

14072

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TÜRKİYE'DE KARAYOLU ETÜD VE PROJE ÇALIŞMALARINDA
UYGULANABİLECEK FOTOGRAMETRİK DEĞERLENDİRME MODELİ VE ÖNERİLER**

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Ferruh YILDIZ

T. G.

Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3 Şubat 1988

Tezin Savunulduğu Tarih : 6 Mayıs 1988

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Orhan ALTAN

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Tahsin TOKMANOĞLU
Doç. Dr. Cankut ÖRMECİ

MAYIS - 1988



ÖNSÖZ

Karayolu etüd ve proje çalışmalarında gerekli olan topoğrafik bilginin toplanmasında ve uygulamasında fotogrametri tekniği çok önemli bir yardımcıdır. Rakat uygulama seviyelerinde ülkelere göre farklılıklar görülmektedir.

Ülkemizde fotogrametri karayolu etüd ve proje çalışmalarında güzergah seçiminde, ön (avan) proje ve uygulama projelerinin hazırlanması safhalarında kullanılmaktadır.

Fotogrametrik çalışmaların büyük çoğunluğunu, ilk olarak güzergah tesbit çalışmaları için 1:10 000 - 1:25 000 ölçekli haritalar ya da 1:15 000 - 1:40 000 ölçekli hava fotoğraflarından uçuş koridorunun tesbiti, ikinci olarak ön (avan) proje çalışmaları için 1:2000 ve 1:1000 ölçekli haritaların elde edilmesi çalışmaları kapsamaktadır.

Uygulama proje için gereken bilgiler fotogrametrik enine kesit ve boyuna profil ölçmeleriyle elde edilmektedir.

Bu çalışmada fotogrametrinin karayolu etüd ve proje çalışmalarındaki rolü araştırılmıştır. Bu amaçla jeodezik, analog ve analitik fotogrametrik yöntemler incelenmiş ve gerekli olan donanım, elde edilen presizyonlar ve proje birim maliyetlerinin ne olabileceği araştırılmıştır.

Bu çalışmanın konusunu veren ve çalışmalarım süresince yakın ilgi, değerli fikir ve her türlü yardımı benden esirgemeyen sayın hocam Doç.Dr.Orhan ALTAN'a, fikirleri ile çalışmaya büyük katkıları olan sayın hocam Prof.Mustafa AYTAÇ ve sayın Doç.Dr.Cankut ÖRMECİ'ye, bilgisayar programları konusundaki yardımları nedeniyle sayın Yard.Doç.Dr.İbrahim BAZ'a, Ölçülerin bilgisayarda değerlendirilmesi sırasında yardımlarını gördüğüm sayın Doç.Dr.Gürol BANGER'e ve arazi ölçmelerinde yardımlarını esirgemeyen T.C. Karayolları Örgütünde çalışan arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA KLASİK VE FOTOGRAMETRİK KARAYOLU HARİTA YAPIM STANDARTLARI VE UYGULAMASI ...	4
2.1. Klasik Jeodezik Yöntem	4
2.2. Fotogrametrik Yöntem	6
2.3. Diğer Ülkelerde Uygulanan Yöntemler	13
BÖLÜM 3. ÇALIŞMADA KULLANILAN NOKTA BELİRLEME YÖNTEMİ VE UYGULAMASI	16
3.1. Bu Konuda Uygulanan Fotogrametrik Yöntemler	16
3.2. Çalışmada Kullanılan Yöntem ve Bilgisayar Programının Tanıtılması	19
3.3. Bilgisayar Programının Test Alanlarında Denenmesi	32
3.4. Karayolları İçin Sayısal Uygulama	65
BÖLÜM 4. EN KESİTLERDE NOKTA BELİRLEME YÖNTEMLERİ VE UYGULAMASI	76
4.1. Kullanılan Yöntemlerin Tanıtılması	76
4.2. Sayısal Uygulama	82
BÖLÜM 5. HARİTA YAPIM VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNE GÖRE ELDE EDİLECEK ETÜD VE PROJE MALİYETLERİ	93
5.1. Klasik Yöntemde Etüd ve Proje Çalışmaları Maliyeti	94
5.2. Türkiye'de Uygulanan Fotogrametrik Yöntemde Etüd ve Proje Çalışmaları Maliyeti	95
5.3. Hava Triyangülasyonu Yapılması Durumunda Etüd ve Proje Çalışmaları Maliyeti	105
5.4. Yöntemlerin Karşılaştırılması	107
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	109
KAYNAKLAR	113
EKLER	120
ÖZGEÇMİŞ	139



ÖZET

Bu çalışmada fotogrametrinin karayolu etüd ve proje çalışmalarındaki rolü araştırılmıştır. Bu amaçla karayolu etüd ve proje çalışmalarının ülkemizdeki uygulaması incelenmiştir. Analitik hava triyangülasyon yönteminin uygulanması durumunda en uygun nokta dağılımının, elde edilecek presizyonların ve birim proje maliyetlerinin ne olacağı araştırılmıştır. Ayrıca en kesit nokta belirlenmesinde kullanılan yöntemler ve presizyonları incelenmiştir.

Bu amaçla ;

Birinci bölümde karayolu uygulamaları için fotogrametrinin işlevi kısaca açıklanmıştır.

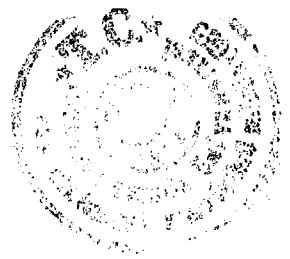
İkinci bölümde karayolu etüd ve proje çalışmalarının ülkemizdeki ve diğer ülkelerdeki uygulaması kısaca incelenmiştir.

Üçüncü bölümde fotogrametrik nokta belirtiminde kullanılan yöntemler açıklanmış, demet yöntemine göre hazırlanan ve bu çalışmada kullanılan bilgisayar programı izah edilmiştir. Bilgisayar programı test alanlarında denenmiş, "Gramastetten" ve "Cumbrian" bloğunun değişik ölçmelerinin sonuçları bu çalışmada elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır. Sayısal uygulama olarak bir karayolu bloğunun ölçmeleri yapılmış ve demet yöntemine göre dengeleme sonunda elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

Dördüncü bölümde en kesitlerde nokta belirleme yöntemleri kısaca açıklanmış ve sayısal uygulama olarak uygulama alanındaki en kesit noktalarının klasik fotogrametrik ve sayısal yükseklik modeli sonucu oluşturulan noktaların yükseklikleri hesaplanmış ve jeodezik yükseklikleri ile kıyaslanmıştır.

Beşinci bölümde Türkiye'de halen karayolu etüd ve proje çalışmalarında kullanılan yöntemlere göre elde edilebilecek proje birim alan maliyetleri 1987 yılı birim fiyatlarına göre hesaplanmış ve yöntemlerin maliyete ilişkin kıyaslamaları yapılmıştır.

Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.



SUMMARY

PHOTOGRAMMETRIC RESTITUTION MODEL ON STUDIES OF HIGHWAY LOCATION SURVEY AND THEIR PROJECTS IN TURKEY AND SOME RECOMMENDATIONS

Photogrammetrical techniques are very helpful and very important tools in the collection and application of topographical information necessary for highway design and project studies. But some differences are observed in different countries according to different application levels.

The photogrammetry is being used for highway design and project studies in our country for selection of alignments, pre-project studies and preparation of application projects.

The majority of photogrammetric work for this purpose is consist of firstly the determination of alignment from 1:10000 - 1:25000 scale maps or the determination of fly route from 1:15000 - 1:40 000 scale air photos and secondly gathering 1:2000 - 1:1000 scale maps for pre-projects studies.

In this study, the role and function of photogrammetry in highway design and project studies are searched. For this purpose, geodetic, analog and analitic photogrammetric methods have been scrutinized and necessary hardware, available precision and probable unit project cost have been evaluated.

To this end, the application of higway design and project studies undertaken in our country have been examined and in the case of application of aerial triangulation method, the results for the best point distribution, their precisions and unit project cost have been obtained. Moreover, the methods used for the cross-section point determination and their precisions have been presented.

In the first sections, the function of photogrammetry for highway applications are shortly explained. In addition, the previous researchs in this field are briefly prensented.

In the second section, the photogrammetric applications in our country and other countries are being briefly viewed. Currently the pool method for determination of photogrammetric points is being used in our country.

This method requires that at least 5 geodetic points are available in the proper locations for this reasons, for the applications in our country, for one kilometer alignment 7.6 control points are necessary in 1:1000 scale and 5.6 control points are necessary in 1:2000 scale has been observed.

The calculations of this networks are obtained with geodetic methods. Later the planimetric and height precisions obtained from this methods are evaluated.

In geodetic methods, the planimetric and height precisions are defined as the tolerable maximum error.

The precision ;

in

1:2000 scale maps ± 40 cm for planimetrics, ± 34.5 cm for heights.

in

1:1000 scale maps ± 20 cm for planimetrics, ± 17.2 cm for heights.

are allowed.

In photogrammetric method the planimetric and height precision are as follows.

Point planimetric precision is given by the equation :

$$m_{hp} = \pm \sqrt{3} \cdot m_r \cdot m_{px}$$

The height precision is determined by fly height or the precision of px parallax measurements.

It is given by ;

$$m_{hp} = \% 0.1 \cdot h$$

from fly height or by

$$m_{hp} = (h/b)(h/p) \cdot m_{px}$$

from px parallax measurements.

In the third sections, the methods used for photogrammetric point determination. For this purpose, the methods using strip, model and photos as unit are examined; their mathematical models briefly presented.



In addition the bundle method in photogrammetric aerial triangulation, which has the best mathematical model, is explained in detail.

Besides the mathematical model, the computer program prepared for the bundle method is introduced. The program is corrected so that it can be used for micro-computers which operates with DOS (Disk Operating System). It can be used for the blocks which has a maximum of 25 photos, with a micro-computers which has 512 KB RAM (Random Access Memory) memory.

This computer program was used for "Gramastetten" test field measurements in Austrian and "Cumbrian-West" test field measurement in Scotland and the results obtained from this test fields have been compared with the results obtained from the research and adjustment made in this subject.

The adjustment of Gramastetten test field used 6 different pass point and Cumbrian West test field used 2 different pass points.

In the Gramastetten test field, the block is consist of one strip with 10 photos and in the Cumbrian West test field three strips with 5 photos each strip (total 15 photos).

The measurements of a highway block chosen as an application from our country have been conducted using an analog and analitic restitution instruments. For analitic measurements, Planicomp C-115 (Carl Zeiss Oberkochen) stereo plotting instrument and for analog measurements, Topocart B (Carl Zeiss Jena) stereo plotting instrument.

Stereo plotting instrument are used after the adjustments, it has been decided that the planimetric precision of analitic method 2.6 times better than that of analog method and height precision of analitic method 5.3 times better than that of analog methods.

The precisions obtained with analitical measurement methods satisfy the tolerable error limits determined for our country conditions.

In the fourth sections, the point determination methods for cross-sections are searched. The photogrammetric methods used for this purpose are explained.

The precisions and the capacity of this methods obtained in this methods are discussed.

In conventional photogrammetric method, cross-sections points can be determined with height error of 10 cm. The researches conducted in this field show that this precision is sufficient for cross-sections point determination.

In this method, some additional equipments must be connected to the stereo-plotting instrument.

The cross-section points can also be determined with digital heighting models. In this method, the surface of terrain is presented with least amount of sampling points, whose coordinates are measured with analog stereo plotting instruments.

The accuracy obtained using digital heighting model depends on the following conditions and variables.

- the accuracy of measurement of sampling points,
- the distribution and density of sampling points,
- whether the break points / lines and morphological lines are included
- the chosen interpolation method

In order to show the attained precisions, in a numerical application field, the heights obtained from digital height model / photogrammetric methods and the heights from geodetic methods are compared.

As a result, it has been found that the heights obtained from conventional photogrammetric methods have a precision of ± 15.9 cm, and those from digital height model of ± 46.7 cm.

In fifth section, the cost of highway design and project work using geodetic and photogrammetric methods in our country are calculated on the basis of 1987 unit prices. The American Dolar is used in this calculations.

The costs in every methods are based on ;

- production of design map,
- project cost,
- application and field work.

The research shows that the geodetic method is the most expensive one (Table 5.10).

The photogrammetric methods applied in Turkey results in %29.6 savement in 1:1000 scale map works, %41.4 savement in 1:2000 scale map works.

The savements for analictical methods are %56.8 in 1:1000 scale and %61.6 in 1:2000 scale map works.

At the end, it has been decided that the photogrammetric method used with analitic aerial triangulation is the cheapest of all other methods.

The followings are resulted from the research;

- In aerial triangulation, the precision obtained from bundle block adjustment depends on the distribution of and amount of pass points.
- the measurements of photos for bundle block triangulation must be conducted on comparator or analitical restitution instruments.
- In the determination of cross-section points from digital height models, besides the sampling points, the characteristic points presenting morphological lines and break lines must be included in the interpolation.

It can be definetly said that the precision and cost obtained from analitic photogrammetric methods are very satisfactory for highway design and project work.

1. GİRİŞ

Ülkemizin başlıca gereksinmelerinden birisi hiç şüphesiz önemli bölge ve merkezlerimizi birbirine bağlayan motorlu taşıtların her mevsimde gidiş ve gelişine olanak sağlayabilen elverişli bir yol ağıdır. Böyle bir yol ağının inşa edilebilmesi için, öncelikle yolun geçeceği bölgenin genel bir incelemesi yapılır ve küçük ölçekli harita yada hava fotoğraflarından olası güzergah seçenekleri belirlenir. Daha sonra güzergah seçenekleri için büyük ölçekli topoğrafik haritalar elde edilir. Ayrıca her güzergah seçeneği için ayrıntılı jeodezik ve geoteknik incelemeler yapılır. Son olarak, kesin güzergahın saptanması amacıyla seçenekler arasında bir kıyaslama yapılır.

Optimum güzergah seçeneğinin saptanmasında arazi topografyası ile ilgili bilgiler bu amaçla üretilmiş olan haritalardan elde edilir. Bu haritalar kesin güzergahın saptanmasında temel karar kaynağı olurlar.

Ülkemizde bu haritalar iki şekilde yapılırlar. Klasik Jeodezik Yöntem ve Fotogrametrik Yöntem.

Klasik Jeodezik Yöntemde bu güzergah haritaları sağlıklı olmayan bir poligon ağına dayandırılmakta, bazı bölgelerde buna bile gerek duyulmadan doğrudan aplikasyon yöntemiyle yolun planlama ve yapımı gerçekleştirilmektedir [38].

Fotogrametrik yöntemde ise güzergah haritaları yolun geçeceği bölge üzerinde yapılan uçuşlarla elde edilen hava resimlerinin değerlendirme aletlerinde değerlendirilmesi sonucunda elde edilmektedir. Hava resimlerinden fotogrametrik değerlendirme işleminin gerçekleştirilebilmesi için her modelde en az iki konum, üç yükseklik yer kontrol noktasına ihtiyaç duyulur.

Karayolu etüd ve proje çalışmaları için gerekli büyük ölçekli harita yapımı ve aplikasyon işlemlerinde kurulacak jeodezik ağılar, presizyonlu ve ülke nirengi sisteminde olma zorunluluğundadır. Jeodezik ağların oluşturulması, çoğunlukla zaman alan masraflı ve aynı zamanda kötü hava koşullarında kesintilere neden olan Jeodezik ölçmeler ile yapılır. Bu sakıncalar gözönüne alındığında gerekli kontrolü daha rasyonel bir biçimde yapabilmek amacıyla hava triyangülasyonu olarak adlandırılan bir fotogrametrik yöntemden yararlanılabilir. Hava triyangülasyonunun uygulanması ile gerekli arazi ölçmelerinin kapsamında azaltma yapılabilir. Dolayısıyla harcamalarda da önemli bir azalma olur. Bu sayede hava triyangülasyonu işlemleri fotogrametrik olarak haritaların üretiminde ve ölçmelerin yapılabilmesinde kolaylık sağlarlar.

Fotogrametrik değerlendirmede iki yöntem sözkonusudur. Analog ve analitik değerlendirme yöntemleri. Analog yöntemde, fotogrametrik model değerlendirme aletlerinde mekanik yada optik yollarla oluşturulur. Analitik değerlendirmede ise fotogrametrik model yerine ölçmelerin doğrudan resimler üzerinde yapılmasıyla arazi noktalarının uzaydaki konumlarının bilgisayar kullanarak hesaplandığı bir matematik model vardır.

Analog yöntemde, değerlendirme aletindeki çalışma süresi fazladır. Analitik yöntemde fazla ölçme kullanabilme ve bunlara uygun ağırlıklar verebilme olanağı vardır. Ek parametreler kullanarak resim çekimi sırasında oluşan düzenli hata etkilerini yok etme olanağı bulunduğundan analitik işlemlerde elde edilen doğruluk derecesi analog işlemle elde edilenden daha fazladır [54].

Fotogrametrik yöntem, uygulamada hem ölçme hemde jeolojik yorumlama olanağı sağlamaktadır [57], [58].

Ülkemiz karayolu etüd ve proje planlamasındaki temel sorunlardan birisi de projenin her aşamasında fotogrametriden yeteri kadar yararlanılamamaktadır. Günümüz modern fotogrametrisinde analitik hava triyangülasyon yöntemleri ve sayısal arazi modeli yöntemleri olanaklarından projenin her aşamasında yararlanmak mümkündür [19] [21]. Bu yöntemlerden elde edilecek presizyon ve verim tatmin edici niteliktedir.

Bu alanda ülkemizde, KAVALLI [41] tarafından analog fotogrametrik yöntemde en kesit alan ve hacim hesaplamalarını içeren bir araştırma, TÜDEŞ [68] tarafından da fotogrametrinin karayolu etüdlerine tatbikinde hangi safhalarda ne şekilde kullanılabilmesine ilişkin birer araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalardan ilki Berlin Üniversitesince, ikincisi ise İstanbul Teknik Üniversitesince yürütülmüştür.

Bu çalışmada Oto yolları, Devlet yolları ve İl yolları için yapılacak etüd ve proje çalışmaları ayrı ayrı söz konusu edilmeyip tümünün " karayolu etüd ve proje çalışmaları " içinde değerlendirilmesi uygun görülmüştür.



