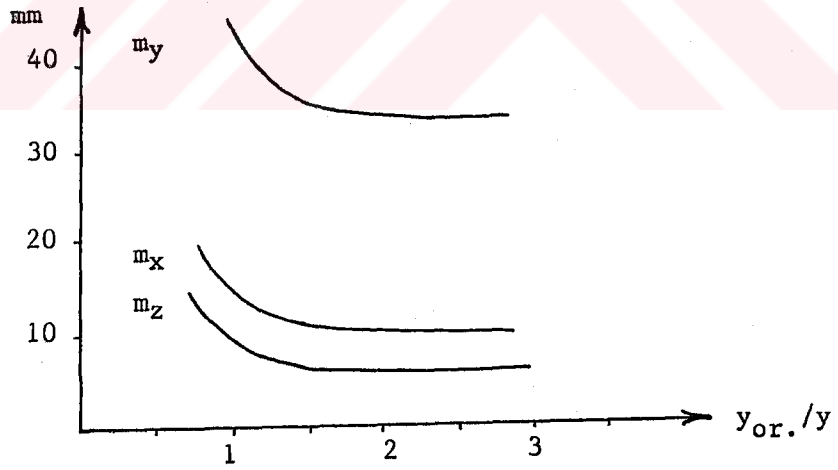
G R U P	VVX (m ²)	VVY (m ²)	VVZ (m ²)	m _x (m)	m _y (m)	m _z (m)	m _y /y _{or.} (%)
Model	0.472	5.002	0.115				
5-11-16-92	0.005	0.047	0.002	0.010	0.031	0.006	0.63
5-16-48-92	0.005	0.052	0.002	0.010	0.032	0.006	0.65
5-16-66-92	0.005	0.052	0.002	0.010	0.032	0.006	0.65
5-16-45-92	0.005	0.051	0.002	0.010	0.032	0.006	0.65

Çizelge 16



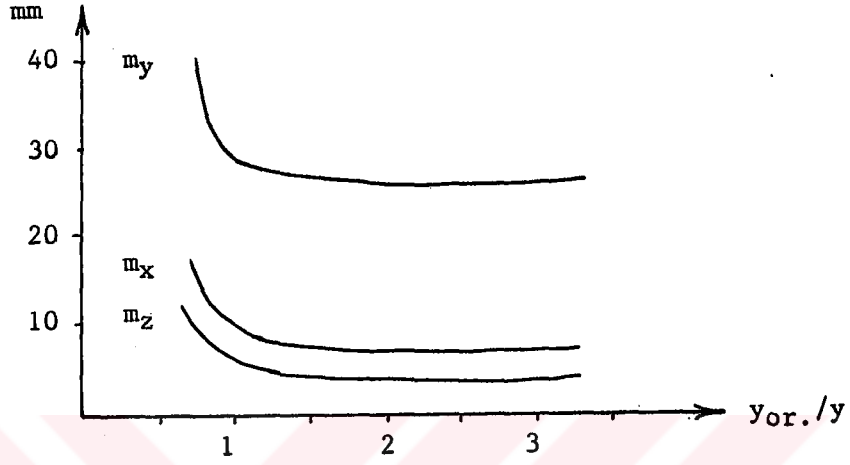
Şekil 17

Çekim mesafesine göre m_x, m_y, m_z eğrileri



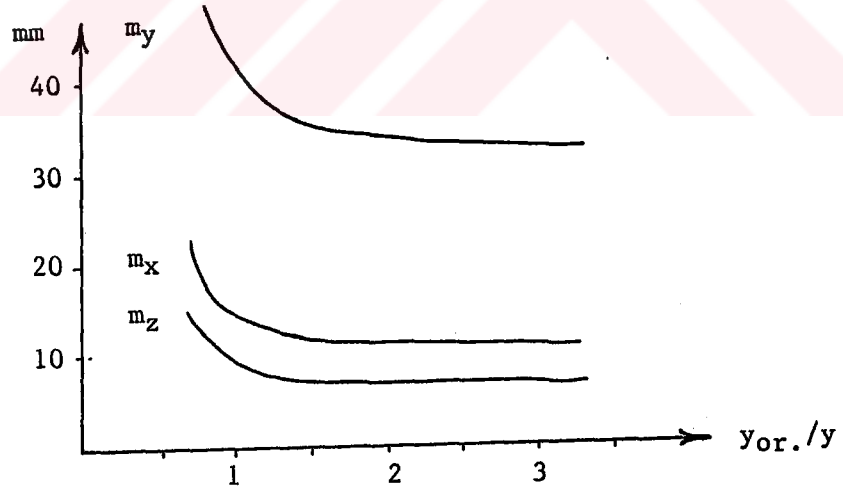
Şekil 18

Çekim mesafesine göre m_x, m_y, m_z eğrileri



Şekil 19

Çekim mesafesine göre m_x, m_y, m_z eğrileri



Şekil 20

Çekim mesafesine göre m_x, m_y, m_z eğrileri

BÖLÜM V

5. SONUÇ

Günümüz teknolojik gelişmesine, özellikle elektronik ve bilgisayar alanındaki hızlı gelişmeye paralel olarak, yersel fotogrametrinin kullanım sahası ve çeşidi hızla artmaktadır. Gerekli değerlendirme ve hesapların yapılabilmesi için, modelde koordinatları bilinen yer kontrol noktalarına ihtiyaç vardır. Bu yüzden modeldeki yer kontrol noktalarının ne şekilde dağılması gerektiğinin ve farklı konumdaki nokta gruplarının sonucu ne şekilde etkiliyeceğinin önceden bilinmesi önem arz etmektedir. Nitekim konumları farklı nokta gruplarından elde edilen sonuçlar da farklı olmaktadır.

Yapılan çalışmada, farklı konumdaki noktalardan oluşmuş çok sayıda nokta grupları alınmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir :

1- Noktalar mümkün mertebe modele yayılmalı, fakat model kenarına yakın noktalar alınmamalıdır. Bilhassa, bir hat boyunca sıralanmış nokta gruplarından, baza çok yakın noktalardan oluşturulmuş nokta gruplarından, modelin sadece bir yarısındaki noktalardan oluşturulmuş nokta gruplarından ve modelin herhangi bir yerindeki, birbirine çok yakın noktalardan oluşturulmuş nokta gruplarından kaçınılmalıdır.

2- Yer kontrol nokta sayısının 3 olduğu durumlarda, yersel fotogrametride modelin üçgen şeklinde olduğu dik-kate alınmalıdır. Dolayısıyla nokta grupları tepesi baz tarafında, tabanı X eksenine paralel ve Y eksenine göre simetrik olan üçgenler oluşturmalıdır.

3- Eğer nokta sayısı 3'den fazla ise, bu noktalar ideal olarak belirlenen 3'lü nokta grubunun yaklaşık ortasında olmalıdır. Ancak, 4. nokta ideal durumdaki 3'lü nokta grubunu fazlaca etkilememektedir.

4- Resim kenarlarına yaklaşan noktalarda görüntüler çok iyi belirlenemediğinden, distorsiyon v.b. sistematik hata etkilerinin fazla olması nedeniyle komparator koordinatları yeterli presizyonla ölçülememektedir. Bu yüzden model kenarlarına yakın olan bu tür noktalardan kaçınılmalıdır.