2. TÜRKİYE'DE VE DÜNYADA KLASİK VE FOTOGRAMETRİK KARAYOLU HARİTA YAPIM STANDARTLARI VE UYGULAMASI

2.1. KLASİK JEODEZİK YÖNTEM

2.1.1. HARİTA YAPIM STANDARTLARI VE UYGULAMASI

Klasik yöntemde etüd haritaları, 1:25000 ölçekli haritalar üzerinde hazırlanan istikşaf vaziyet planları çerçevesinde yapılmaktadır. 1:25000 lik haritalar üzerinde, haritalanacak alanın başlangıç ve bitim yerleri ile tasarlanan yol ekseni çizilerek belirtilmekte, arazinin özelliği de dikkate alınarak haritalanacak alanın genişliği belirlenmektedir. Genelde bu genişlik 250-600 m arasında değişmektedir.

Etüd haritaları genel olarak, 1:2000 ölçekli hazırlanmakta kasaba ve şehir içleri ile daha fazla detay gösterilmesi gerekli yerlerde de (muhtemel kavşak noktaları vb.) 1:1000 ölçekli olabilmektedir.

Etüd haritasının hazırlanmasında ve hesaplamalarda teknik standartlar olarak ilgili kurum tarafından hazırlanan "1:1000 ve 1:2000 Ölçekli Topoğrafik Harita Yapımı İşine Ait Teknik Şartname", burada belirtilmeyen hususlarda da "1:2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Teknik Yönetmelik" hükümlerine uyulmaktadır.

Kısa mesafeli yol onarım ve sağıklaştırma projelerinde güzergah baştan sona tamamen ve net olarak görülebilirse, etüd haritası yapımından vazgeçilerek arazide doğrudan aplikasyon yöntemi tercih edilebilmektedir.

Haritası yapılacak alanda bu iş için özel bir nirengi ağı tesis edilmemektedir [38]. Tesis edilen poligon güzergahları da zincir,



kapalı, yada açık poligon ağı şeklinde olabilmektedir. Ana poligon güzergahları civardaki mevcut nirengi noktaları arasına ve tasarlanan yol güzergahının inşaat alanının dışına tesis edilmektedir. Koordinatlar ve Yükseklikler ülke triyangülasyon ağına dayalı olarak hesaplanmaktadır [74].

Haritalar 1:2000 ölçeğinde üretiliyorsa 2 m'de bir, 1:1000 ölçeğinde üretiliyorsa 1 m'de bir eşyükseklik eğrileri çizilir. Köprü, Demiryolu geçişleri, kavşak yerlerinin plankotelerinde 1:500 ölçeğinde çizilebilecek şekilde ölçme yapılır.

Etüd haritası üzerinden en ekonomik olan güzergah seçilmekte ve bu kesinleşen güzergaha ait ana elemanların araziye aplikasyonu daha önce tesis edilmiş olan poligon ağına dayalı olarak ölçülerek, aplikasyonu yapılmaktadır. Daha sonra belirlenmiş olan proje verilerine göre güzergahın arazide piketaj işlemine geçilmektedir. Pike-taj işleminin sonunda nivelman yapılarak tüm güzergah noktaları kotlandırılmaktadır. İşin önemine göre tüm piketaj noktalarında nivo, el nivosu, rodes tipi aletlerle en kesit ölçmesi yapılmakta ve çevre noktaları kotlandırılmaktadır. Genelde yol güzergahının 40 m sağ-solu, fazla yarma ve dolgu ihtimali olan bölgelerde ise daha fazla uzunluklarda en kesit ölçmesi yapılmaktadır.

2.1.2. YÜKSEKLİK VE KONUM PREZİSYONU

Yürürlükteki teknik yönetmelik [71] hükümlerine göre jeodezik yöntemlerle hesaplanan nirengi ve kestirme noktalarında aranan konum ve yükseklik doğrulukları şu şekildedir;

Konum Doğruluğu :

Nirengi ağı dengelendikten sonra, noktaların X ve Y yönündeki konum hataları yardımıyla nokta konum ortalama hataları (m_{pj}) hesap edilir ([71], md.99).

$$m_{pj} = \sqrt{(m_x^2 + m_y^2)} \quad (2.1)$$

(2.1) eşitliğinde bulunan bu değerin ana noktalarda $m_{pj} = \pm 7$ cm'yi kestirme ve dolgu noktalarında ise $m_{pj} = \pm 15$ cm'yi geçmemesi gerekir ([71], md.299).

Yükseklik Doğruluğu :

Geometrik nivelmanla bulunan yüksekliklerde kapanma hatası ([71], md.190) aşağıdaki şekildedir ;

I. Derece nivelman için $d = \pm(0.01 \sqrt{L} + 0.00015xh)$ (2.2)

II. Derece nivelman için $d = \pm(0.02 \sqrt{L} + 0.00030xh)$ (2.3)

Burada:

L : km olarak nivelman güzergahının boyunu,

h : Nivelman başlama ve bitme noktaları arasındaki metre olarak mutlak yükseklik farkını göstermektedir.

Trigonometrik nivelmanla bulunan yüksekliklerde ise (en az 3 doğrultudan kestirilmek koşuluyla) hesaplanan yükseklikler arasındaki fark ± 15 cm'yi geçmemelidir ([71], md.306).

2.2. FOTOGRAMETRİK YÖNTEM

2.2.1. HARİTA YAPIM STANDARTLARI VE UYGULAMASI

Fotogrametrik etüd haritası yapımında temel harita olarak 1:25000 ölçekli ülke haritaları kullanılmaktadır. 1:25000 ölçekli haritalar üzerinde mümkün görülen koridorların seçimi yapılmakta ve bu koridorlar içinde güzergah alternatifleri tesbit edilmektedir. Alternatiflerin düşey ve yatay geometri elemanlarına göre inşaat ve işletme masrafları, ülke kalkınmasına katkıları da dikkate alınarak, alternatifler arasında mümkün görülen güzergah seçilmekte ve

bu güzergah arazide gezilerek uygunluğu araştırılmaktadır. Bu seçilen güzergah, asıl güzergah olarak nitelendirilmemekte, yalnızca fotogrametrik etüdün yapılacağı doğrultuyu göstermekte olup, ileride üretilecek olan 1:1000 yada 1:2000 ölçekli şeritsel haritalardan aranacak olan asıl güzergaha ışık tutmaktadır.

Yaklaşık güzergah belirlendikten sonra büro nirengi istikşafı ve arazi ön çalışmalarına geçilmektedir.

Türkiye'de halen fotogrametrik nokta belirtiminde havuz yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemin bir gereği olarak, her modele homojen olarak dağılmış 5 jeodezik nokta düşecek biçimde nokta sıklığı ve dağılımının sağlanmış olması gerekir. Bu temel düşünceden hareketle genelde zincir ağı şeklinde nirengi ağının tasarımı yapılmaktadır.

Resim çekimi geniş açılı makine (çoğunlukla 152 mm 23x23 cm) ile yapılmakta olup, resim ölçekleri de harita ölçeği ve arazi türüne bağlı olarak 1:4000 ila 1:10000 ölçekleri arasında değişmektedir. Türkiye'de kullanılan yöntemle göre fotogrametrik şeritsel harita yapım standartları Tablo 2.1'deki şekliyle özetlenebilir.

Ana nirengi ağı kurulan, fakat görüş koşulları uygun olmayan ağaçlık, sazlık ve buna benzer arazide, ara ve tamamlayıcı noktalar olarak kestirme yada hassas poligon (dizi nirengi) noktaları kullanılmaktadır [74]. Hassas poligon güzergahları ana nirengi ağından çıkış alacak şekilde, ortalama 350 m - 800 m arasında kenar uzunluklarında tesis edilmektedir. Hassas poligon güzergahları da hiçbir zaman 5 km'yi geçmezler. Kestirme noktaları da, ileriden, geriden ve karışık türden olmak üzere tesis edilirler.

Tüm noktalar uçuştan önce gerekli ön işlemleri yapılarak Y şeklinde boyanmaktadır [74].

Nivelman noktaları 4-5 km'de bir tesis edilmekte ve ülke triyangelasyon ağına dayalı olarak kotlandırılmaktadır. Bu noktalardan çıkış alarak tüm nirengi noktalarının 1/3'üne geometrik, 2/3'üne de trigonometrik nivelmanla kot verilmektedir.

Tablo 2.1 Türkiye'de Fotogrametrik Seritsel Harita Yapım Standartları ([32] 'ye göre yeniden düzenlenmiştir.)

Resim Ölçeği	Boyuna Örtü (p)	Enine Örtü (q)	Bir Model için Gerekli Nokta Sayısı	Jeodezik Noktalar Arası Boyuna Kenar Uzunlukları	Jeodezik Noktalar Arası Enine Kenar Uzunlukları	Havuz Dairesi Arazî Çapı	MODEL FAYDALI ALAN BOYUTLARI (Resim Kenarlarında 1.6 cm emniyet payı bırakılmıştır.)		1 Km Uzunluğa Karşılık Gelen Nokta Sayısı
							Boyuna	Enine	
Birimi	%	%	Adet	m	m	m	m	m	Adet
1:4000	60	30	5	400	700	425	424	792	7.6
1:5000	60	30	5	450	800	531	530	990	6.8
1:6000	60	30	5	500	900	638	636	1188	6.5
1:7000	60	30	5	550	1000	744	742	1386	5.6
1:8000	60	30	5	600	1100	850	848	1584	5.3
1:9000	60	30	5	700	1200	956	954	1782	4.7
1:10000	60	30	5	800	1300	1062	1060	1980	4.1

Resim çekimi, her yıl "Bakanlıklararası Harita ve Uzaktan Algılama İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu" tarafından belirlenen kurum (Harita Genel Komutanlığı yada Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü) aracılığıyla çekilmekte olup, paftaların değerlendirilmesi ve çizimi de yine bu kurum tarafından yapılmaktadır.

Şeritsel haritalar üzerinde saptanacak olan güzergahın zemine kolayca çakılabilmesi için, yaklaşık yol güzergahı civarında sağında ve solunda olmak üzere nirengi, hassas poligon yada kestirme noktalarına dayandırılmak üzere poligon güzergahları oluşturulmaktadır. Bu poligon güzergahları, kesinleşen yol güzergahının ana elemanlarının araziye aplikasyonunda kullanılır.

Harita üzerine çizilen ve kesinleşen yol güzergahı, araziye aplike edilmeden önce profil, en kesit ve plankote gibi çalışmalar stereo değerlendirme aletinde (TCK Kurumunda WILD B8-S ile) gerçekleştirilmektedir.

En kesit, hacim ve brükner diyagramları bilgisayarla hazırlanmaktadır.

Aplikasyon işlemleri ise klasik yöntemde olduğu şekliyle sürdürülmektedir.

2.2.2. YÜKSEKLİK VE KONUM PRESİZYONU

Genelde bir haritadan istenilen presizyon, haritada kabul edilebilecek hatanın maksimum sınırıdır.

Yürürlükteki yönetmelik [71] hükümlerine göre konum presizyonu, ± 0.2 mm olan çizim doğruluğundan küçük yada en fazla ona eşit olabilir. Yükseklik presizyonu ise, uçuş yüksekliğine bağlı olarak $\% 0.2xh$ olarak verilmiştir ([71], md.316).

Ülkemizde şeritsel haritalar 1:1000 ve 1:2000 ölçekli olarak üretildiğinden, bu haritalarda kabul edilebilecek maksimum konum ve yükseklik hataları Tablo 2.2. de verilmiştir [32].

Tablo 2.2 Ülkemizde Yapılan Haritalar İçin Kabul Edilebilecek Maksimum Konum ve Yükseklik Hataları [32].

Harita ölçeği	Konum Hatası ($\pm$ cm)	Yükseklik Hatası ($\pm$ cm)
1 : 1000	20	17.2
1 : 2000	40	34.5

Literatürde yükseklik ve konum presizyonlarının hesaplanmasına ilişkin çeşitli bağıntılar mevcuttur. Bu bağıntılardan elde edilebilecek yükseklik ve konum presizyonları resim ölçeğine bağlı olarak Tablo 2.3 deki şekliyle verilebilir.

Tablo 2.3 Paralaks Yöntemiyle Yapılan Fotogrametrik Ölçmelerden Elde Edilebilecek Nokta Yükseklik ve Konum Presizyonları.
($f=152$ mm , $mpx=0.01$ mm , $h/b=1.5$ olması durumunda)

Resim Ölçeği	Uçuş Yüksekliği (m)	Nokta Yükseklik Presizyonu			Nokta Konum Presizyonu $\pm 3.mr.mpx$ ($\pm$ cm)
		$\pm 0.2 H$ ($\pm$ cm)	$\pm 0.1 H$ ($\pm$ cm)	$(h/b)(h/f)mpx$ ($\pm$ cm)	
1:4000	610	12.2	6.1	6.1	6.9
1:5000	760	15.2	7.6	7.5	8.7
1:6000	910	18.2	9.1	9.0	10.4
1:7000	1065	21.3	10.6	10.5	12.1
1:8000	1215	24.3	12.1	12.0	13.8
1:9000	1370	27.4	13.7	13.5	15.6
1:10000	1520	30.4	15.2	15.0	17.3

Fotogrametrik ölçmelerde yükseklik ölçülerinin presizyonu, paralaks formülüne göre hesaplanabilir. Ancak bu bağıntıdan elde edilen presizyon, presizyona etki eden faktörlerin tümünü kapsamaz. Bilindiği üzere, paralaks formülünden elde edilen yükseklik presizyonu

$$m_{hp} = \pm (h/b) \cdot (h/f) \cdot m_{px} \quad (2.4)$$

eşitliği ile bulunabilir [32] .



Bu eşitlikde;

- h : Ortalama arazi yüzeyinden uçuş yüksekliğini,
- b : Baz uzunluğunu,
- f : Resim çekme makinası odak uzaklığını,
- h/f : Resim ölçek sayısını,
- h/b : Baz yükseklik oranının tersini,
- m_{px} : Kullanılan aletin değerlendirme presizyonunu

göstermektedir. (2.4) eşitliğindeki h/b terimi yerine, geniş açılı kamera ve p = % 60 olması durumunda h/b = 1.5 alınabilir.

Fotogrametrik olarak ölçülen noktaların yükseklik hatası; paralaks formülünden bulunan yükseklik hatası (m_{hp}), arazideki bitki örtüsünün sebep olduğu yükseklik hatası (m_{hb}) ve kontrol noktalarının yükseklik hatalarının (m_{hk}) toplam etkisinden oluşur. Gauss'un hata yayılma kanununa tam uymamakla beraber, fotogrametrik ölçülerin toplam yükseklik hatası şu şekilde ifade edilebilir [68].

$$m_h = \pm \sqrt{(m_{hb}^2 + m_{hk}^2 + m_{hp}^2)} \quad (2.5)$$

Burada;

- m_{hp} : Paralaks formülünden bulunan yükseklik hatasını,
- m_{hk} : Kontrol noktalarının yükseklik hatasını,
- m_{hb} : Arazide bitki örtüsünün sebep olduğu yükseklik hatasını

göstermektedir.

Yatay paralaks ölçüsünün presizyonundan ileri gelen yükseklik hatası (m_{hp}), uçuş yüksekliğinin bir yüzdesi olarak ifade edilebilir. Bu da yaklaşık olarak uçuş yüksekliğinin onbinde biridir [26].

$$m_{hp} = \% 0.1xh \quad (2.6)$$

(2.6) eşitliğinden bulunan değerlerle, (2.4) eşitliğinden bulunan değerler arasında % 1 ila % 2 arasında fark vardır.

Geometrik nivelman yoluyla yükseklikleri belirlenen noktalardaki

yükseklik hatası çok küçük olduğundan ihmal edilirse, (2.5) eşitliğindeki toplam yükseklik hatası aşağıdaki şekliyle ifade edilebilir.

$$m_h^2 = \pm \{ (\% 0.1 x h)^2 + m_{hb}^2 \} \quad (2.7)$$

Eğer yer kontrol noktalarının yüksekliği trigonometrik nivelman yoluyla bulunmuş ve yaklaşık olarak ± 10 cm civarında bir presizyona sahipse, (2.7) eşitliğine yer kontrol noktalarının presizyonunu da ilave etmek gerekir. Bu durumda toplam yükseklik hatası;

$$m_h^2 = \pm \{ (\% 0.1 x h)^2 + (0.1)^2 + m_{hb}^2 \} \quad (2.8)$$

eşitliği ile ifade edilebilir.

Fotogrametrik ölçmelerde, aletten ölçülen koordinatlarla hesaplanan bir noktanın, yani model noktasının konum hatası;

$$m_p = \pm (\sqrt{3} \cdot m_r \cdot m_{px}) \quad (2.9)$$

eşitliği ile ifade edilir [32]. Bu eşitlikte;

m_r : Resim ölçek sayısını,

m_{px} : Kullanılan aletin değerlendirme presizyonunu

göstermektedir.

2.2.3. ÜRETİM

1961 yılında çıkarılan 203 sayılı yasa ile 1:1000 ve 1:2000 ölçekli şeritsel haritalar Bakanlıklararası Harita ve Uzaktan Algılama İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu tarafından görevlendirilen yapımcı kuruluş (ki bu çoğunlukla Harita Genel Komutanlığı olmaktadır) eliyle yapılmaktadır.

Harita yapımcı bu kuruluşlar tarafından 1976 yılına kadar;

1:5000 ölçekli 80 km

1:2000 ölçekli 1500 km

1:1000 ölçekli 1200 km

güzergahın haritası yapılmıştır [32] .

1980-84 peryodunda ise 1:1000 ve 1:2000 ölçekli toplam 617 km² alanın güzergah haritası (yaklaşık 1600 km) yapılmıştır [73] .

1987 yılında ise 1:5000 ölçekli 168 paftanın, 1:2000 ölçekli 192 km uzunluğundaki şeritsel haritanın yapımı plana alınmıştır [78] .

Genelde 1:1000 ve 1:2000 ölçekli haritalarda 250 m genişliğinde bir alanın değerlendirmesi yapılmaktadır.

2.3. DİĞER ÜLKELERDE UYGULANAN YÖNTEMLER

Birçok ülkede Fotogrametri destekli SAM (Sayısal Arazi Modelleme) tekniği yerleşim ve endüstri bölgelerinin, hava meydanlarının, yol kavşaklarının, otoyol ve demiryolu ağlarının planlamasında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu ülkeler farklı düşüncelere dayanan enterpolasyon teknikleri kullanarak birçok SAM sistemleri geliştirmişlerdir.