K A Y N A K L A R

- ABDEL AZİZ, Y. I. "Photogrammetric Potentials of Non-Metric Cameras", Civil Eng. Studies. Pho. Series, No:36, 1971.
- ABDEL AZİZ, Y. I.
KARARA, H. M. "Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Objekt Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry", Proceeding of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana Illinois, 1974.
- ALTAN, M. O. Yakın Resim Fotogrametrisinde Kullanılan Analitik Yöntemlerin Presizyonlarının İncelenmesi, Doçentlik Tezi, İstanbul, 1978.
- ALTAN, M. O. Stereo ve Monokomparatörlerin Blok Triyangülasyonundaki Rolü ve Kadaastro Fotogrametrisine Uygulama, Doktora Tezi, İ. T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, 1974.
- ALTAN, M. O. Genauigkeitsuntersuchung photogrammetrischer Deformationsmessungen an einem Testfeld, Bildmessung und Luftbildwesen, 52(1984), Heft 1.

- ALTAN,M.O. Die 11-Parameter Transformation bei der Terrestrisch Photogrammetrischen Vermessung von Bauwerken,FIG XVI,Internat Congress,Montreux,1981.
- ALTAN,M.O. A Super Precise Testfield For Close-Range Photogrammetric Applications, ISPRS,International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing,Volume 26,Part 5,June 16-19,1986,Ottawa,Canada.
- AYTAÇ,M. "1977-1978 Yılında Acunda Fotogrametrinin Durumu",İ.T.Ü. Dergisi,Cilt 36,No:1.
- AYTAÇ,M. " Yakın Resim Fotogrametrisinde Gelişmeler ". İ.T.Ü. Dergisi,Cilt 40, s. 3-6,1982.
- AYTAÇ,M. Metrik ve Metrik Olmayan Resim Çekme Makinaları,İ.T.Ü.Dergisi,Cilt 35, Sayı 3,1977.
- ALTAN,M.O.
- AYTAÇ,M. Metrik ve Metrik Olmayan Resim Çekme Makinaları Ayar Yöntemleri,İ.T.Ü. Dergisi,Cilt 35,Sayı 5,1977.
- ALTAN,M.O.

- BANGER,G. " Yer Yakını Atmosfer Tabakasının Düşey Açı Ölçülerine Olan Etkisi Üzerine Bir Araştırma ",Doktora Tezi,Trabzon,1978.
- BAZ,İ. Işın Demetleri Yöntemi İle Blok Dengeleme ve Bilgisayarlarda Kapasite Problemi, S.Ü. Müh.Mim.Fak. Dergisi,Cilt 1, s. 32-41,1987.
- BAZ,İ. The Solution of Aerial Triangulation on Vector and Parallel Array Procesors,Doktora Tezi,Glasgow Üniversitesi, s. 6-27, 1984.
- FAIG,W Calibration of Close-Range Systems,mathematical Formulation , Photogrammetric Engineering, Vol.XLI,No:12,1975, s.1479-1489.
- FINSTERWALDER,R. Fotogrametri, 1969. (Türkçesi:Prof.M.Aytaç, Doç.Dr.C.Örmeci , Doç.Dr.M.O.Altan, İ.T.Ü. Kütüphanesi,Sayı 1242, 1983.
- FRASER,C.S. Atmospheric Refraction Compensetion in Terrestrial Photogrammetry,Pho.Eng.Sep. 1979,s.1287.

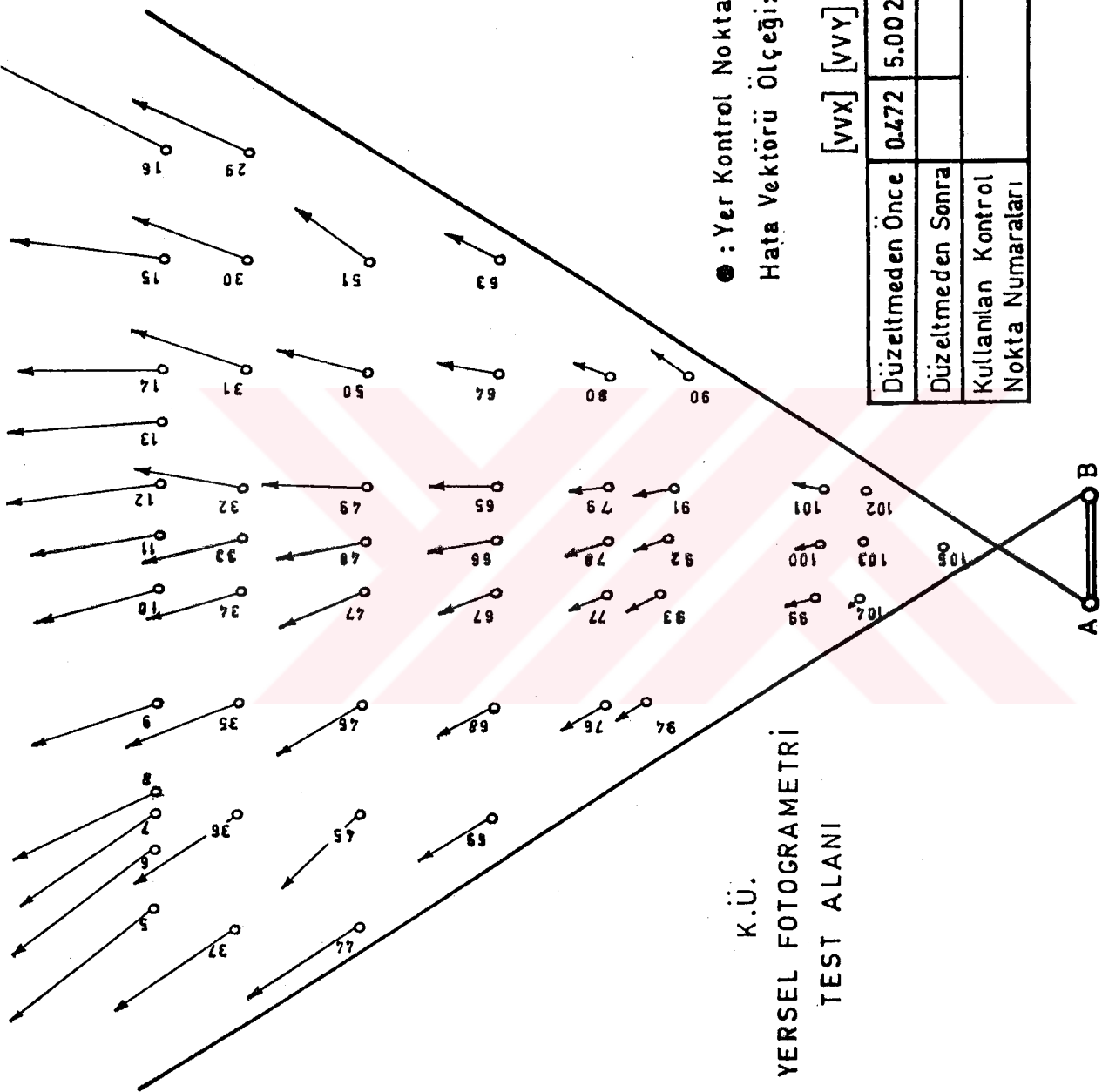
- GHOSH, S.K. Analytical Photogrammetry, Pergamon Press,
New York, 1979.
- HALLERT, B. Determination of Accuracy of Terrestrial
Stereophotogrammetric Procedures.
Pho. Eng. 1955, s. 84-105
- HARDEGEN " The Application of Photogrammetry to
the Conservation of Monuments ".
"Schweizerische Technische Zeitschrift",
1969, No: 35, s. 721-731.
- HOTTIER, P. Accuracy of Close-Range Analytical Res-
titutions: Practical Experiments and P-
rediction, Photogrammetric Engineering,
1976a.
- JORDAN, EGGERT, Handbuch der Vermessungskunde Photog-
rammetrie, Band III a / 1, 1972.
- KARARA, H.M. Handbook of Non-Topographic Photogram-
metry. American Society of Photogram-
metry, 1979.
- KOYUNCU, D. Jeofot Dizgesi Fotogrametri Aletlerinin
Çevrim-İçi Doğruluk Testleri , TUFUAB Ko-
misyonlarına sunulan bildirimler, 3-4 Ha-
ziran 1985, Ankara, 1985.

- TÜDEŞ, T. " Yer Fotogrametrisi ", Karadeniz Üniversitesi Müh.-Mim Fak. Yayınları No:105, Karadeniz Üniversitesi Basımevi, Trabzon, 1986.
- TÜDEŞ, T. " Yer Fotogrametrisinde İşaretleme ", i. T.Ü. Dergisi, Cilt 44, Sayı 3-4, 1986.

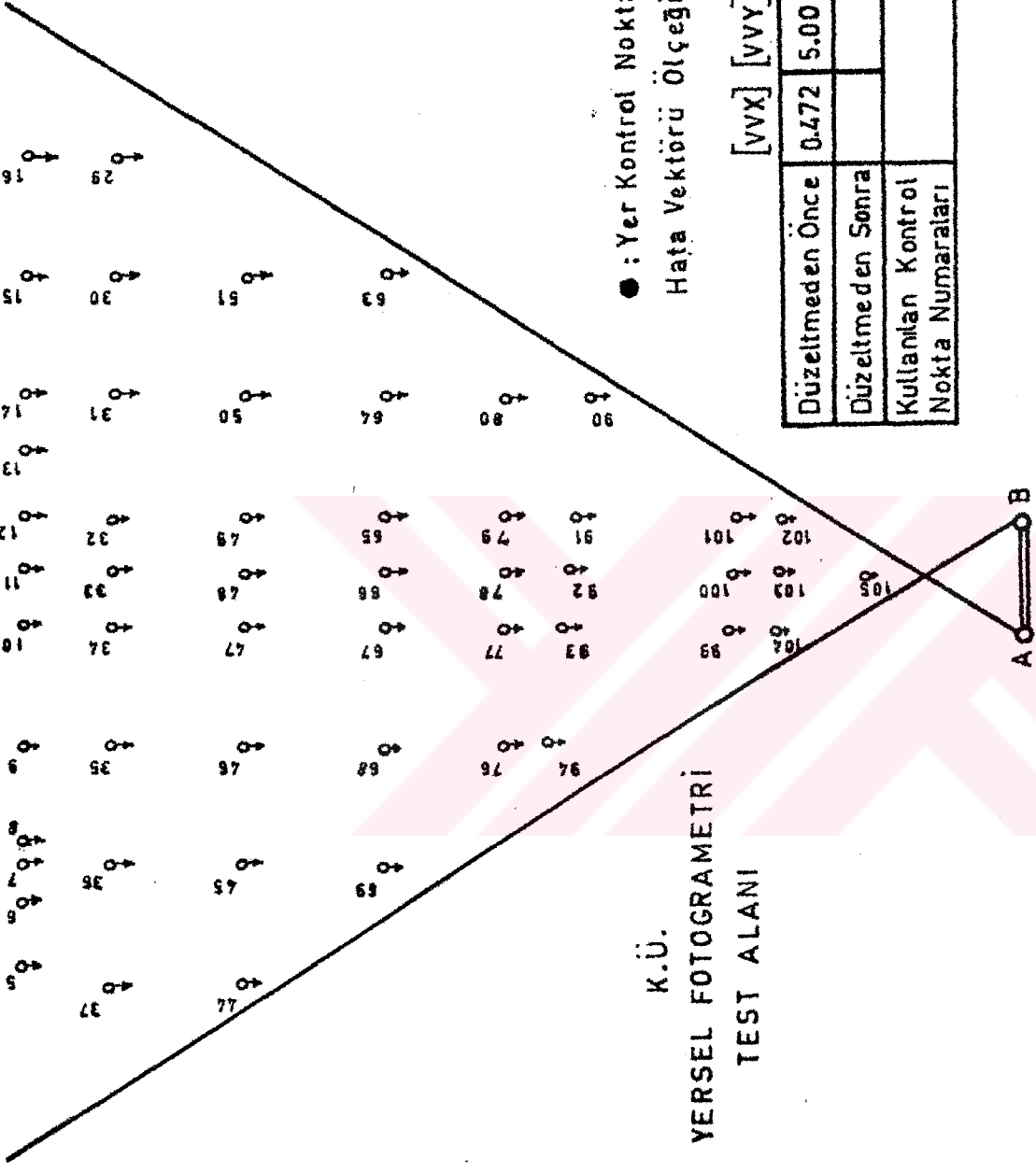


Ö Z G E Ç M İ Ş

1951 yılında Samsun'da doğdu.1963 yılında Mustafa Kemal İlkokulunu,1966 yılında Mithat Paşa Ortaokulunu,1969 yılında 19 Mayıs Lisesini bitirdi.1970 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünü kazanarak 1974 yılında mezun oldu.1974-1976 yılları arasında K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Bölümünde,Fotogrametri Dalında MMLS öğrenimi yaptı.1976 yılında Jeodezi ve Fotogrametri Bölümüne Asistan olarak atandı.1982 yılında Konya Selçuk Üniversitesinde Öğr.Gör. olarak göreve başladı.Halen Konya Selçuk Üniversitesinde görevine devam etmektedir.