ABD'de Michigan eyaletinde (State of Michigan, Department of Transportation) Fotogrametri ve SAM tekniği otoyol planlama ve yapım evrelerinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Tasarım planimetri ve hypsography (arazi rölyefi) üzerinde ayrı ayrı yapılmakta, CARTA yazılımı yardımıyla fotogrametrik modeller sayısallaştırılmaktadır. CARTA (Contour Analysis by Random Triangulation Algorithm) yazılımı fotogrametrik model üzerinde örneklenen

noktalar yardımıyla oluşturulan üçgenleme ağları yardımıyla sayısal yükseklik modeli oluşturulmaktadır. Bu algoritma yersel verilerle SAM oluşturulmasına da olanak vermektedir [76].

"U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration" kurumu da otoyol planlama ve yapım çalışmaları için Fotogrametri-den yararlanmaktadır. Bu kurum aynı zamanda ülke genelinde tam yetkili kuruluşlardan biri olup jeodezik, fotogrametrik ölçmelerle SAM oluşturmada yönetmelik hazırlayarak, değerlendirme ölçütlerini de belirlemiştir [77].

Avusturya ve Federal Almanya'da çeşitli yazılımların yanısıra SCOP yazılımı geniş bir uygulama alanı bulmuş, otoyol planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılmaktadır. SCOP (Stuttgart Contour Program) yazılımı rastgele yada düzenli olarak dağılmış örnekleme noktalarından arzulanan kafes genişliğine sahip bir ağ plaka sisteminde sayısal yükseklik modelinin oluşumuna olanak verir. Enterpolasyonda en küçük kareler yöntemi tercih edilmiş olup, örnekleme nokta yoğunluğu ve seçimi bakımından bir sınırlama söz konusu değildir. Bu yazılımda düzenli yada düzensiz aralıklı profil noktaları, yapı (struktür) çizgileri boyunca ölçülen noktalar ve topografik yönden özel anlamı olan tek tek noktalar (spot heights) örnekleme noktası olarak kullanılabilir [8].

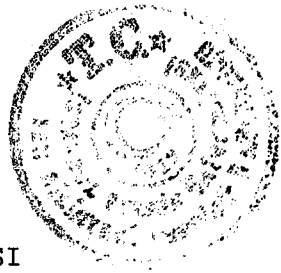
Bu ülkelerin yanısıra Avustralya, Belçika, Kanada, İrlanda, Hollanda, Yeni Zelanda, İspanya, İngiltere, Fransa, İsveç ve birçok ülkede otoyol planlama ve dizayn çalışmalarında Fotogrametri destekli SAM'ı kullanmaktadırlar [25]. Hemen hemen tüm bu ülkeler planlamaya altlık olabilecek sayısal harita yapımının tüm aşamalarını gerçekleştirebilecek durumdadırlar.

ABD'de "USDA Forest Service" kurumu yılda yapımını gerçekleştirdiği 17000 km'lik yolun planlama ve dizaynında fotogrametri destekli SAM tekniklerini kullanmaktadır [66].

ABD'de Teksas eyaletinde "The Texas State Department of Highways and Puplic Transportation" kurumu otoyol planlama ve dizayn çalışmalarında Fotogrametrik metodları veri elde etme ve sayısal modellerin oluşturulmasında kullanmaktadırlar. Kurumun raporlarına

göre bu sayede arazi ölçmeleri ve kontrol noktası maliyetinde % 80'e varan bir tasarruf sağlamışlardır [33].

ABD' de University of Illinois' de KARARA [39] ve arkadaşları karayolu uygulamaları için bir analitik hava triyangülasyon tekniği geliştirmişlerdir. Bu teknikte üçlü resimlerle oluşturulan tripletlerle şerit oluşturulmakta ve sonuçta polinomlarla şerit dengelemesi ile hava triyangülasyonu icra edilmektedir [39].



3. ÇALIŞMADA KULLANILAN NOKTA BELİRLEME YÖNTEMİ VE UYGULAMASI

3.1. BU KONUDA UYGULANAN FOTOGRAMETRİK YÖNTEMLER

Fotogrametrik nokta belirlemede çeşitli fotogrametrik triyangülasyon yöntemleri kullanılır. Fotogrametrik nokta belirlemesi probleminde, havadan veya yer durak noktalarından çekilen resimler veya bu resim çiftleri ile oluşan modeller de ölçülen koordinatlar başlangıç verileridir.

Havadan çekilen resimlerin kullanılması ile gerçekleştirilen fotogrametrik nokta belirlemesine hava triyangülasyonu (fotogrametrik üçgenleme) adı verilir. Fotogrametrik triyangülasyonda amaç, en az iki resim üzerinde tanımlanabilen noktaların yer koordinatlarını, resim yada model üzerinde yapılan koordinat ölçmelerinden her iki sistemin (resim yada model koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi) ortak elemanları olan yerleştirme noktaları yardımıyla hesap etmektedir. Koordinatı belirlenecek noktaları içine alan resimler yada modellerin oluşturduğu mozaik blok (küme) adı verilir [48]. Blok içerisindeki noktaların koordinatları, blok dengeleme yöntemleri ile hesap edilir.

Blok dengeleme, blokların oluşumuna göre farklılıklar gösterir. Blok şerit, model yada resimlerin birim olarak ele alınmasıyla oluşturuluyorsa, blok dengeleme yöntemleri de şeritlerle blok dengeleme, bağımsız modellerle blok dengeleme ve ışın demetleriyle (resimlerle) blok dengeleme adını alır.

Hava triyangülasyonunda uygulanacak dengeleme yöntemi, gerekli yer kontrol noktalarının sayısı ve konumunu, dengelemede çözülmesi gerekli bilinmeyen sayılarına ve dengelemeden sonra elde edilecek koordinatların presizyonunu da tayin eder [31].



3.1.1. ŞERİTLERLE BLOK DENGELEME

Blok, triyangülasyonu yapılmış ve hatta kendi iç dengelemesi bitirilmiş şeritlerden meydana gelir [7]. Bu yöntemde her noktanın koordinatı, değerlendirme aletinde karşılıklı ve mutlak yönmeltme ile şerit koordinat sisteminde belirlenir. Daha sonra bu şeritlerin ortak dengelenmesiyle blok oluşturulur. Matematik modelde şeritler arasındaki ortak noktalardaki zıtlıklar da dikkate alınır [6].

Şeritlerin birim eleman olarak alındığı bu yöntem, sayısal olarak en basit çözümdür. Ortaya çıkan normal denklem sistemi oldukça küçük ve çözülebilecek türdendir. Stokastik modelin basitleştirilmesi nedeniyle diğer yöntemlere göre daha az inceliklidir. Bunun için bu yöntem büyük bloklarda ve yüksek incelik isteyen çalışmalarda tatmin edici sonuçlar vermez [53].

3.1.2. BAĞIMSIZ MODELLERLE BLOK DENGELEME

Bağımsız modellerle blok dengeleme yöntemi, ardışık iki resmin oluşturduğu modeli hesap birimi olarak kullanmaktadır. Bu yöntemde matematik model, model koordinat sisteminden, yer koordinat sistemine doğru gerçekleştirilecek olan üç boyutlu benzerlik dönüşümü esasları üzerine kurulmuştur. Dengeleme işleminde her bir modelin üç dönme, üç öteleme ve bir ölçek faktörü olmak üzere toplam 7 dönüşüm parametresi ile model noktalarının yer koordinat sistemindeki koordinat değerleri hesap edilir [1], [3], [23].

Bağımsız modellerle blok dengeleme yönteminin programlanması oldukça zordur. Nokta koordinatlarının yok edilmesinden sonra her model için ortaya çıkan 7 parametreyi içine alan normal denklem sistemi büyük bloklarda çok geniş kapsamlı olur. Bu nedenle noktaların konum koordinatları ile yüksekliklerin çözümleri ayrı fakat



aralarında bağlantılı olarak sağlanır [49]. Bunun yanında konum koordinatları ve yükseklikler birlikte de çözülebilir [37].

Bağımsız modellerle blok dengeleme yöntemiyle mikro bilgisayarlar-
da ortaboy fotogrametrik blokların çözümü yapılabilmektedir [35],
[36].

3.1.3. IŞIN DEMETLERİ İLE BLOK DENGELEME

Bu yöntemde blok, bütün resimlerin ve bunlara bağlı ışın demetle-
rinin tümü olarak düşünülmektedir. Blok dengeleme ile, bütün ışın
demetlerinin yöneltilmesi eş nokta ışınlarının kesişmesi koşuluna
göre, yerleştirme noktası ve örtü şekline göre yerleştirilir [7].
Bu yöntem hata teorisi bakımından en uygun fakat şimdiye kadar ele
alınan yöntemlerin içinde en geniş hesap işlemine gereksinme duyul-
maktadır.

Işın demetleri ile blok dengeleme yönteminde, bloku oluşturan re-
simlere ait dış yöneltme elemanları değerleri ile ölçülen resim
koordinatlarının birlikte dengelenmesi sonucu tüm noktaların yer
koordinat sistemindeki koordinatları belirlenir. Dengelemede kul-
lanılan değerler ölçülen resim nokta koordinatlarıdır. Resim koor-
dinatlarının 1-2 mikron doğruluk derecesini sağlayabilecek alet-
lerde ölçülmesi gerekir [17].

Bu yöntemde dengelemede birim olarak tek bir resim ele alındığın-
dan resim çekme veya değerlendirme sırasında etki eden düzenli ha-
talar elemine edilebilir [52]. Demet dengelemesinin en büyük özel-
liklerinden biri de matematik modelin kolayca genişletilebilmesi-
dir. Bu genişletilebilme olanağı sayesinde ek parametreler, yar-
dımıcı ölçmeler ve jeodezik ölçmeler dengeleme hesabına kapsatıla-
bilmektedir [48], [11], [15], [27], [4], [69].



İlkeleri H.Schmid [62] tarafından ortaya konan ışın demetleri yöntemi Amerika kıtasından Church, Brown, Keller, Harris, Tewinkel, Schut ve Avrupa kıtasından da Ackermann, Bauer, Ebner, Meixner, Schenk, Kilpela tarafından uygulamaya konulmuş ve teorik çalışmalarla geliştirilmiştir [2], [16], [24], [42], [64], [43], [61], [45], [51].

3.2. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM VE BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITILMASI

3.2.1. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITILMASI

Bu çalışmada bir önceki bölümde de anlatıldığı üzere en presizyonlu yöntem olan ışın demetleriyle dengeleme tercih edilmiştir. Kullanılan bilgisayar programı, demet yönteminin U.S.Coast and Geodetic Survey (şimdiki adıyla National Ocean Survey - N.O.S.) kurumunda Keller ve Tewinkel [43] tarafından yazılımı oluşturulan programın, Glasgow Üniversitesinde Baz [12] tarafından geliştirilmiş bir şeklidir.

Program esas itibariyle komparatör ölçmeleriyle elde edilen resim koordinatlarının hesabı ile temel dengeleme arasına birçok ara işlemler konularak ölçme sonuçları arasında bulunabilecek kaba hataları yok etmektedir. Normal denklem sisteminin çözümü için Gauss-yoketme yönteminin değiştirilmiş bir türü kullanılmaktadır.

Bilgisayar programı FORTRAN programlama dilinde yazılmış olup, Glasgow Üniversitesi Bilgi İşlem Merkezindeki ICL 2976 büyük boy bilgisayarı geliştirilmiştir. Aynı program ICL 2980, ICL 2988, ICL 2976, IBM 370/165 büyük boy bilgisayarlarında ve CRAY-1S vektör bilgisayarı başarılı olarak çalıştırılmıştır [13].

Bu çalışmada kullanılmak üzere program, mikro bilgisayarlarda (IBM/PC, IBM/XT, IBM/AT, IBM/PS2 gibi) çalışabilecek şekilde Selçuk



Üniversitesinde tekrar düzenlenmiştir. Programın akış şeması aşağıdaki şekilde verilebilir.

3.2.2. MATEMATİK MODEL

Dengelemede matematik model Bölüm 3.1.3'de açıklandığı gibi doğrusalılık koşulu uygulamalarına dayandırılmıştır (Şekil 3.1). Doğrusalılık koşulunun matematiksel ifade ediliş tarzını basit olarak aşağıdaki gibi yazmak mümkündür.

$$\underline{C_p} = L \cdot \underline{R} \cdot \underline{C_i} \quad (3.1)$$

Burada:

$\underline{C_p}$: Yer koordinat sisteminde izdüşüm merkezi ve bir obje noktasınca tanımlanan vektörü,

L : Ölçek faktörünü,

$\underline{R}$: Ortogonal dönüşüm matrisini ve,

$\underline{C_i}$: Resim koordinat sisteminde izdüşüm merkezi ve bir resim noktasınca tanımlanan vektörü ifade etmektedir.

Her bir resim noktası için (3.1) eşitliğindeki L ' nin yok edilmesi sonucu resim koordinatları x , y için ayrı ayrı gözlem denklemi elde edilmiş olur.

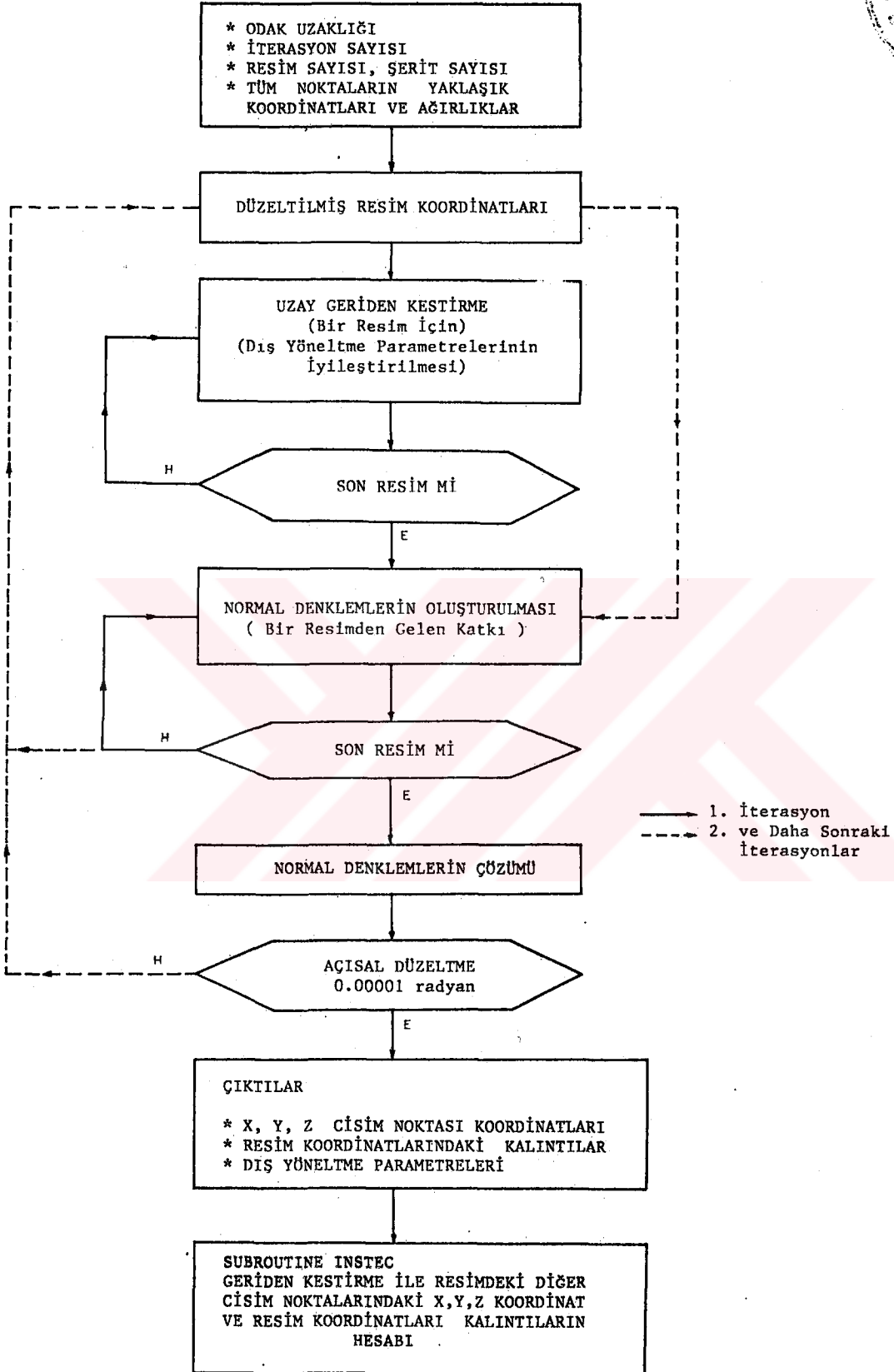
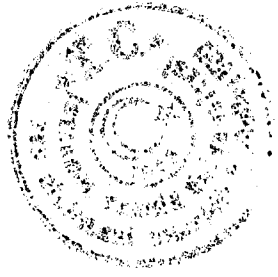
$$\begin{aligned} x/f &= r1.\underline{C_p}/r3.\underline{C_p} \\ y/f &= r2.\underline{C_p}/r3.\underline{C_p} \end{aligned} \quad (3.2)$$

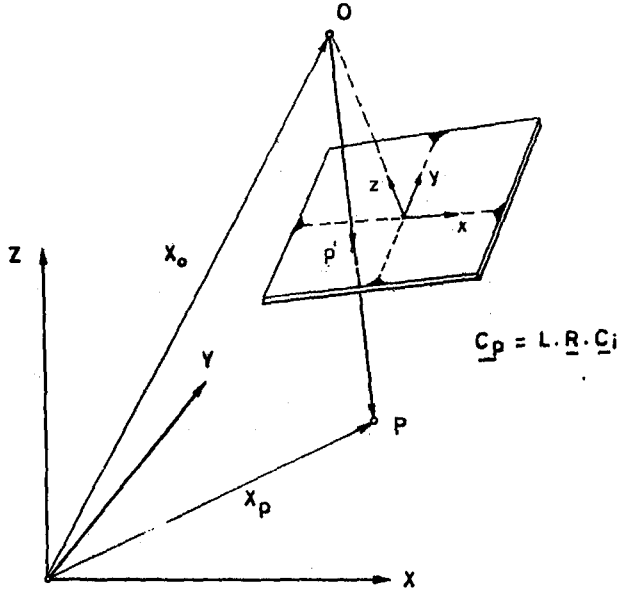
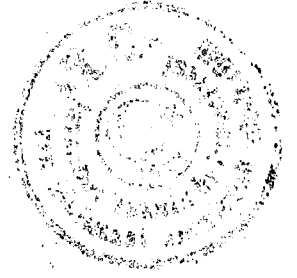
Burada:

x , y : Ölçülen resim koordinatlarını,

$r1$, $r2$, $r3$: Dönüşüm matrisi $\underline{R}$ ' nin satır vektörünü ve,

f : Resim çekme makinası odak uzaklığını ifade etmektedir.