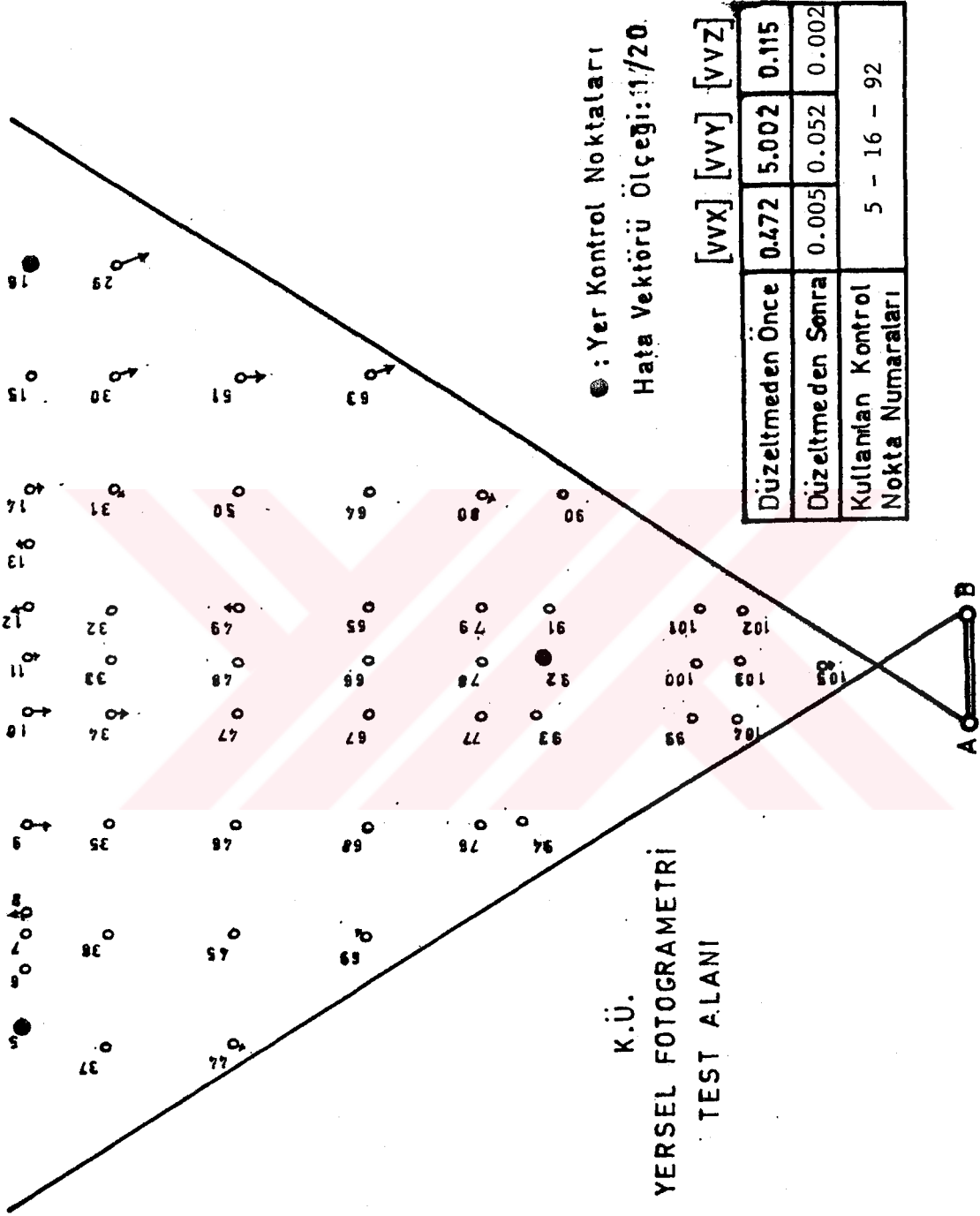
Ek 1 : Düzeltilme getirilmeden önce tüm kontrol noktaları ile bulunan nokta kayıklıkları (X-Y)



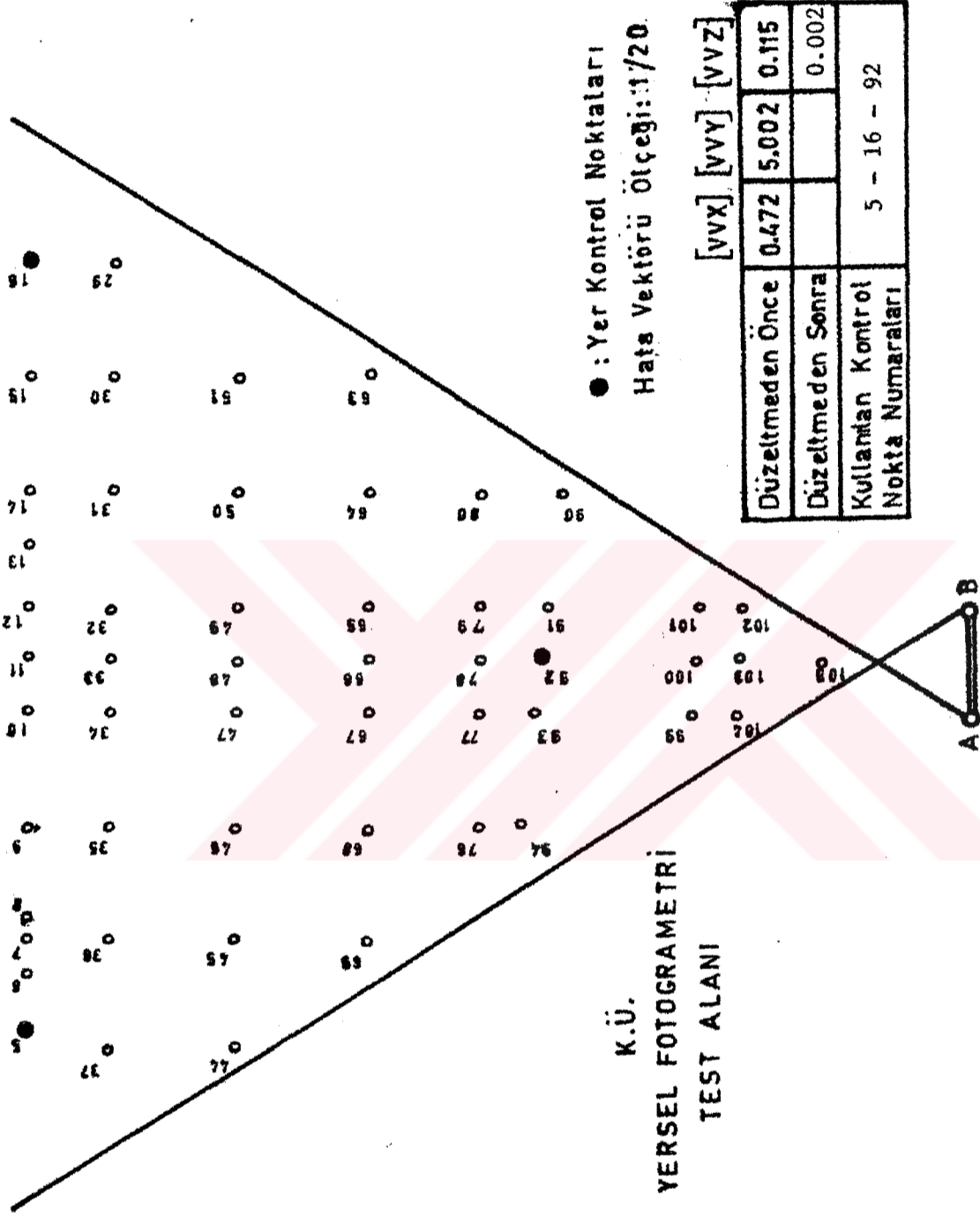
● : Yer Kontrol Noktaları
Hata Vektörü Ölçeği: 1/20

	[VVX]	[VVY]	[VVZ]
Düzeltilmeden Önce	0.472	5.002	0.115
Düzeltilmeden Sonra			
Kullanılan Kontrol Nokta Numaraları			