Şekil 3.1- Doğrusallık Koşulu

(3.2) denkleminde f' 'nin sabit bir değere, ölçülen resim koordinatları x, y 'lerin sistematik ve kaba hatalara sahip olduğu düşünülür. Denklemlerdeki diğer bütün parametreler çözülmesi gerekli bilinmeyen değerlere sahiptir. Ayrıca (3.2) de verilen denklemler lineer olmayıp, herhangi bir hesaplama işleminde kullanılabilmeleri için önce lineer hale getirilmeleri gerekmektedir. Lineer hale getirilmiş (3.2) denklemlerini;

$$\underline{W} \cdot \underline{b} + \underline{W} \cdot \underline{A} \cdot \underline{q} = \underline{V}$$

(3.3)

olarak matrislerle ifade etmek mümkündür. Burada:

- $\underline{W}$: Ağırlık katsayılar matrisini,
- $\underline{b}$: Ölçü değerlerinin oluşturduğu bilinenler (sağ taraf) vektörünü,
- $\underline{A}$: Katsayılar matrisini,
- $\underline{q}$: Dış yöneltme parametrelerine ve cisim noktalarının koordinat değerlerine getirilecek düzeltmeler vektörünü ve,
- $\underline{V}$: Ölçülen resim koordinat değerlerine getirilecek düzeltmeler vektörünü ifade etmektedir.



3.2.3. NORMAL DENKLEMLERİN OLUŞTURULMASI VE ÇÖZÜMÜ

(3.3)' de verilen denklemlerden elde edilen normal denklemler

$$\underline{N} \cdot \underline{q} = \underline{d} \quad (3.4)$$

olarak yazılabilir. Burada:

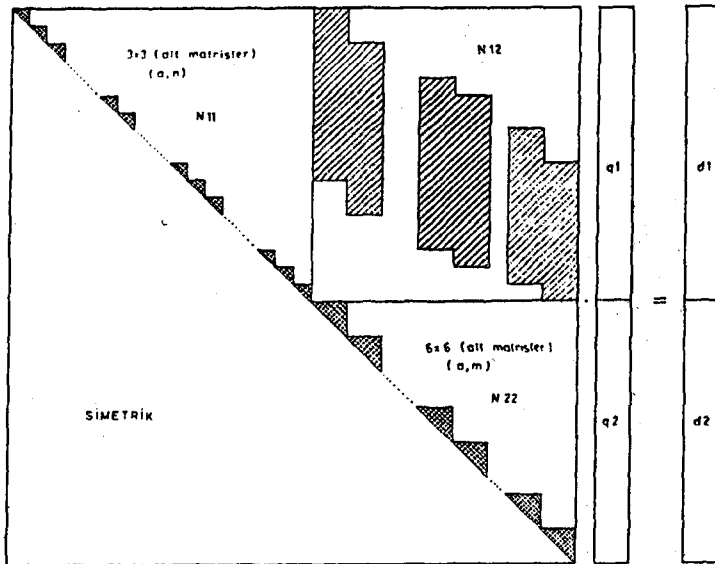
$$\underline{N} = \underline{A}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{A} \quad \text{ve} \quad \underline{d} = \underline{A}^T \cdot \underline{W} \cdot \underline{b}$$

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.

$$\underline{N}_{11} \cdot \underline{q}_1 + \underline{N}_{12} \cdot \underline{q}_2 = \underline{d}_1 \quad (3.5,a)$$

$$\underline{N}_{21} \cdot \underline{q}_1 + \underline{N}_{22} \cdot \underline{q}_2 = \underline{d}_2 \quad (3.5,b)$$

Burada N_{11} ve N_{22} kısmi matrisleri sırasıyla 3×3 ve 6×6 'lık alt matrislerden oluşmaktadır. Her iki alt matris de köşegen boyunca sıfırdan farklı elemanlara sahiptir, Şekil 3.2.



Şekil 3.2- Işın Demetleri İle Blok Dengelemede Normal Denklemlerin Yapısı.



Normal denklem sisteminin çözümü için Gauss-yoketme yönteminin genişliğe uğratılmış bir şekli uygulanmaktadır.

Bilinmeyen grubu q_1 'i (yer noktalarına gelecek düzeltmeler) yok etmek için,

(3.5,a) denklemini soldan N_{11}^{-1} ile çarpılsın.

$$N_{11}^{-1} \cdot N_{11} \cdot q_1 + N_{11}^{-1} \cdot N_{12} \cdot q_2 = N_{11}^{-1} \cdot d_1 \quad (3.6)$$

Bir normal denklem matrisi olarak N_{11} regüler olduğundan $N_{11}^{-1} N_{11} = I$ çarpımı birim matrise eşit olacaktır. Bu şekilde Yukarıdaki deklemler

$$q_1 = N_{11}^{-1} \cdot d_1 - N_{11}^{-1} \cdot N_{12} \cdot q_2 \quad (3.7)$$

olup, (3.5,b) denkleminde yerine konursa,

$$N_{21} (N_{11}^{-1} \cdot d_1 - N_{11}^{-1} \cdot N_{12} \cdot q_2) + N_{22} \cdot q_2 = d_2 \quad (3.8)$$

veya biraz değiştirilerek

$$(N_{22} - N_{21} \cdot N_{11}^{-1} \cdot N_{12}) q_2 = d_2 - N_{21} \cdot N_{11}^{-1} \cdot d_1 \quad (3.9)$$

elde edilir.

(3.9) denklemini daha basitleştirmek için $N_{11}^{-1} \cdot N_{12} = B$ ile gösterilsin. N_{11} simetrik bir matris olduğundan

$$N_{11}^{-1} \cdot N_{12} = (N_{21} \cdot N_{11}^{-1})^T = B \quad (3.10)$$

olur [9]. Böylece (3.9) denklemi

$$(N_{22} - N_{21} \cdot B) \cdot q_2 = d_2 - B^T \cdot d_1 \quad (3.11)$$

şeklinde yazılabilir. Veya daha basit bir ifadeyle

$$(N_{22} - N_{21} \cdot B) = N_{22}^* \quad (3.12)$$



olarak alınırsa (4.11) denklemi

$$\underline{N22}^* \cdot \underline{q2} = \underline{d2} - \underline{B}^T \cdot \underline{d1} \quad (3.13)$$

şekline dönüşür. Daha sonra $\underline{q2}$ ve $\underline{q1}$ deki bilinmeyenler sırasıyla hesaplanabilir. (3.9) ve (3.11) denklemlerinde $\underline{q1}$ bilinmeyen vektörü yok edilmesine rağmen envers matrisin teşkil edilmesinin çok sayıda hesap yapmayı gerektirmesi nedeniyle bu adımda fazla birşey elde edilmediği sanılabilir. $\underline{N11}$ matrisinin 3x3 lük alt matrislerden oluştuğu ve bunlarında ana köşegen civarında olup birbirleri ile bağıntıları olmadığı gözönüne alınırsa enversinin alınması sırasındaki işlem sayısının belli bir seviyede kalacağı düşünülebilir.

$\underline{B} = \underline{N11}^{-1} \cdot \underline{N12}$ matrisinin yapısı incelenirse $\underline{N11}^{-1}$ matrisi köşegen matris olduğundan $\underline{N12}$ matrisinin yapısı $\underline{B}$ 'ye de naklonulacaktır. Bu nedenle indirgenmiş $\underline{N11}$ matrisi ve dolayısıyla $\underline{N22}^*$ indirgenmiş matrisi 6x6 lık meydana gelir. Bu indirgeme iki önemli avantajı sağlar.

- Bilinmeyen sayısı önemli derecede azalır. Örneğin 200 resimlik bir blokda (10 şerit - 20 resim - her resimde 8 nokta) bilinmeyen sayısı 6000 den 1200 'e inmektedir.

- İndirgenmiş normal denklem matrisi ile hesap tekniği yönünden uygun bir yapı elde edilmektedir. Ayrıca bu matrisin yapısı blokda resimlerin numaralama tekniği ile de yakın ilgisi vardır [7].

Işın demetleri yönteminin çok sayıda bilinmeyenli denklem sistemi oluşturacağı ve bilgisayarların ana belleklerinin belirli kapasitelerle sınırlı olacağı düşünüldüğünde, normal denklemleri oluşturan alt matrislerin bilgisayarda saklanması ve çözümlerinde özel itina ve beceri gösterilmesi gerekmektedir.



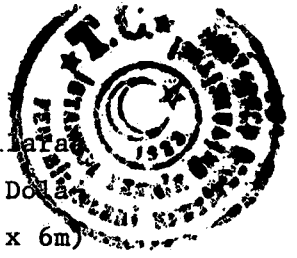
3.2.4. BİLİNMEYEN SAYISI

Normal denklemlerdeki bilinmeyen sayısı oldukça büyük olmaktadır. m adet resim ve n adet cisim noktasını içine alan bir blok için elde edilecek normal denklemlerde toplam $(6m + 3n)$ adet bilinmeyen olacaktır.

Doğrusallık koşul denklemleri, çok sayıda sıfır değerlerine sahip katsayılar matrisi oluşturur. Bilinen bu özel durum dikkate alınarak normal denklemlerin hazırlanışları, bilgisayarda saklanmaları ve işlem görmeleri sırasında özel bir yol izlenilmesi gerekir ve böylece daha az bilgisayar kapasitesine ve zamanına ihtiyaç duyulur. Böylelikle kapasite yetmezliği gerekçesiyle aynı bloka ait olmakla beraber dengeleme harici tutulan resimlerin de dengeleme kapsamına alınması sağlanmış olur.

Cisim noktaları parametrelerinin oluşturduğu normal denklemlerin N_{11} alt matrisi, köşegen boyunca sıfırdan farklı 3×3 'lük alt matris değerlerine, diğer yerlerinde ise daima sıfır değerlerine sahip olur. Bu amaçla $(3n \times 3n)$ boyutunda oldukça büyük bir seyrek matris (sparse matris) yerine, geliştirilen bilgisayar programında sadece köşegen boyunca yer alan 3×3 'lük alt matrislerin simetrik üst kısımlarının saklanması tercih edilmiştir. Şekil 3.3 ve 3.4'de bir obje noktası için alt matrisin ve bütün obje noktaları için yeniden düzenlenmiş alt matrisin dizi yapısı görülmektedir. Yeni düzenleme ile N_{11} için saklanmasına ihtiyaç duyulan matris eleman sayısı $(6n)$ 'e indirilmiş olur [12].

Şekil 3.2 de görüldüğü üzere N_{12} alt matrisi, cisim noktaları parametreleri ile resim çekme makinası parametreleri katsayılarının çarpılmasından oluşmaktadır. Görüldüğü bütün resimlere ait sütun elemanlarına karşılık gelecek şekilde her bir obje noktası için N_{12} alt matrisinin 3 satırının sıfırdan farklı katsayılarla doldurulması gerekmektedir. Sonuç olarak $(3n \times 3n)$ boyutunda bir seyrek matris oluşmaktadır. Geliştirilen bu programda matrisin yapısının oluşumu incelenerek yeni bir düzenlemeye gidilmiştir. Bu



düzenlemede bir resimde en fazla 18 nokta bulunacağı varsayılırsa her resim için 54x6 boyutunda alt matrisler hazırlanmıştır. Dolayısıyla saklanması ihtiyaç duyulan matris eleman sayısı $(3n \times 6m)$ den $(m \times 54 \times 6)$ ya indirgenmiş olmaktadır (Şekil 3.5). Kabul edilen 18 nokta limiti istenildiği takdirde değişik nokta sayısı için de değiştirilebilmektedir. Bütün resimlerde 18 noktanın değerlendirilmeye tabi tutulması halinde sıfır değerli matris elemanları saklanmamış olacaktır.

1.1	1.2	1.3
	2.2	2.3
		3.3

dxdx	1.1	1.2.....1.1
dxdy	1.2	1.2.....1.2
dxdz	1.3	1.3.....1.3
dydy	2.2	2.2.....2.2
dydz	2.3	2.3.....2.3
dzdz	3.3	3.3.....3.3

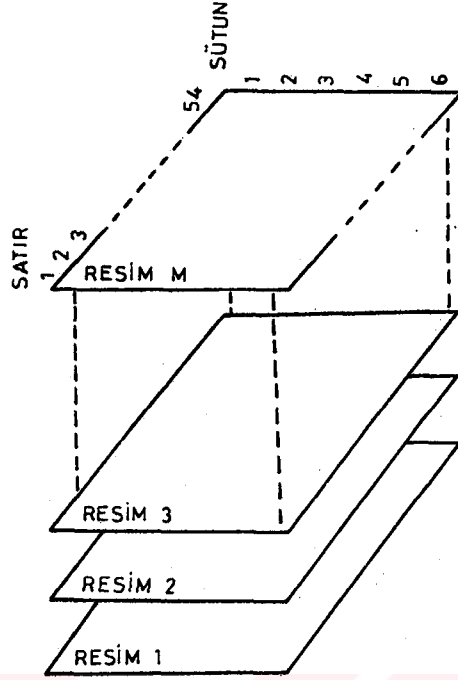
Şekil 3.3- Bir Cisim Noktası İçin 3x3 lük Alt Matrisin Yapısı

Şekil 3.4. N11 Alt Matrisinin Yeniden Düzenlenmiş Dizi Yapısı

Problemin yükü, N22 ve N22* indirgenmiş alt matrisinin çözümüne dayanmaktadır.

3.2.5. N22* ALT MATRİSİNİN YAPISI

N22* normal denklemlerin indirgenmiş katsayılar matrisinin elde edilebilmesi için N21 alt matrisinin yok edilmesi gerekmektedir. Bu durumda daha önce köşegen boyunca sıfırdan farklı eleman değerlerine sahip 6x6 boyutunda alt matrislerden ibaret N22 alt matrisinin, köşegen dışında kalan sıfır elemanlı alt-matrisleri sıfırdan farklı değerler alırlar.



Şekil 3.5- N12 Alt Matrisinin Yeniden Düzenlenmiş Dizi Yapısı

Resimlerin değerlendirilişi sıra itibariyle geliş güzel şekilde yapıyorsa, indirgenmiş normal denklemlerin katsayılar matrisi N22 'de, köşegen dışında kalan alt matrislerden hangilerinin sıfırdan farklı değerler olacağının tahmin edilmesi mümkün olamamaktadır. Fakat resimler ve cisim noktaları özel bir yol takip edilerek numaralandıkları ve sıralandıkları takdirde, N22 matrisinin yapısını önceden belirlemek mümkün olabilmektedir [12].

Uygulanmakta olan iki tür numaralama tekniği vardır. Bunlar boyuna-şerit (down-strip) ve enine-şerit (cross-strip) numaralama teknikleri olarak bilinmektedir [12]. Şekil 3.6'da her iki numaralama tekniği için örnekler verilmiştir. Böyle bir uygulama ile elde edilecek olan indirgenmiş katsayılar matrisi, köşegen boyunca simetrik ve sıfırdan farklı elemanlar ile bant halinde bir yapı oluşturur. Bant dışında kalan diğer bütün elemanlar sıfır değerler alır. Bantın genişliği boyuna-şerit ve enine-şerit numaralama tekniğine göre sırasıyla;



$$P_d = 6.(m + 3)$$

(3.14)

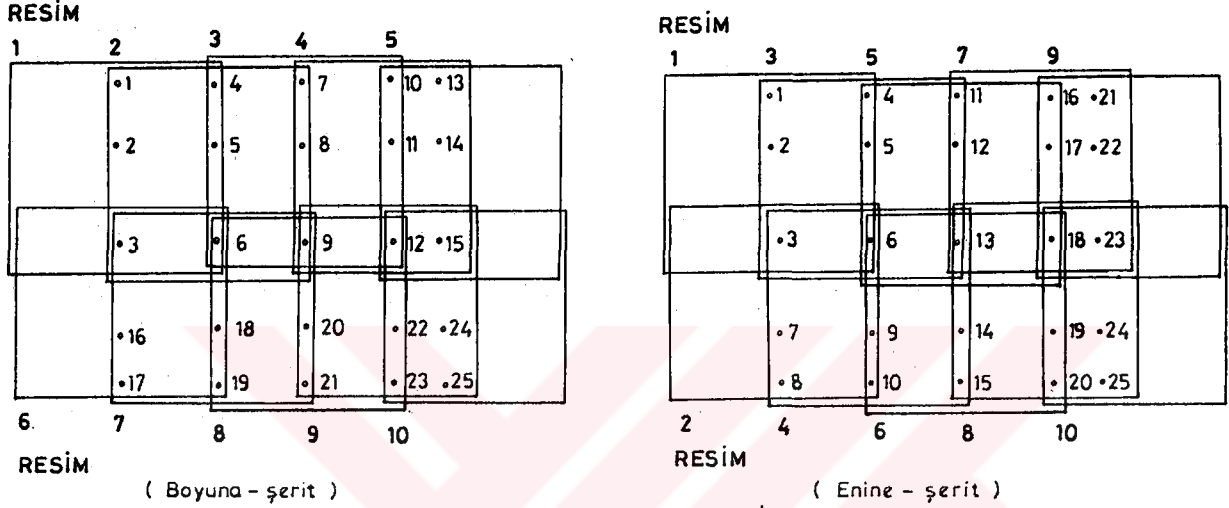
$$P_c = 6.(2.s + 2)$$

dir. Burada:

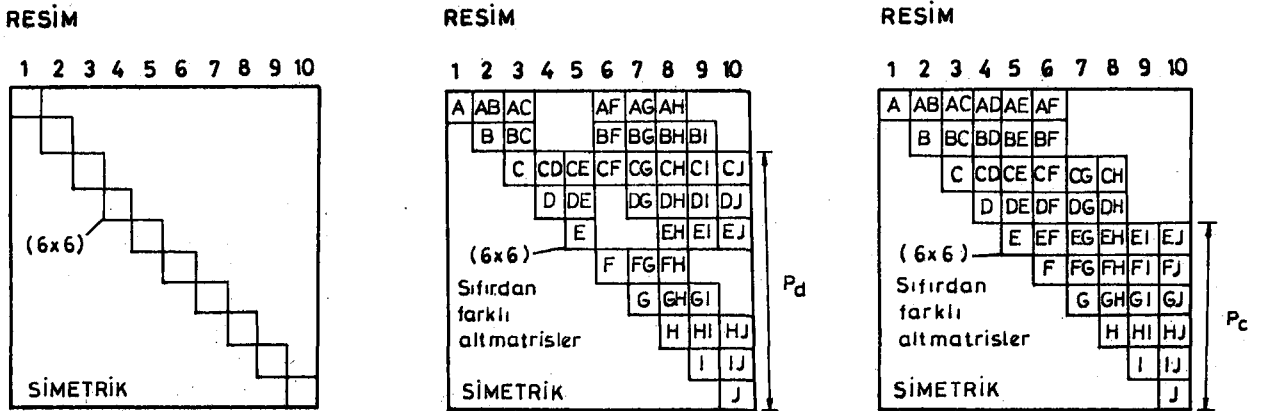
m : Bir şeritte mevcut maksimum sayıdaki toplam resim sayısı,

s : Bir blokta mevcut toplam şerit sayısıdır.