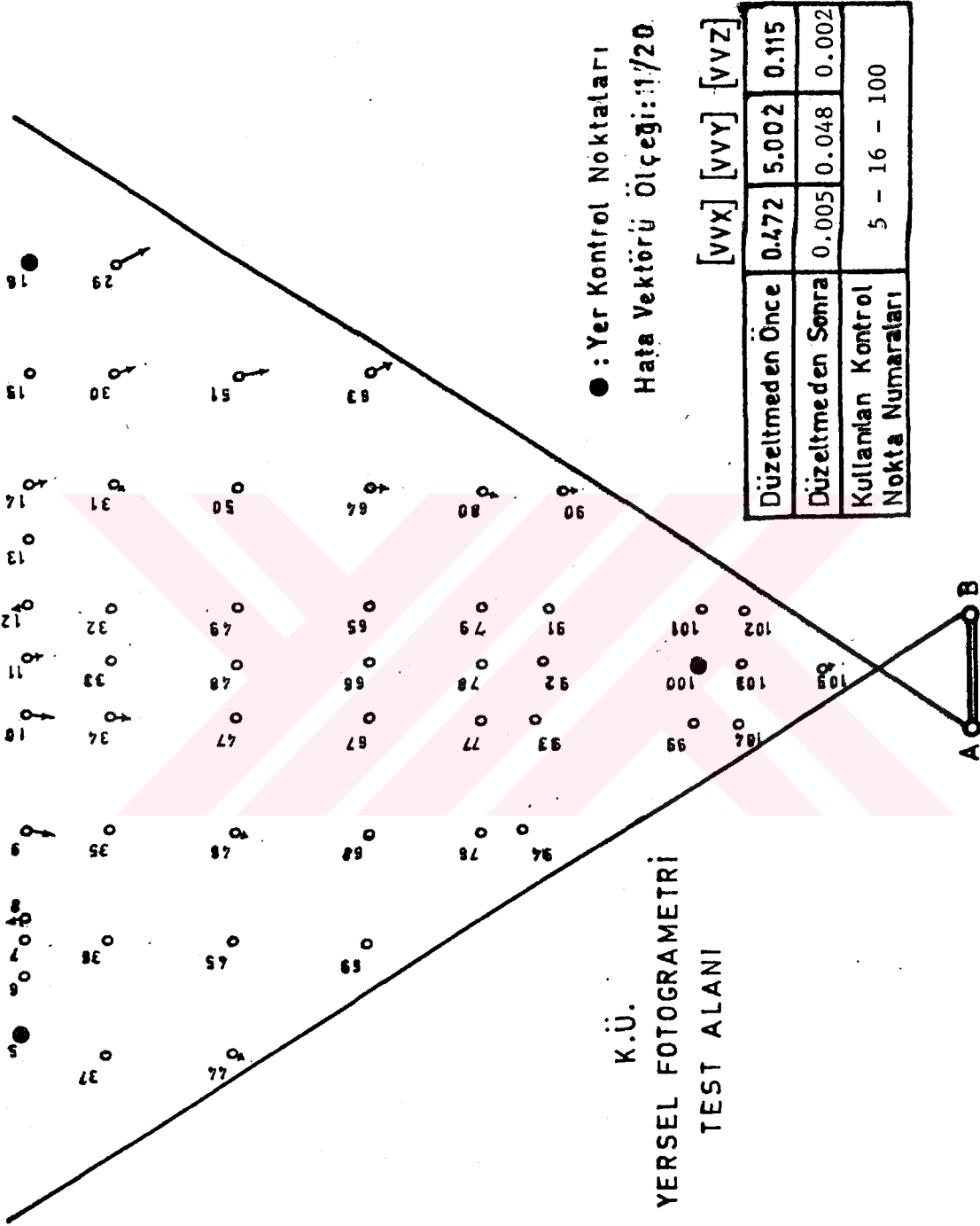
Ek 2 : Düzeltilme getirilmeden önce tüm kontrol noktaları ile bulunan nokta kayıklıkları (Z)



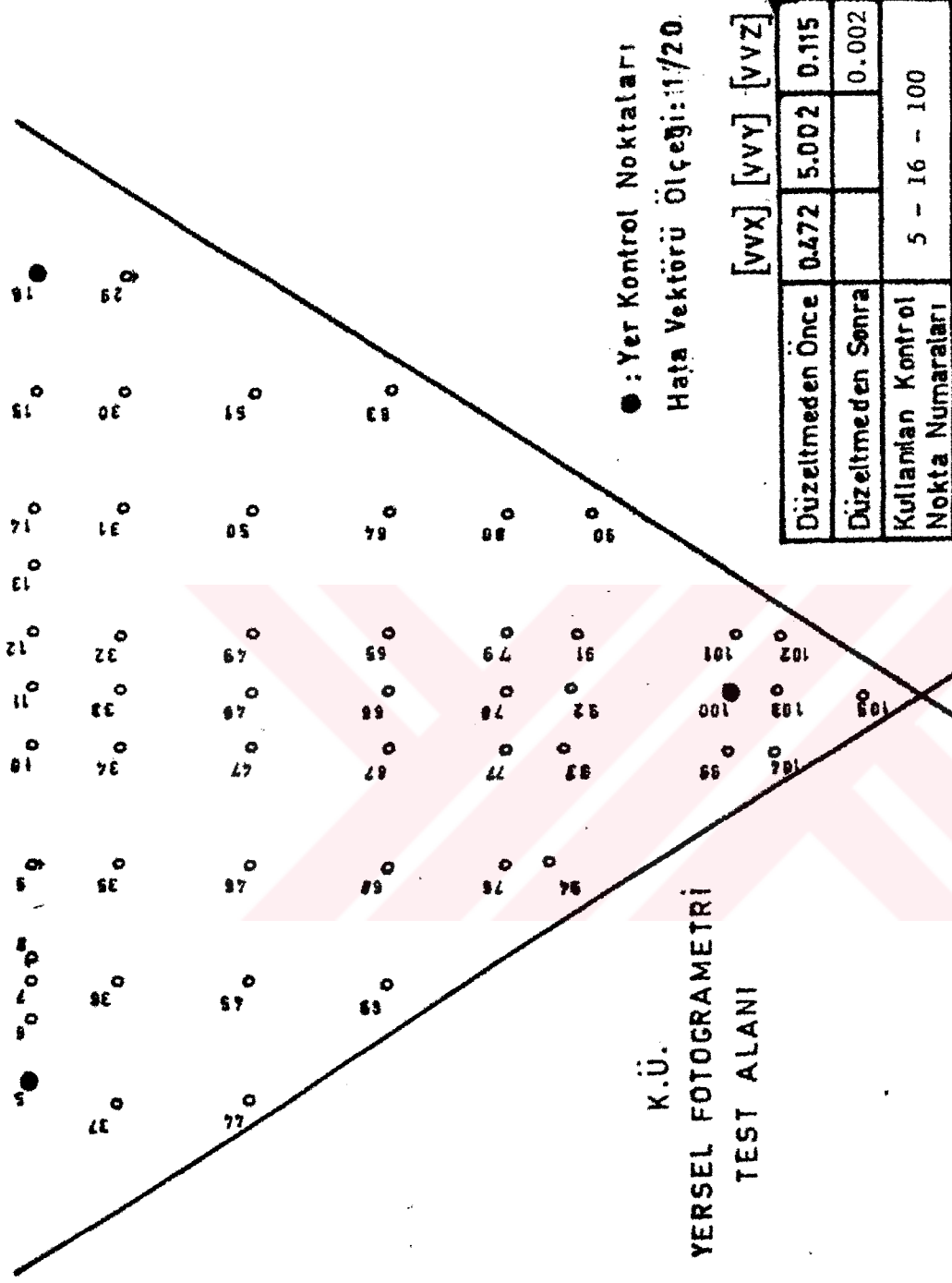
Ek 3 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (X-Y)