Şekil 3.7 de, Şekil 3.6 da verilen blok için N_{22} alt matrisi ve N_{22}^* indirgenmiş alt matrisinin yapıları görülmektedir.



Şekil 3.6- 2x5 lik Resimlerden Oluşan Bir Blok İçin Boyuna-Şerit ve Enine-Şerit Numaralama Teknikleri Örnekleri.



Şekil 3.7- Şekil 3.5 deki Blok'a ait N_{22} Alt Matrisi ve N_{22}^* Alt Matrislerinin Numaralama Tekniklerine Göre Yapıları.

Bu programda geliştirilen algoritmalar ile sadece bantın simetrik üst kısmına ait sıfırdan farklı elemanlar saklanmakta ve işlem görmektedir. Şekil 3.8, Şekil 3.7'de verilen matrislerin yeniden düzenlenmiş dizi yapılarını göstermektedir. Bu durumda indirgenmiş normal denklemler katsayılar matrisi elemanlarının saklanabilmesi için gerekli kapasite miktarı (6 m x 6 m) den boyuna-şerit numaralama tekniği için (6 m x Pd) veya enine-şerit numaralama tekniği için (6 m x Pc) indirilmiş olur. Örneğin her biri 50 resimi içine alan 5 şeritten ibaret bir blokta (toplam 250 resim) kapasite talebi (1500 x 1500=2 250 000) elemandan boyuna şerit için (1500x318=477 000)'e veya enine şerit için (1500x72=108 000) elemana indirilmiş olur.

A	AB	AC			AF	AG	AH
B	BC				BF	BG	BI
C	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ
D	DE			DG	DH	DI	DJ
E				EH	EI	EJ	
F	FG	FH					
G	GH	GI					
H	HI	HJ					
I	IJ						
J							

A	AB	AC	AD	AE	AF
B	BC	BD	BE	BF	
C	CD	CE	CF	CG	CH
D	DE	DF	DG	DH	
E	EF	EG	EH	EI	EJ
F	FG	FH	FI	FJ	
G	GH	GI	GJ		
H	HI	HJ			
I	IJ				
J					

Şekil 3.8- N22* Alt Matrisinin Numaralama Tekniklerine Göre Yeniden Düzenlenmiş Dizi Yapıları.

3.2.6. BİLGİSAYAR PROGRAMININ SAYISAL HESAP YÖNÜNDEN GEREKTİRDİĞİ KOŞULLAR

Bu çalışmada kullanılan program ile blok dengeleme işlemleri Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Bilgi İşlem Merkezinde bulunan IBM-AT/2 ve IBM-PS/2 mikrobilgisayarlarında gerçekleştirilmiştir. Her iki bilgisayarda 16 bitlik olup IBM-AT/2 512

KB ana bellek, 20 MB sabit disk, 6.00 MHZ merkezi işlem hızına, IBM-PS/2 1024 KB ana bellek, 44 MB sabit disk ve 10.00 MHZ merkezi işlem hızına sahiptir.

Bu tür bilgisayarların kullandıkları işletim sisteminin (DOS-Disk Operating System) özelliklerine göre diziler için izin verilen maksimum alan boyutlarına göre (çift incelikli max. 64 KB), programda diziler COMMON bloklarında toplanarak optimum bellek kullanımı sağlanmıştır. Tablo 3.1 de bilgisayar programının, resim sayısına göre (blokda 3 şerit, enine-şerit numaralama tekniği ve bir resimde maksimum 18 nokta) bilgisayarların kayıt ortamlarında ne kadarlık bir alanı işgal edeceği gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Bilgisayar Programında, Bilgisayar Kayıt Ortamında Resim Sayılarına Göre KB (1 KB = 1024 byte) olarak İhtiyaç Duyulan Hacim.

Resim Sayısı →	15	20	25	30	40	50	100
KB Olarak Hacim	100	133	166	198	263	328	654

Program 6.00 MHZ işlem hızına sahip bilgisayarda tek şeritlik bir blokda (ortalama 15 resim) her bir iterasyonu yaklaşık 50 saniyede, üç şeritlik bir blokda ise (ortalama 20 resim) her bir iterasyonu ortalama 3.5 dakikada geçmektedir.

3.2.7. BİLGİSAYAR PROGRAMININ BAZI TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Program yer koordinatlarının yaklaşık değerlerini cisim noktalarının tamamı için giriş verileri olarak talep etmektedir. Dış yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri şu şekilde elde edilmektedir. Tüm noktaların yaklaşık koordinatları (X, Y, Z) girilir.

Resmin yaklaşık olarak ortasında bulunan noktanın (ki bu nokta her resmin ilk noktası olarak data listesinde verilir) X , Y değerleri X_0 ve Y_0 olarak kabul edilir. $\omega = \phi = 0$ kabul edilir. κ , Z_0 yaklaşık değerleri ise resim üzerinde birbirinden oldukça uzak olan iki noktanın (ki bu noktalar data listesinde her resimde 6. ve 7. noktalar olarak verilir) resim ve arazi koordinatları yardımıyla benzerlik dönüşümüyle program içinde elde edilir. Blok dengelemeye geçmeden önce bu yaklaşık değerler (ϕ , ω , κ , X_0 , Y_0 , Z_0) uzay geriden kestirme ile daha da iyileştirilir.

Noktaların yer koordinatları yaklaşık değerleri (X , Y , Z) harita üzerinden alınabilir. Bu noktaların koordinatları 1/25000 ölçekli haritalar üzerinden, ± 5.0 m konum, ± 4.31 m yükseklik doğruluğunda elde edilebilir [32].

Kontrol noktalarının değerlendirilmesi safhasında iki tür ağırlık katsayıları uygulaması yapılır. Bir yerleştirme noktasına yapılan gözlemlerin, bir kontrol (check) noktasına yapılan gözlemden daha güvenilir olacağı düşünüldüğünden, yerleştirme noktalarına ait ölçü denklemlerinin katsayıları ve normal denklemlerde köşegen boyunca yer alan yerleştirme noktalarına ait katsayılar, "doğrusallık ağırlığı" ve "konum ağırlığı" olarak tanımlanan katsayılarla işlem görmektedir. Bu ağırlık katsayı değerleri, giriş verileri ile birlikte verilmektedir.

3.3. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TEST ALANLARINDA DENENMESİ

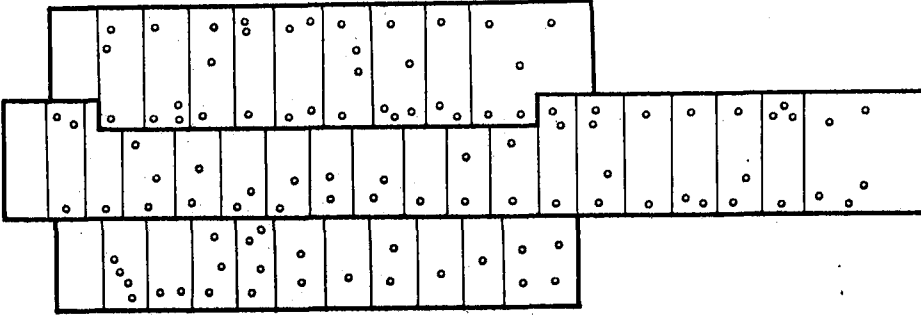
3.3.1. GRAMASTETTEN TEST ALANI

Gramastetten test alanı Yukarı Avusturya'da 60 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Gramastetten test alanında yükseklikler 270 m ile 620 m arasında değişmekte olup, bölge arazi yapısı bakımından tepelik bir karakter göstermektedir. Ayrıca orta derecede de orman örtüsü bulunmaktadır.



Test alanı içerisinde fotogrametrik olarak belirlenecek tüm noktalar yeryüzünde işaretlenmiş olup, koordinat değerleri yersel ölçmelerle önceden belirlenmiştir (Şekil 3.9). Resim çekimi Bundesamt für Eich. und Vermessungswesen (Viyana) yönetiminde yapılmış olup, negatiflerin bozulmasını önlemek amacıyla cam plakalar üzerine kronar yöntemi ile kopyalar çıkartılmış ve resim ölçmeleri bu cam plakalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Test alanı hakkındaki bazı önemli veriler aşağıda verilmiştir [7].

Uçuş zamanı : 20 Eylül 1966, 13.00
Uçuş şekli : 10 resimlik iki şerit
19 resimlik bir şerit
Örtü oranı : % 60 boyuna, % 30 enine
Resim çekme makinası : WILD RC-5
Objektif : Universal - Aviogon No. 341
f = 152.63 mm
Resim boyutu : 23 cm x 23 cm
Ortalama uçuş yüksekliği : Yeryüzünden itibaren 1500 m
Resim ölçeği : 1/10000



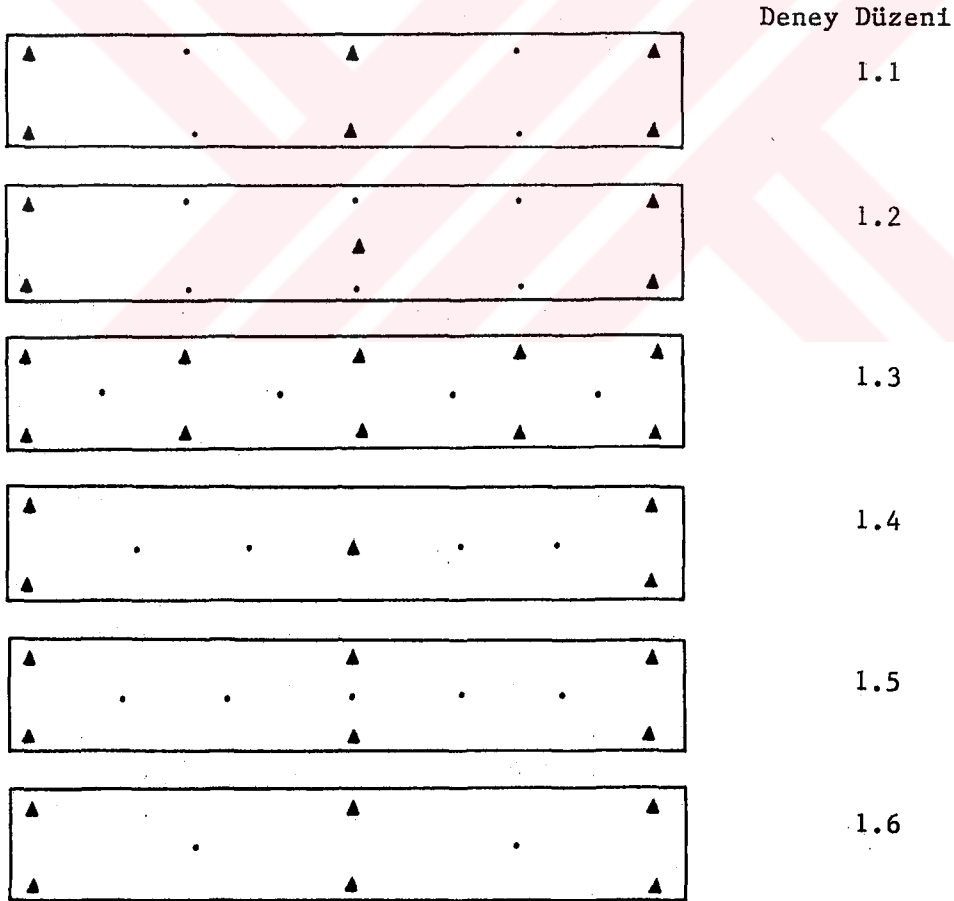
Şekil 3.9- Gramastetten Test Alanının Yapısı [7].



3.3.1.1. DEMET YÖNTEMİNE GÖRE DENGELEME

Bu çalışmada karayolu fotogrametrisinin özelliğinden dolayı test alanının tümü değil, ilk şeritine ait Space-Optik Monokomparatör ölçme değerleri kullanılmıştır. Bu değerler ALTAN tarafından yapılan bir araştırmada [7] kullanılmış olup resim koordinat değerleri tüm sistematik hata etkilerinden arındırılmıştır. Ölçmelerde kullanılan aletin presizyonu $2.5 \mu\text{m}$ olup, resim koordinat ölçmeleri presizyonu $m_x = 1.5 \mu\text{m}$ ve $m_y = 1.7 \mu\text{m}$ 'dir [7].

Demet yöntemine göre dengelemede ilk şerit 6 değişik yerleştirme noktası düzeni ile (Şekil 3.10) dengelenmiştir. Bu ilk şeritte toplam 10 resim ve 38 yer noktası mevcuttur.



▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
.: Yükseklik Yerleştirme Noktası

Şekil 3.10- Gramastetten Test Alanı Deney Düzenleri İçin Yerleştirme Noktası Dağılımı.

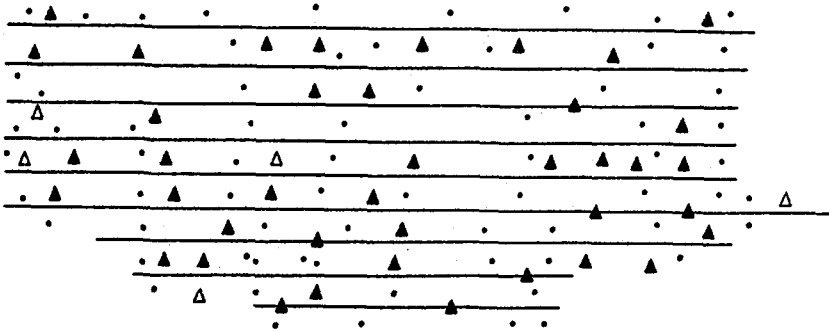


3.3.2. CUMBRIAN WEST TEST ALANI

Cumbrian West test alanı O.S. (Ordnance Survey) tarafından normal harita yapım amaçları doğrultusunda hazırlanmıştır. Test alanının tamamı 11 şeritten oluşmaktadır. Test alanına ait bazı önemli veriler aşağıda verilmiştir [12].

Objektif	: Universal Aviogon (f = 152.07 mm)
Resim boyutu	: 23 cm x 23 cm
Resim çekme makinası	: WILD RC - 8
Resim ölçeği	: 1/26000
Ortalama uçuş yüksekliği	: Yeryüzünden itibaren 3900 m.
Toplam resim sayısı	: 220

Yer kontrol noktaları koordinat değerleri ülke grid koordinat sisteminde olup konum ve yükseklik hassasiyetleri ± 10 mm dir. Test alanının ilk 9 şeritinde 1389 yer kontrol noktası mevcuttur. Bu noktalardan 40 tanesi tüm yerleştirme, 4 tanesi konum yerleştirme, 138 tanesi de (69'lu çiftler halinde) yükseklik yerleştirme noktasıdır (Şekil 3.11), [12].



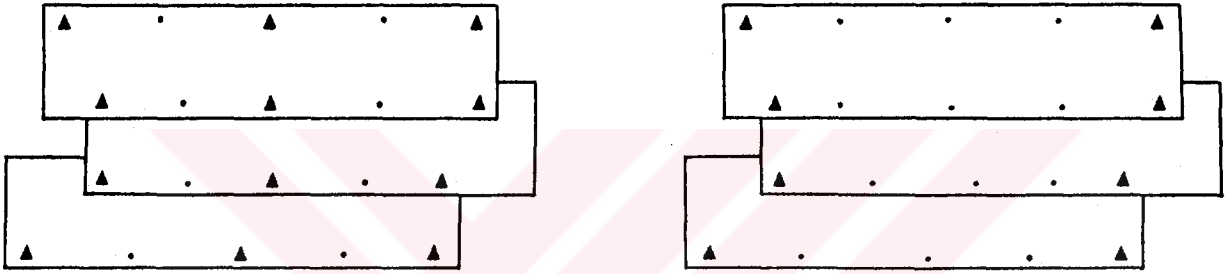
- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- △ : Konum Yerleştirme Noktası
- . : Yükseklik Yerleştirme Noktası

Şekil 3.11- Cumbrian West Test Alanının Yapısı [12].



3.3.2.1. DEMET YÖNTEMİNE GÖRE Dengeleme

Bu çalışmada Cumbrian West test alanının ilk üç şeritinin 5'er resim olmak üzere toplam 15 resimlik bir blok oluşturulmuştur. Oluşturulan bu blokta 2 değişik yerleştirme noktası düzeni ile (Şekil 3.12) demet yöntemine göre dengeleme yapılmıştır. Bu blokta uygun konumda dağılmış 78 adet yer noktası mevcuttur. Noktalara ait resim koordinat değerleri Ordnance Survey kurumunda Hilger and Watts Stereo-komparatöründe ölçülmüş olup sistematik hatalardan arındırılmışlardır [12].



▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
• : Yükseklik " "

Şekil 3.12- Cumbrian West Test Alanı Deney Düzeni 2.1 ve 2.2 İçin Yerleştirme Noktası Dağılımı.

3.3.3. DEMET YÖNTEMİNE GÖRE Dengelemede Kullanılan Nokta Türleri VE DOĞRULUK KARŞILAŞTIRMA ÖLÇÜTLERİ

Bu çalışmada demet yöntemine göre dengelemede kullanılan nokta türleri aşağıda açıklandığı şekliyle ele alınmıştır.



* Tüm Yerleştirme Noktası : Üç koordinat doğrultusunda (X, Y, Z) yerleştirme görevini görür. Arazi koordinatları (X, Y, Z) dengelemede bilinen noktalar olarak işlem görür.

* Konum Yerleştirme Noktası : X ve Y doğrultularında (konum) yerleştirme görevini görür. Arazi konum koordinatları (X, Y) dengelemede bilinen noktalar olarak işlem görürler.