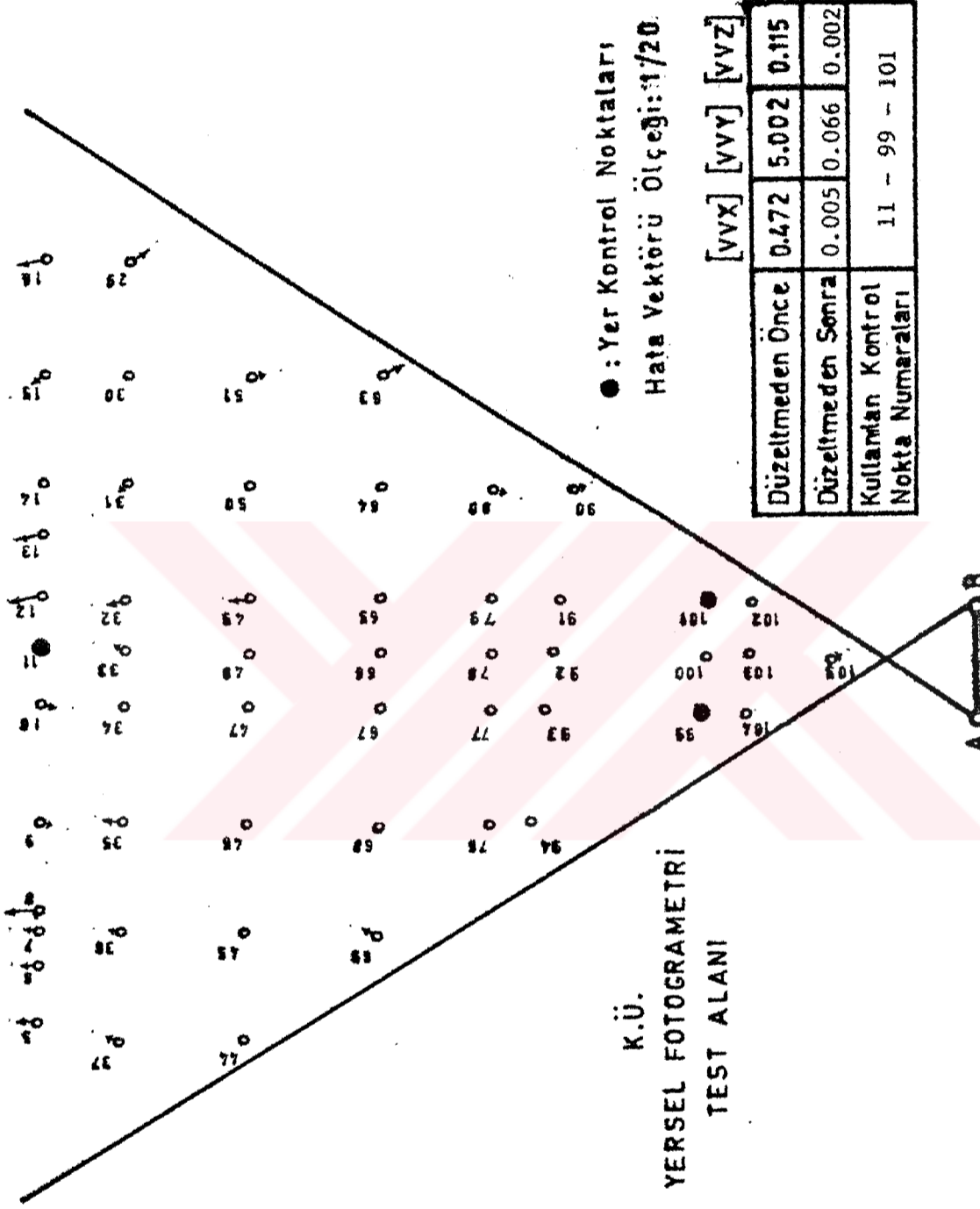
Ek 4 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (Z)



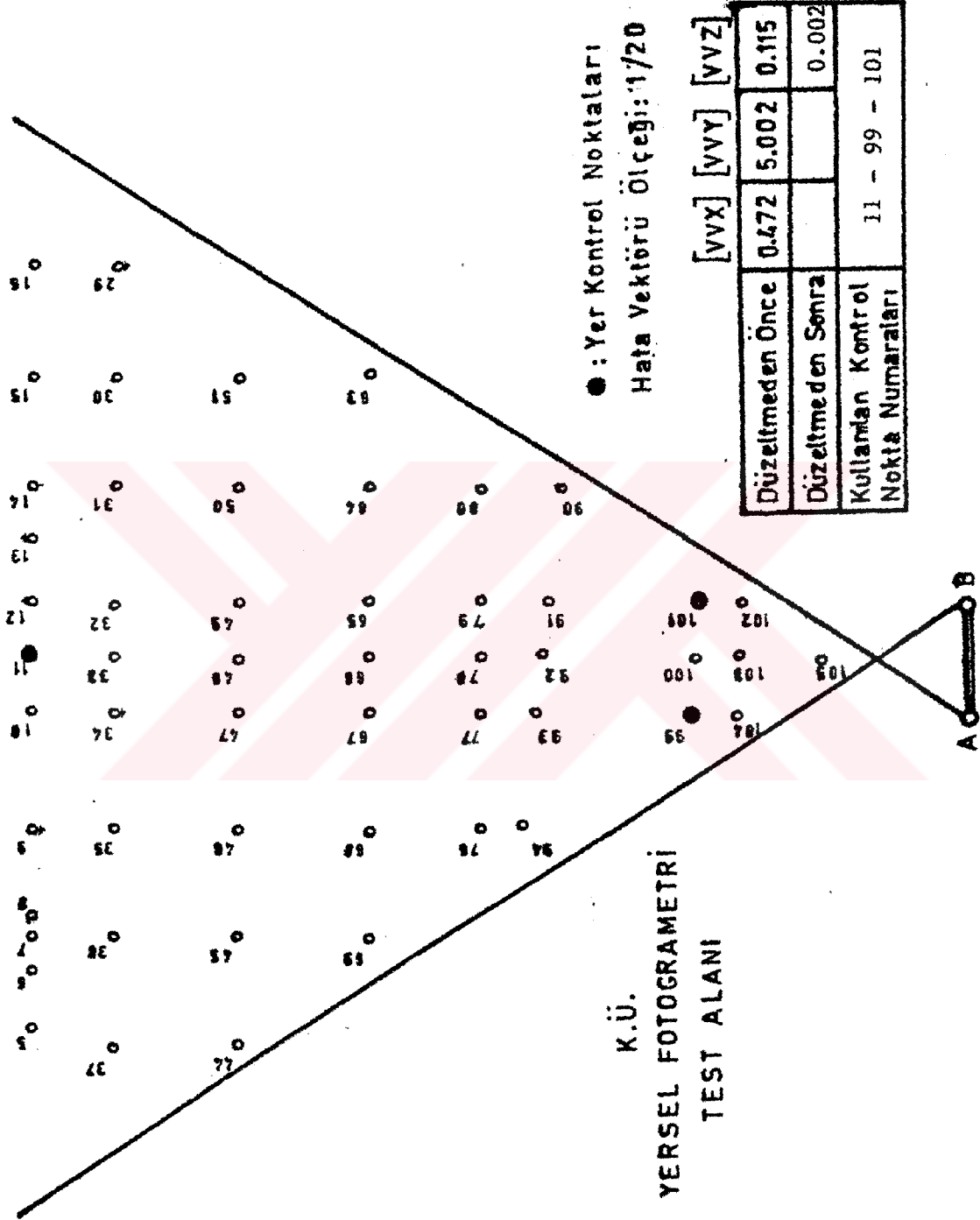
Ek 5 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (X-Y)