* Yükseklik Yerleştirme Noktası : Z doğrultusunda yerleştirme görevini görür. Dengelemede yüksekliği (Z) bilinen noktalar olarak işlem görürler.

* Kontrol (check) Noktaları (Tüm - Konum - Yükseklik) : Arazi koordinatları (X, Y, Z) yada (X, Y) yada (Z) değeri bilinen ve ancak dengelemede bilinmeyen yani hesaplanacak yeni noktalar olarak ele alınan noktalardır. Bu noktalara sırasıyla tüm kontrol (X, Y, Z), konum kontrol (X, Y) ve yükseklik kontrol (Z) noktaları adı verilir. Bu noktaların bilinen arazi koordinatları ile fotogrametrik hesaplanan koordinatları arasındaki farklardan blok yada şeritin mutlak doğruluk ölçütleri olan (M_x , M_y , M_z) karesel ortalama hataları belirlenir.

Kullanılan doğruluk karşılaştırma ölçütleri de aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

M_{OL} : Konum için birim ağırlığın karesel ortalama hatası. Gözlemlerin konum doğruluğu için bir ölçüttür. Blok yada şeritin iç presizyonunu belirten ölçütlerden biridir. Birimi arazi üzerinde "cm", resim ölçeğinde " μ m" ile tarif olunur.

M_{OH} : Yükseklik için birim ağırlığın karesel ortalama hatası. Gözlemlerin yükseklik doğruluğu için bir ölçüttür. Blok yada şeritin iç presizyonunu belirten ölçütlerden biridir. Birimi arazi üzerinde "cm", resim ölçeğinde " μ m" ile tarif olunur.

M_x , M_y , M_z : Konum ve yükseklik için karesel ortalama hata. Fotogrametrik yolla hesaplanmış X, Y, Z koordinatları ile arazi ölçmeleri ile bulunan koordinatlar arasındaki farklardan bulunur.



Blok yada şeritin mutlak presizyonunu belirtir. Birimi arazi üzerinde "cm", resim ölçeğinde " μm " dir.

$M_{xy} = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$: Konum kontrol nokta koordinatları için düzeltmelerin karesel ortalama hatası. Bu değer blok yada şeritin mutlak konum doğruluğu için bir ölçüttür. Birimi arazi üzerinde "cm", resim ölçeğinde " μm " dir.

M_{OL} / M_{xy} : Beklenen teorik değere oranla konum için mutlak doğruluk.

M_{OH} / M_z : Beklenen teorik değere oranla yükseklik için mutlak doğruluk.

M_z / H : Uçuş yüksekliğine bağlı olarak bağlı yükseklik doğruluğu (% olarak).

3.3.4. GRAMASTETTEN VE CUMBRIAN WEST TEST ALANLARI SONUÇLARININ İSTATİSTİK İNCELEMESİ

Demet yöntemine göre Gramastetten test alanı (6 değişik yerleştirme noktası düzeni ile) ve Cumbrian West test alanı (2 değişik yerleştirme noktası düzeni) ile yapılan dengelemeye ait sonuçlar Tablo 3.2'de özetlenmiştir. Ayrıca dengeleme sonunda elde edilen bilgisayar çıktısı Deney Düzeni 1.5 ve Deney Düzeni 2.1 için Ek 1 ve Ek 2 de verilmiştir.

Fotogrametrik triyagülasyon sonunda elde edilen nokta presizyonunu saptamak amacıyla test alanındaki kontrol noktalarından yararlanılır. Bunların verilen koordinat değerlerini gerçek değer olarak alıp blok dengelemesi sonunda elde edilen koordinatlara göre ortaya çıkan farklardan hesaplanan M_x , M_y , M_z karesel ortalama hata değerleri elde edilen presizyonu daha iyi belirlemektedir. Şekil 3.13..... Şekil 3.30'da Gramastetten, Şekil 3.31. Şekil 3.36'da ise Cumbrian West test alanına ait her bir deney düzeni için karesel ortalama hata değerleri ve yine kalıcı farklar

Tablo 3.2 Gramastetten ve Cumbrian West Test Alanları Verleştirme Noktası Düzenlerine Göre Blok Dengelenen Elde Edilen Sonuçlar.

Test Alanları	Birim Ağırlığın Karekesel Ortalama Hatası						Kontrol Noktalarındaki K.D.H.				Resim Noktalarındaki Karekesel Ortalama Hatalar				Teorik Değere Oranla Mutlak Degruluk	
	Resim Ölçeğinde			Arazide			Arazide									
	Yükseklik (µm)		Konum (µm)	Yükseklik (cm)		Konum (cm)	Yükseklik (cm)		Konum (cm)	Yükseklik (µm)		X (µm)	Y (µm)	XY (µm)	MOL / Mxy	MOH / Mz
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
GRAMASTETTEN																
Deney Düzeni 1.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0950	13.9	19.1	18.3	2.4	4.0	3.3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Deney Düzeni 1.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0878	13.9	17.6	18.2	2.1	3.1	2.6	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Deney Düzeni 1.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.0950	12.4	19.0	16.3	3.5	5.1	4.4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Deney Düzeni 1.4	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1305	11.9	26.2	15.6	1.5	2.9	2.3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
Deney Düzeni 1.5	0.2	0.1	0.2	0.2	0.0894	12.4	17.9	16.3	2.3	4.0	3.3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Deney Düzeni 1.6	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1099	13.2	22.0	17.3	2.3	4.0	3.3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
CUMBRIAN WEST																
Deney Düzeni 2.1	1.0	1.1	2.7	2.7	0.0315	3.1	12.2	8.0	8.2	10.1	9.2	0.34	0.34	0.34	0.22	0.22
Deney Düzeni 2.2	0.5	0.5	1.4	1.4	0.0615	8.9	23.8	22.7	6.1	7.9	7.1	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06



yardımla çizilen histogram ve kalıcı hata dağılım şekilleri rülmektedir.



Dağılım şekilleri konum için X ve Y doğrultularındaki hataların vektörel toplamından elde edilen bileşke ile gösterilmiştir. Yükseklik için blokun perspektif görünüşünde X-Y düzlemine çıkılan dik vektörler kullanılmıştır.

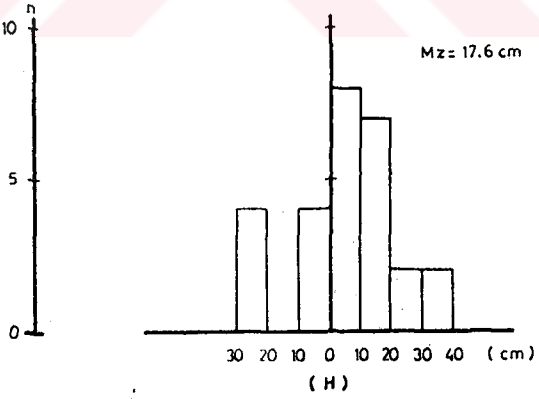
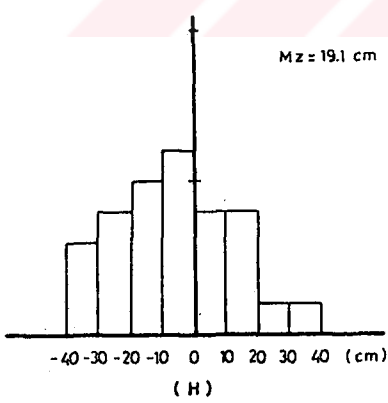
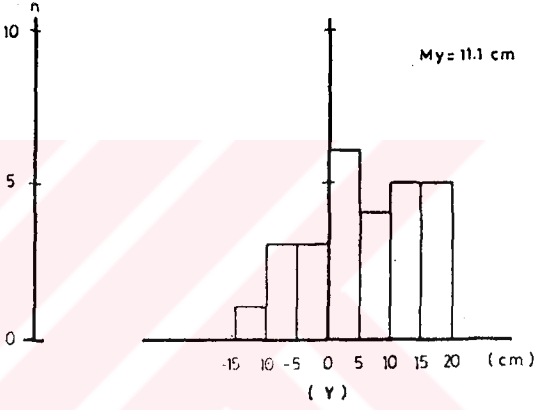
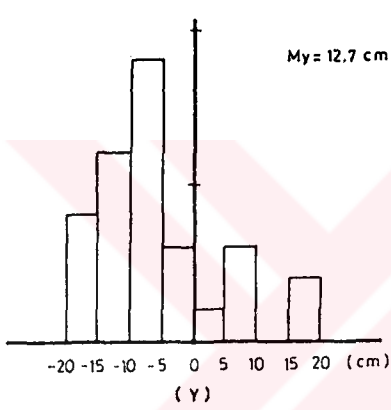
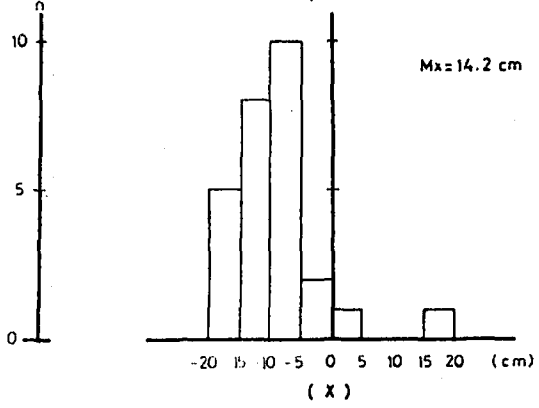
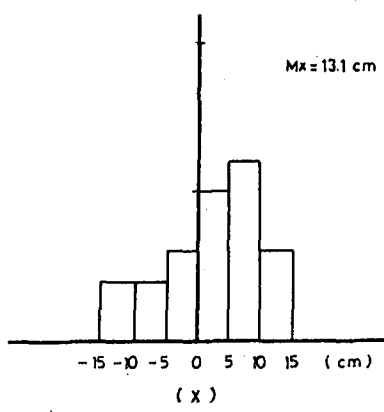
3.3.5. KONUM PRESİZYONU

Arazi koordinat değerlerinden, fotogrametrik olarak bulunan koordinat değerlerinin çıkartılması ile elde edilen M_x , M_y karesel ortalama hatalarından elde edilen karesel ortalama konum hataları M_{xy} her iki test alanı için Tablo 3.2'de 6.ve 8.sütunlarda görülmektedir.

Karesel ortalama hatalarda düzenli (sistemik) hata etkileri tam olarak görüldüğünden, bu değerler elde edilen nokta presizyonunu birim ağırlığın karesel ortalama hatasına (M_{OL}) göre daha iyi karakterize ederler. Çünkü ikinciler bilhassa az sayıdaki yerleştirme noktasında yalnız blokun iç presizyonunu belirlemektedir [7].

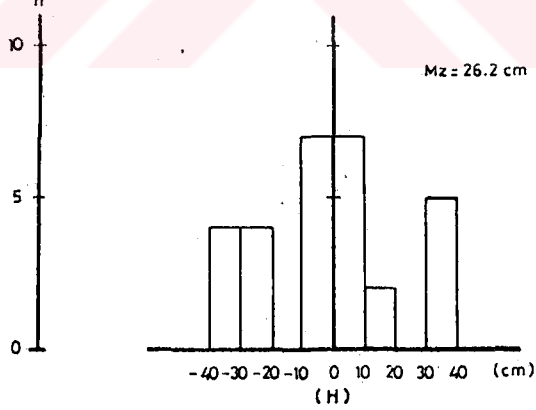
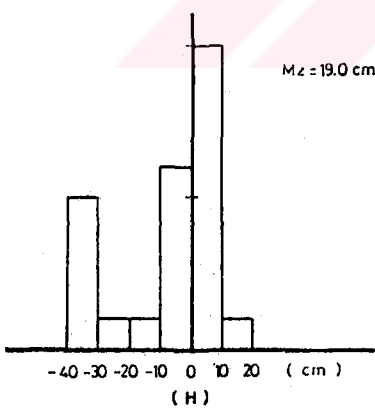
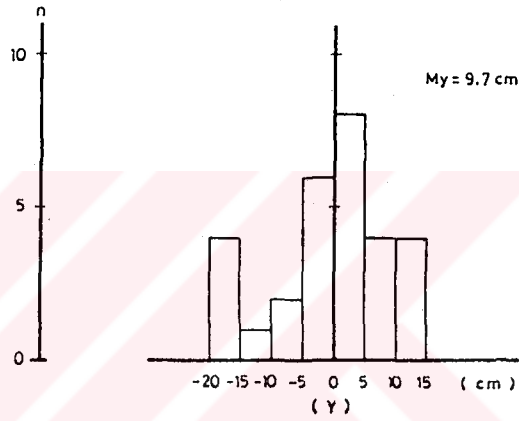
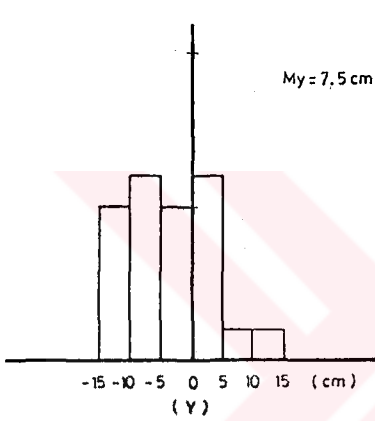
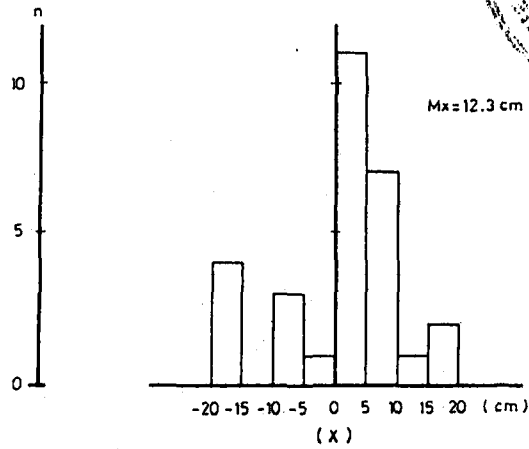
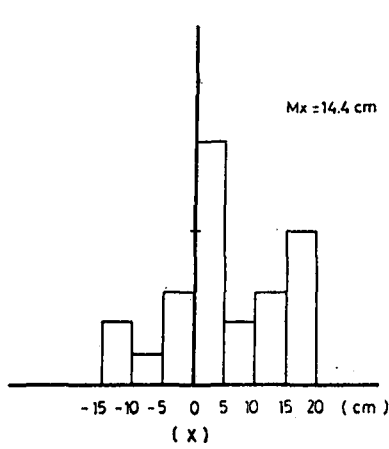
Dengelenmiş arazi koordinat değerleri ölçülen resim koordinatlarının fonksiyonu olduğundan karesel ortalama nokta hatasının, hataların artma yasasına göre belirlenmesi gerekir [10]. Ancak sayısal hesap güçlükleri nedeniyle normal denklem sisteminin tamamının enversinin alınması mümkün olmadığından (M_{OL}) ile çarpılması gereken kofaktör belirtilememektedir. Ancak bu kofaktörlerin büyüklükleri teorik araştırmalarla saptanmıştır [44].

M_{OL}/M_{xy} (Tablo 3.2-12.sütun) değerleri teorik değerlere oranla oldukça küçük değerlerdir. Buradan da birim ağırlığın karesel ortalama hatasının (M_{OL}) elde edilen presizyonu çok az bir şekilde belirleyebildiği tekrar görülmektedir. Bu değer, resim koordinatlarındaki düzenli hata etkileri yanında mevcut sabit nokta ağında



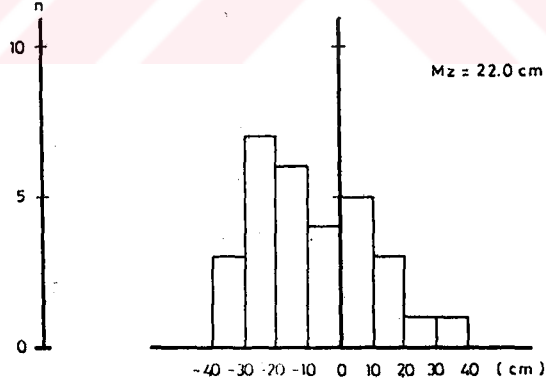
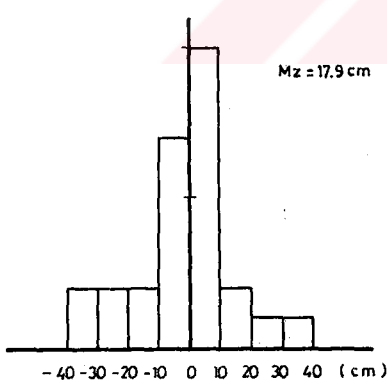
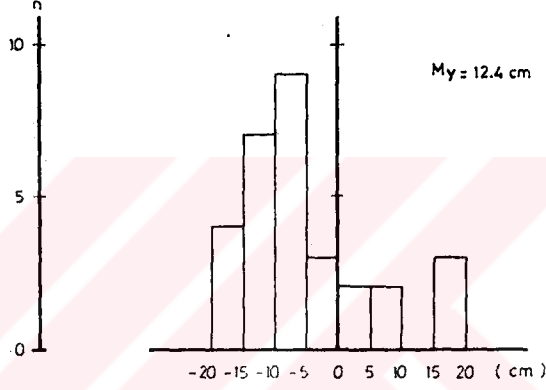
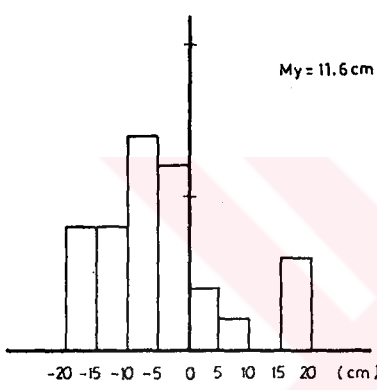
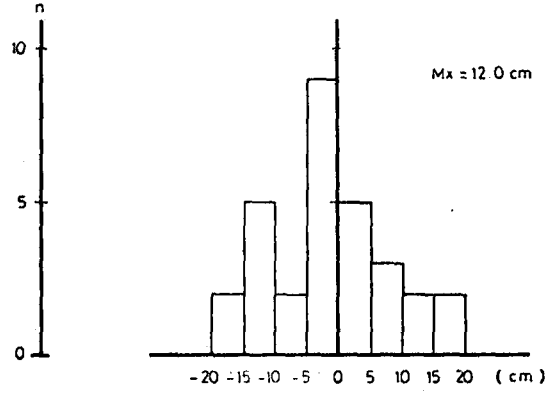
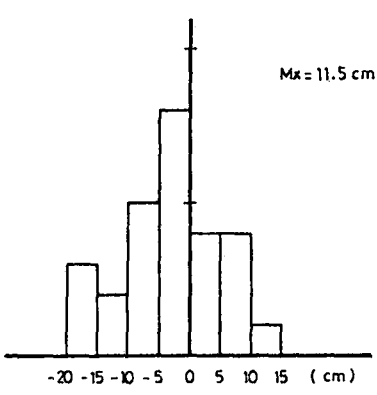
Şekil 3.13- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.1 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