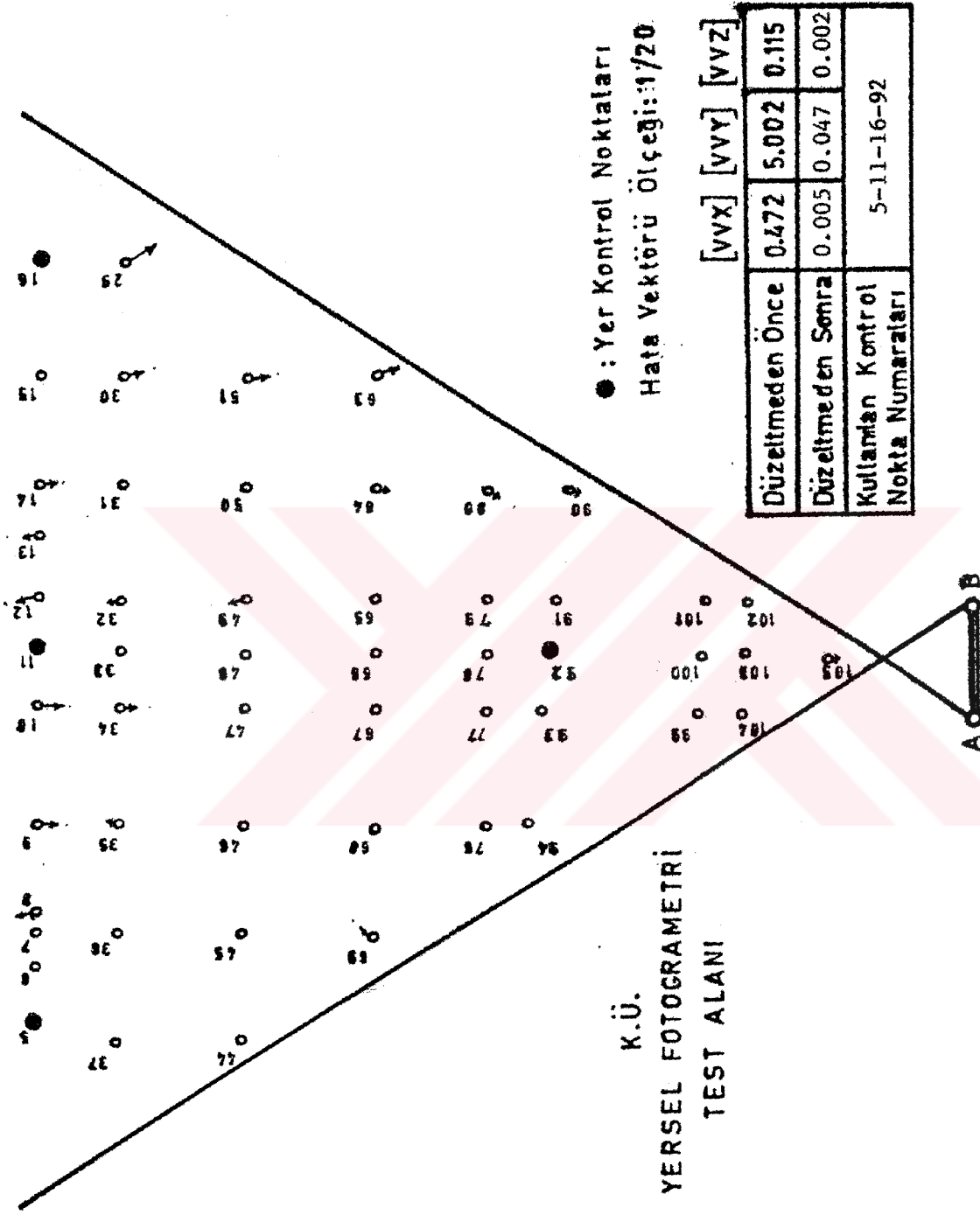
Ek 6 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (Z)



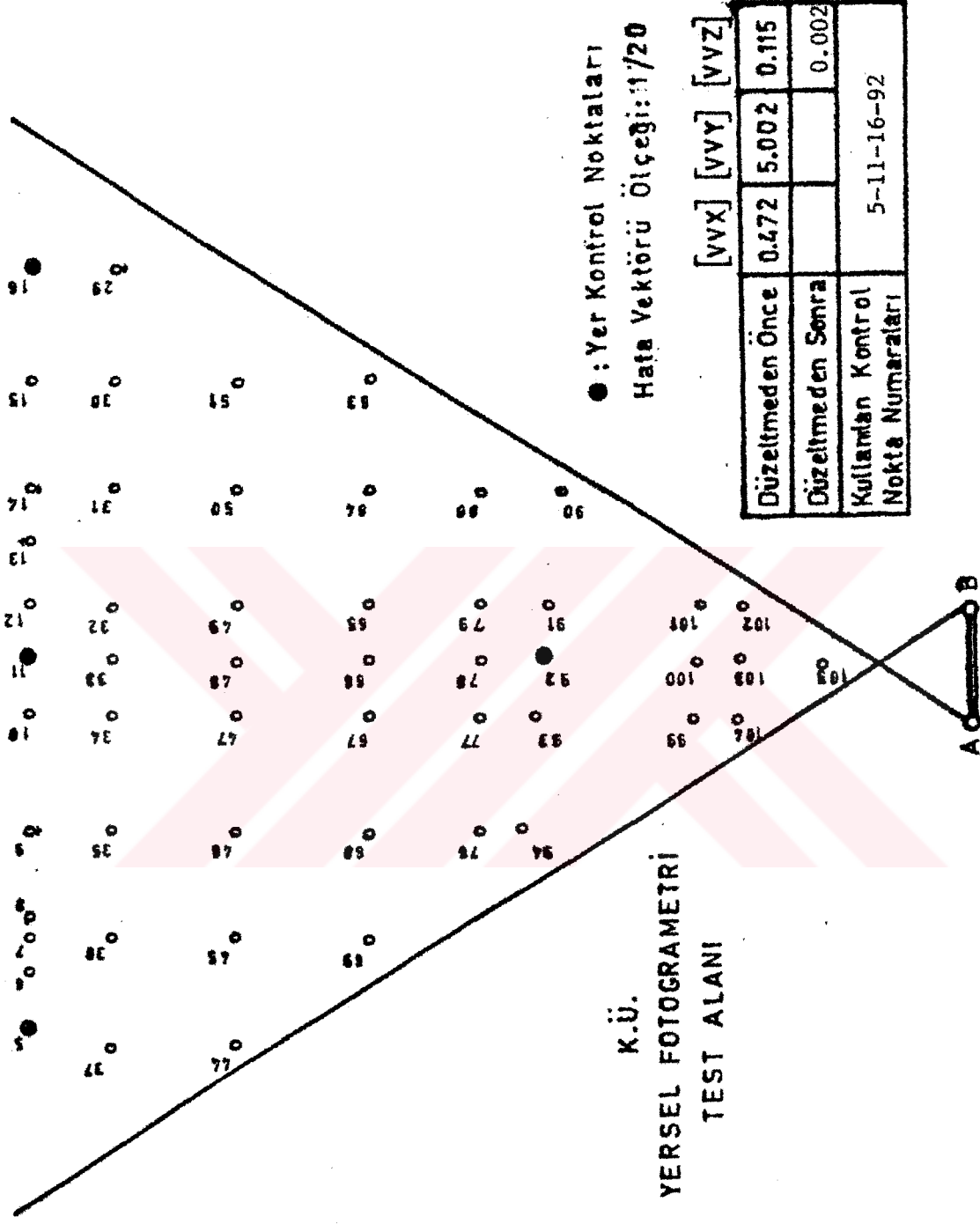
Ek 7 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (X-Y)