Şekil 3.14- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.2 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı



Şekil 3.15- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.3 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

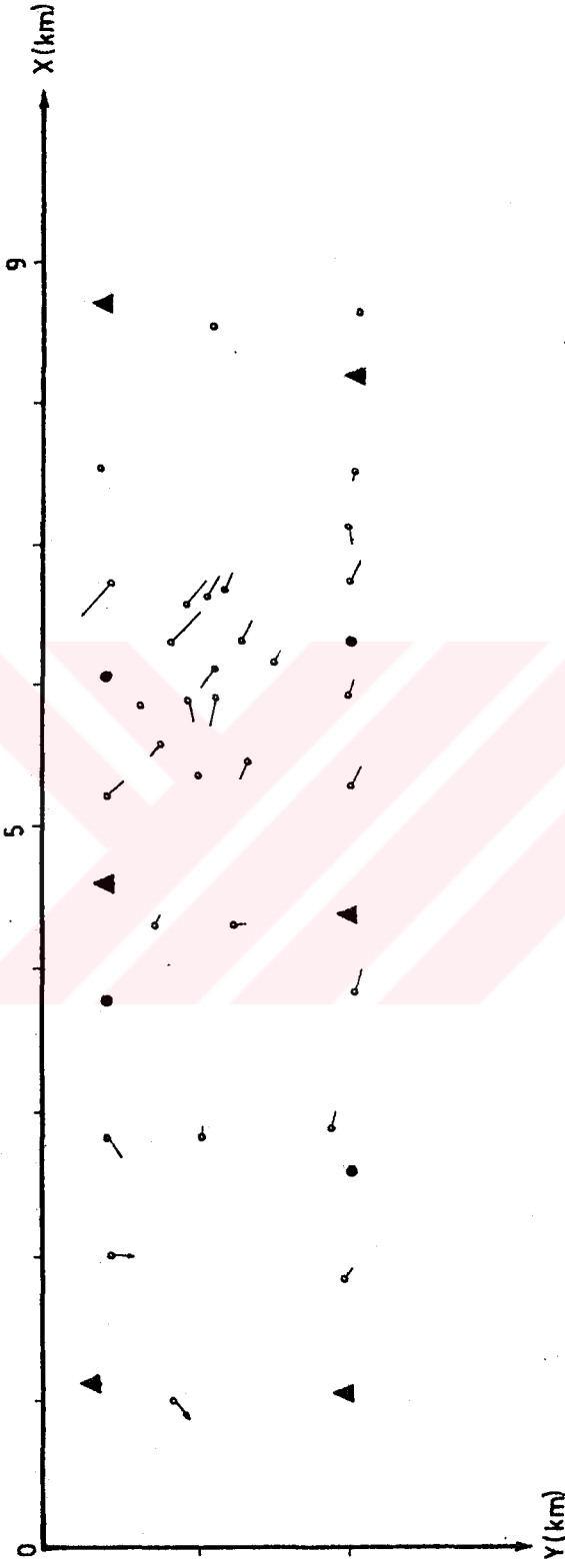
Şekil 3.16- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.4 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Histogramı



Şekil 3.17- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.5 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

Şekil 3.18- Gramastetten Test Blok Deney Düzeni 1.6 İçin Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

0 50 100 cm

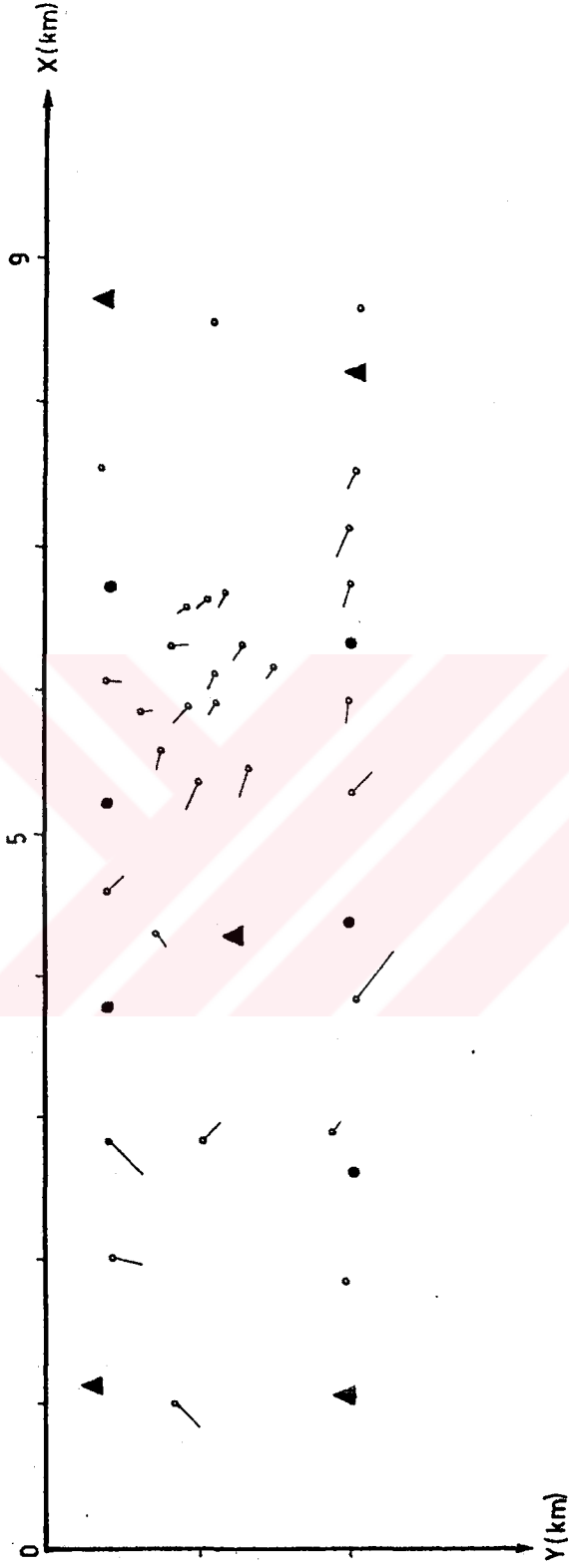


- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

Şekil 3.19- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.1 için Konum Kalıcı Hatalarının Şerit içindeki Dağılımı



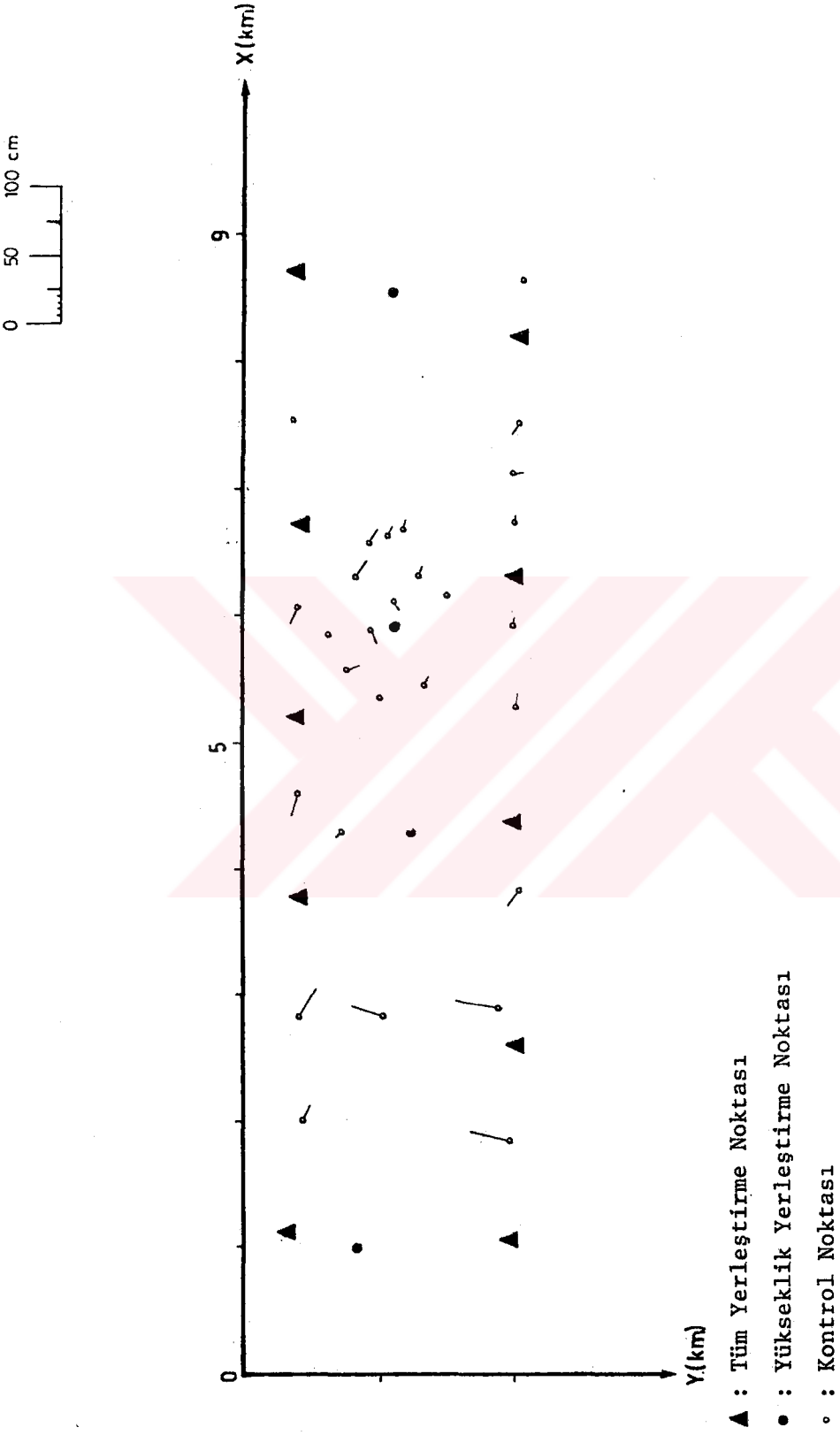
0 50 100 cm



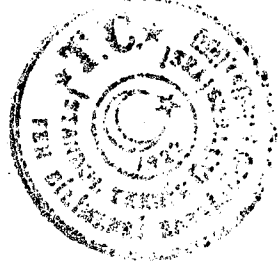
- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

Şekil 3.20- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.2 için Konum Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı

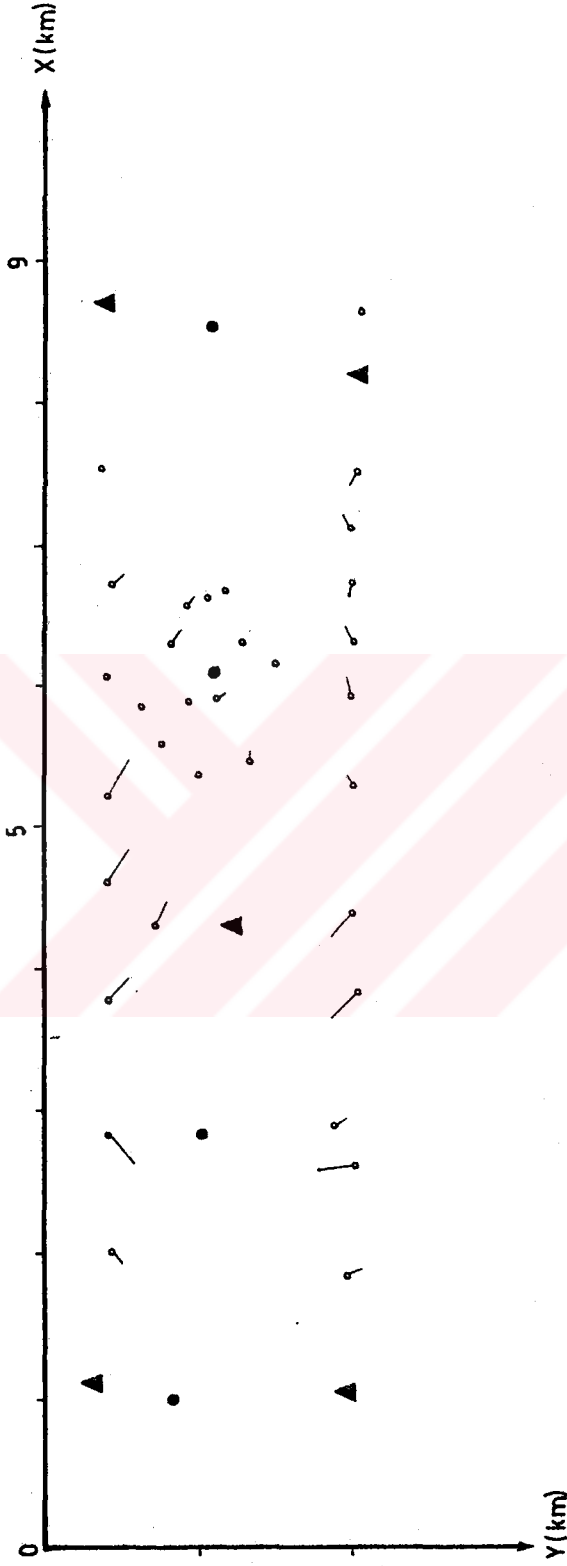




Şekil 3.21- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.3 için Konum Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı



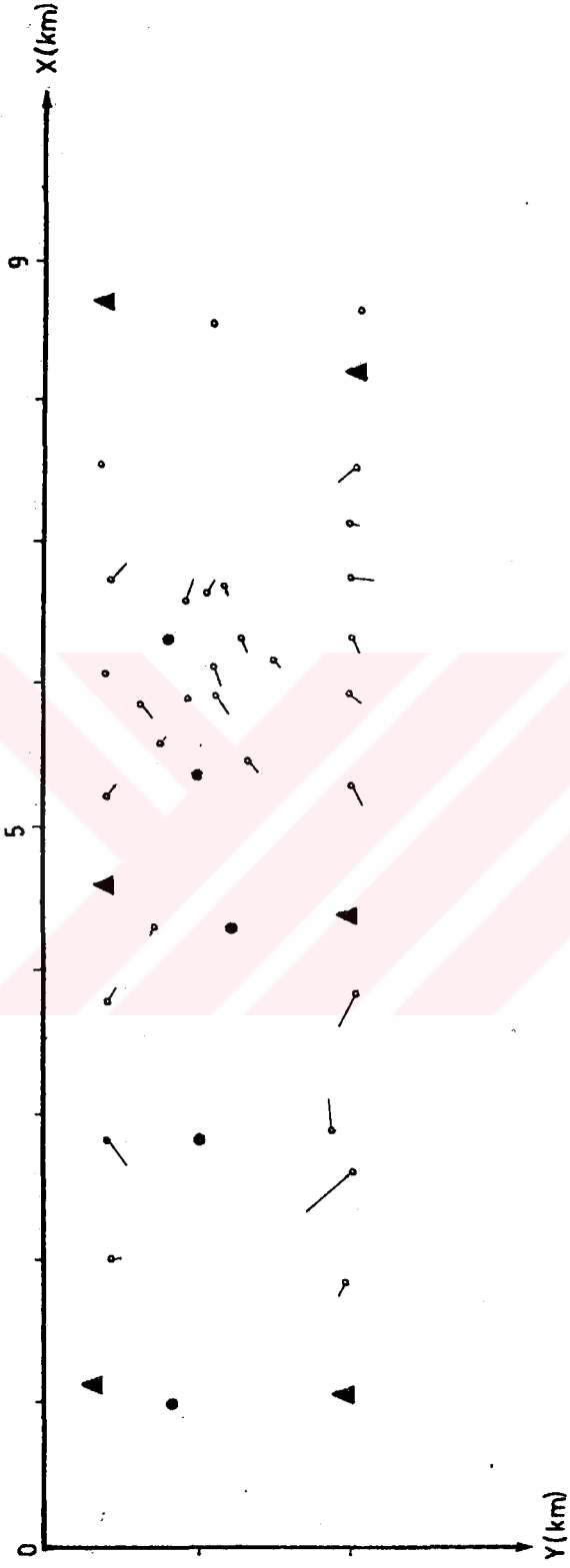
0 50 100 cm



- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

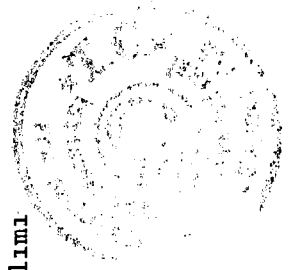
Şekil 3.22- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.4 için Konum Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı

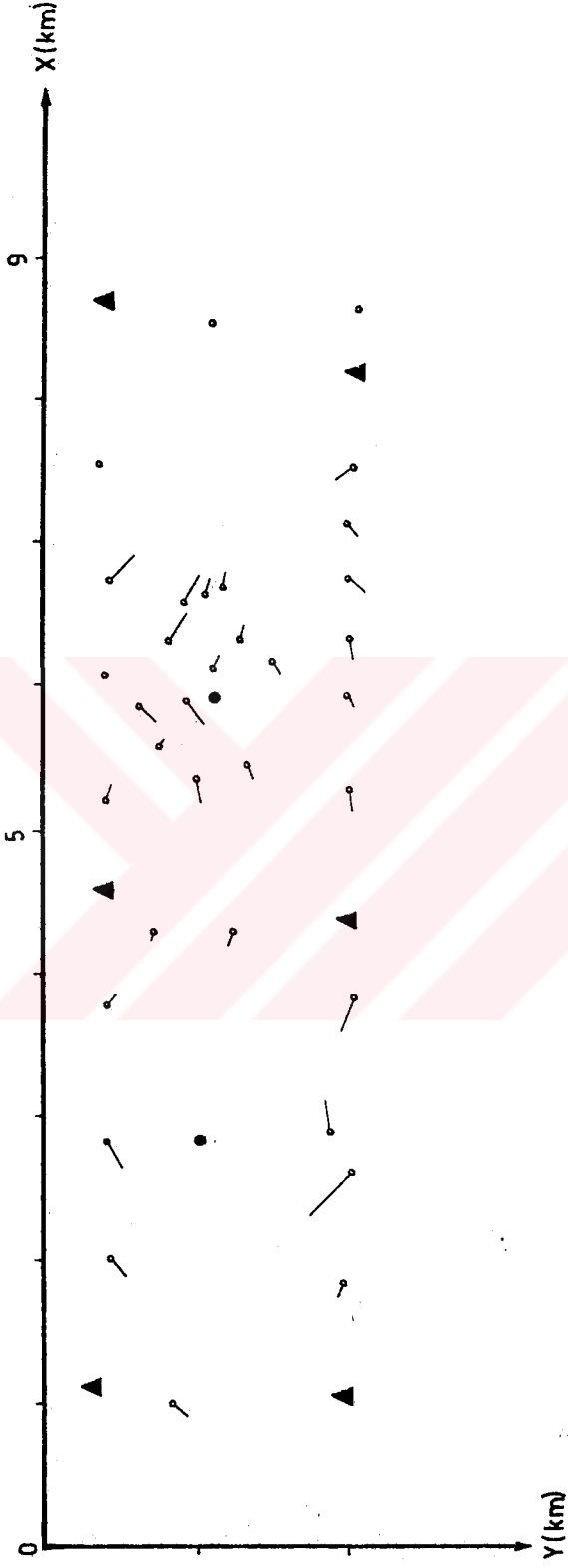




- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

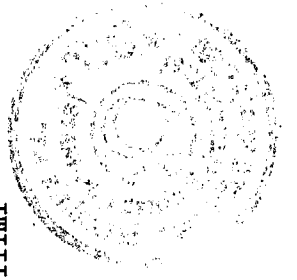
Şekil 3.23- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.5 için Konum Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı

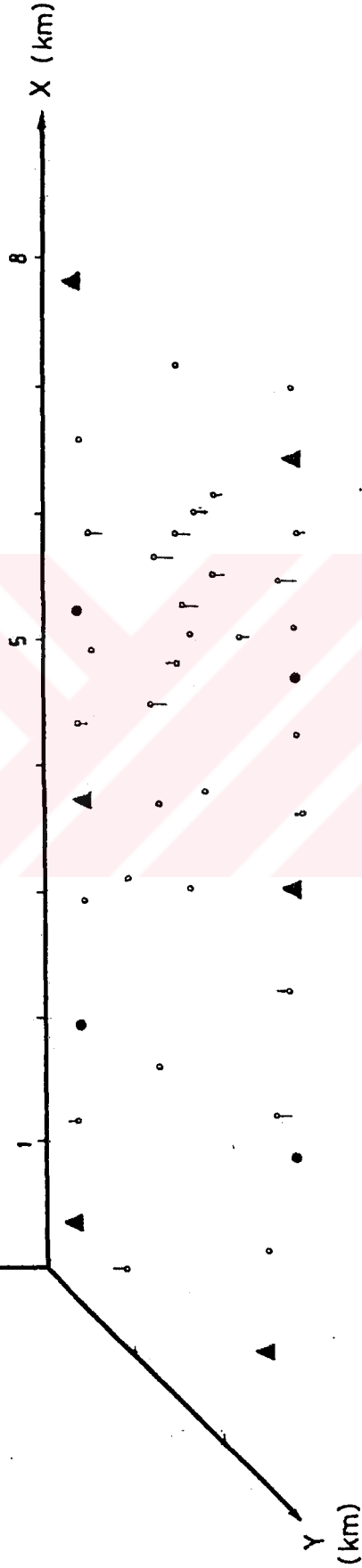
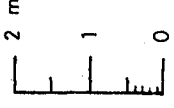




- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- ° : Kontrol Noktası

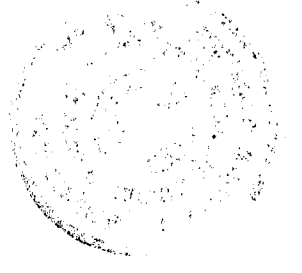
Şekil 3.24- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.6 İçin Konum Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı

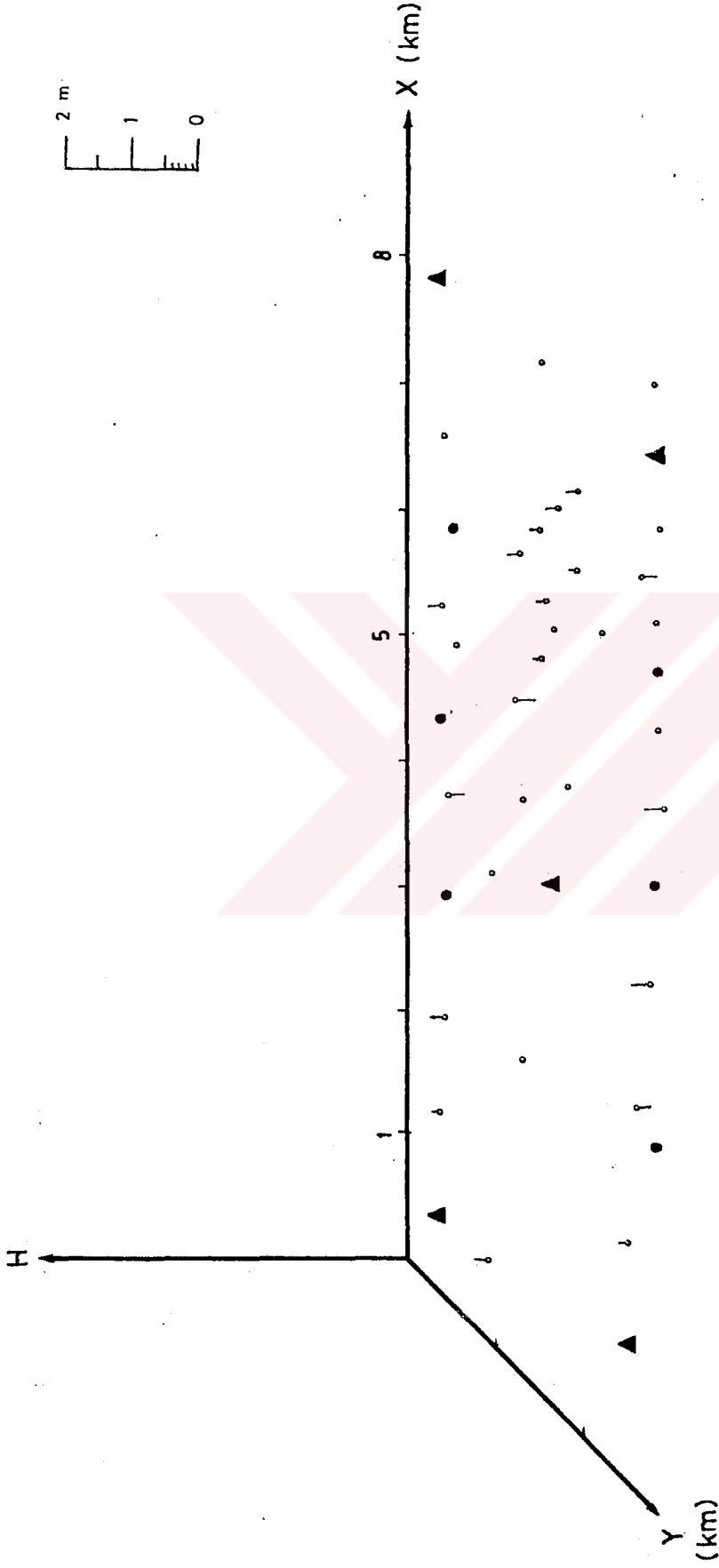




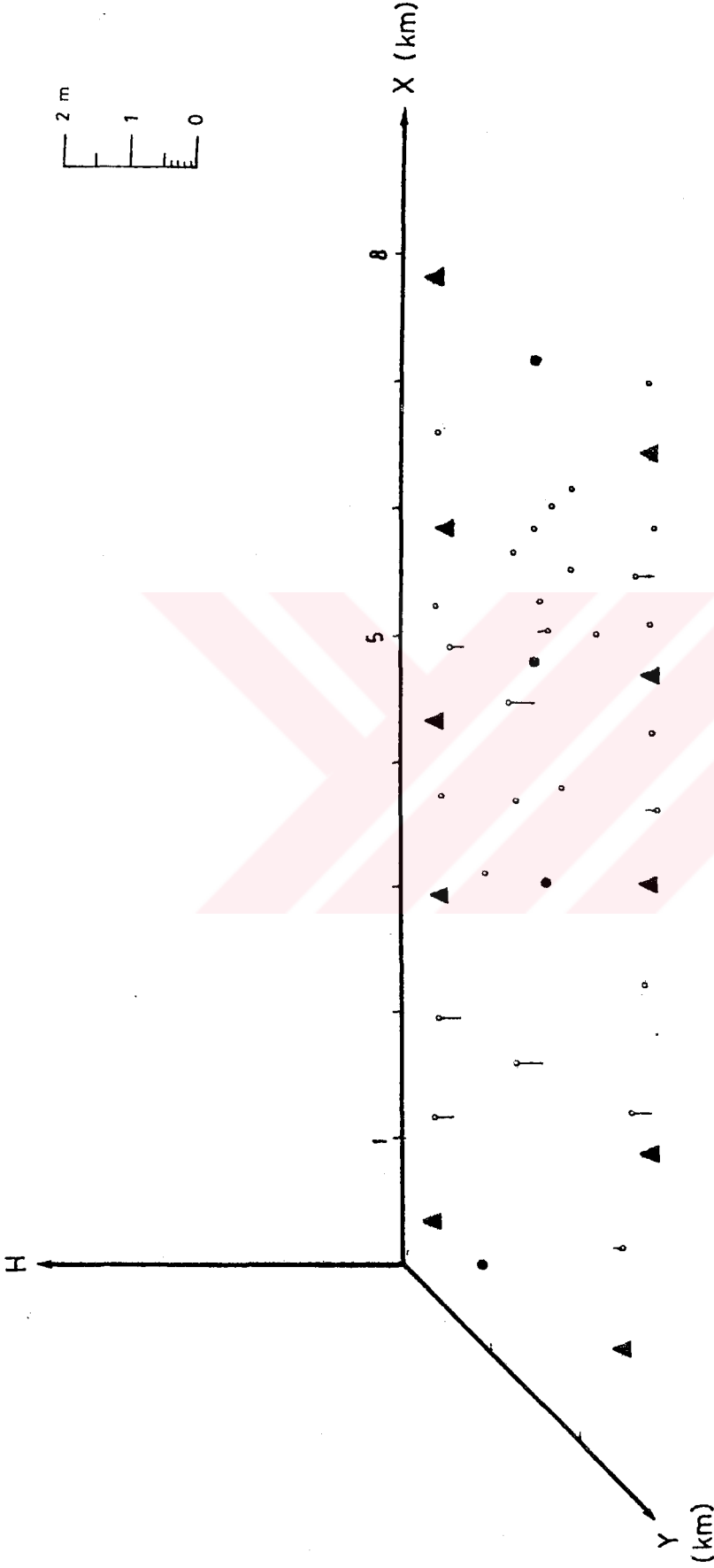
- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

Şekil 3.25- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.1 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Serit içindeki Dağılımı



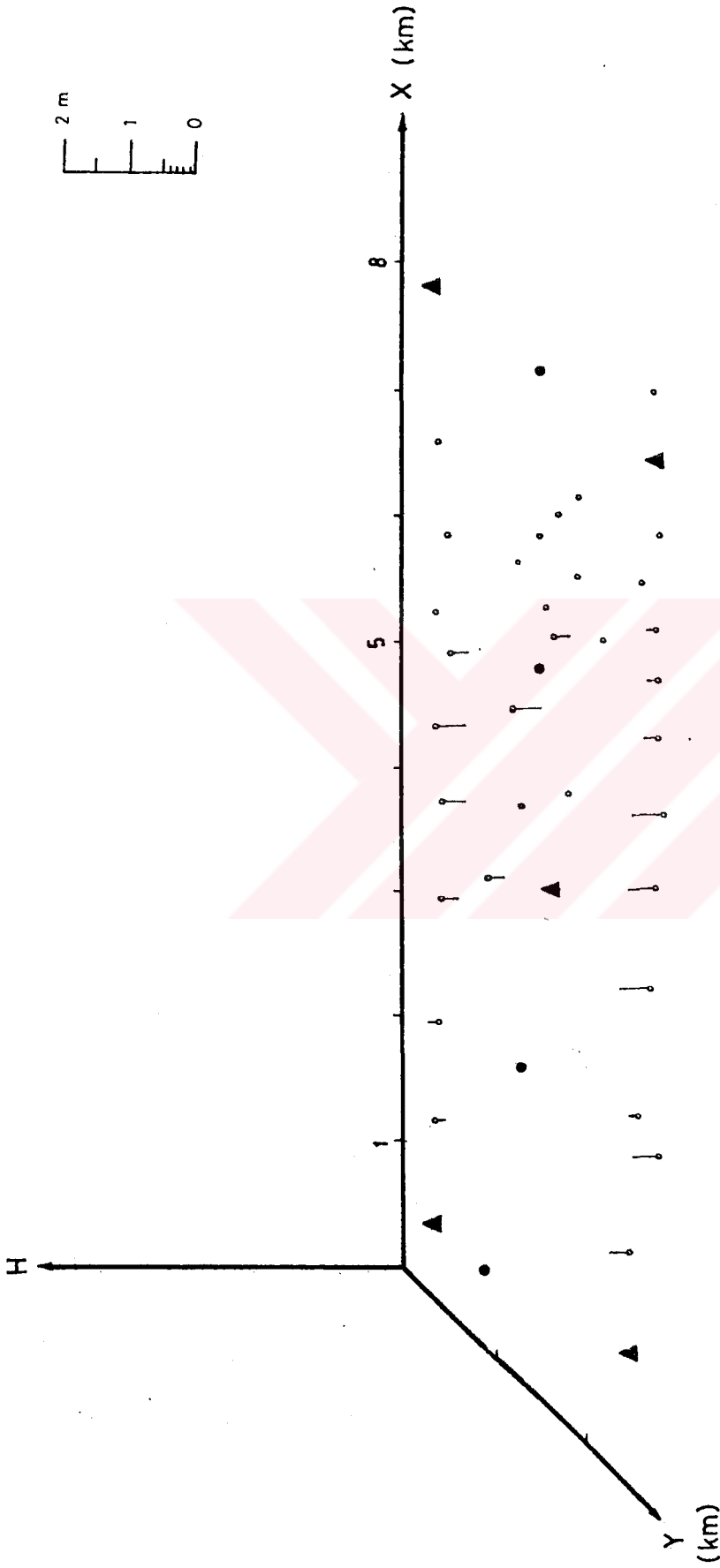


Şekil 3.26- SPACE OPTİK Ölçmesi DeneyDüzeni 1.2 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Serit İçindeki Dağılımı



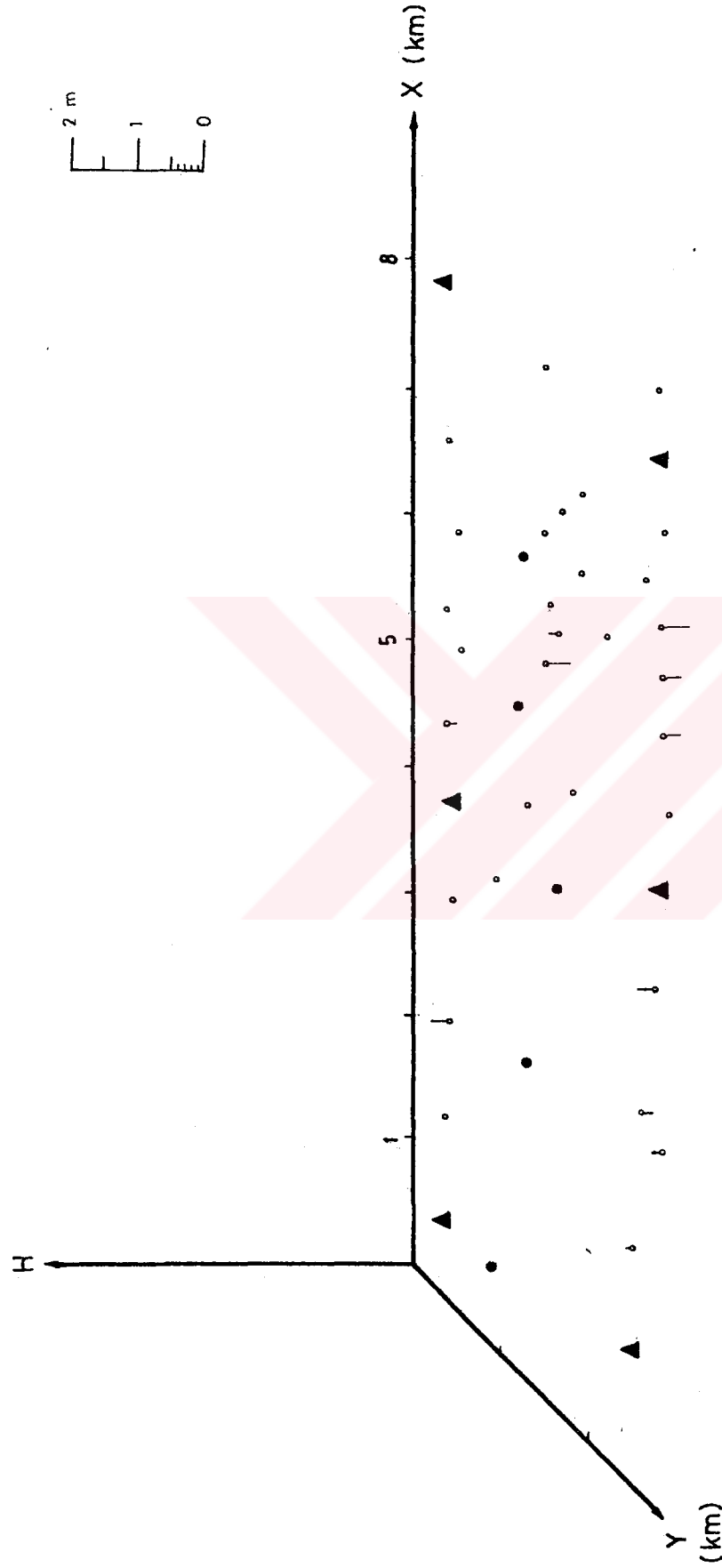
- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

Şekil 3.27- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.3 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Serit İçindeki Dağılımı