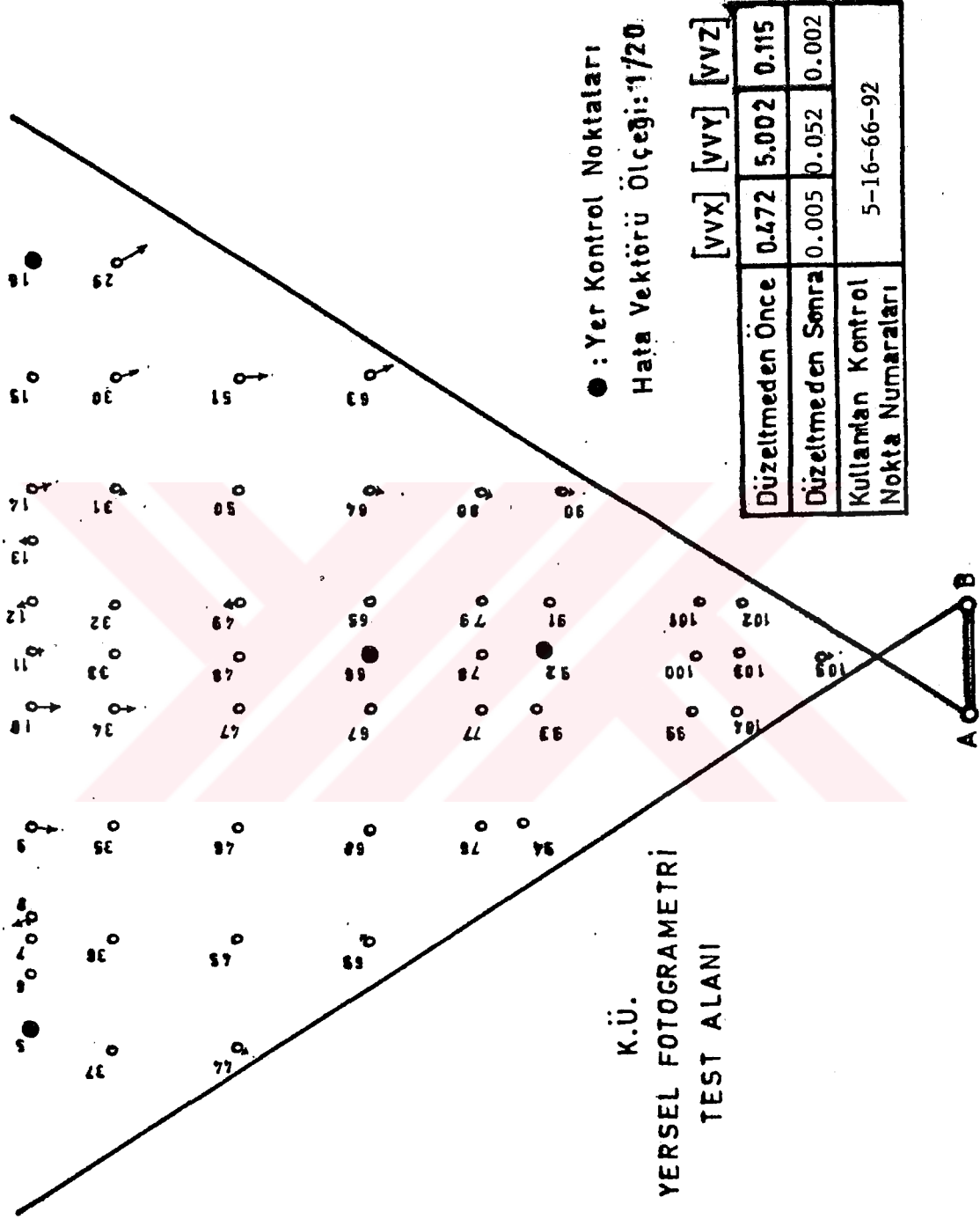
Ek 8 : Modelde 3 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (Z)



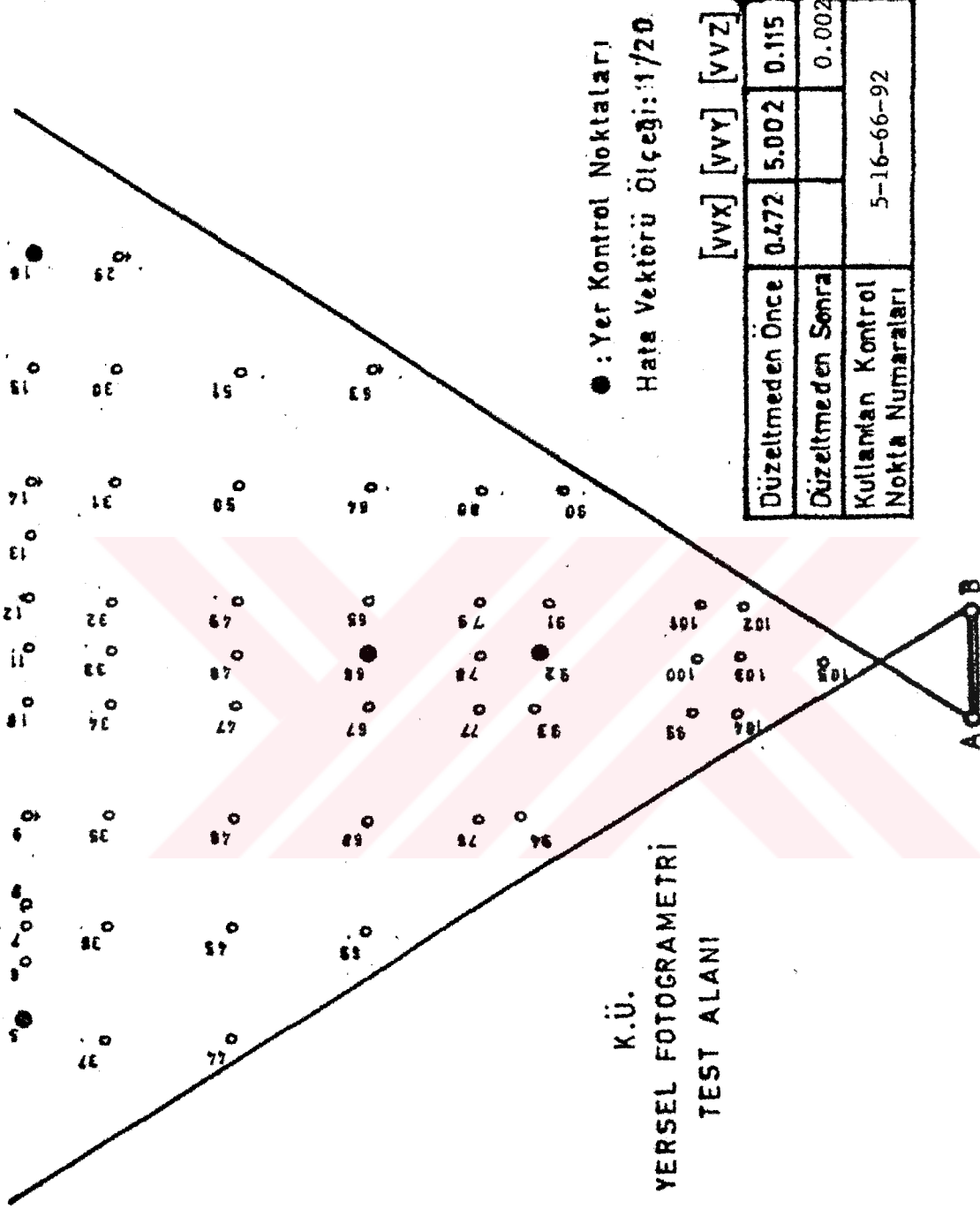
Ek 9 : Modelde 4 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (X-Y)



Ek 10 : Modelde 4 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (Z)



Ek 11 : Modelde 4 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (X-Y)



Ek 12 : Modelde 4 Yer Kontrol Noktası Olması Durumu (Z)

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi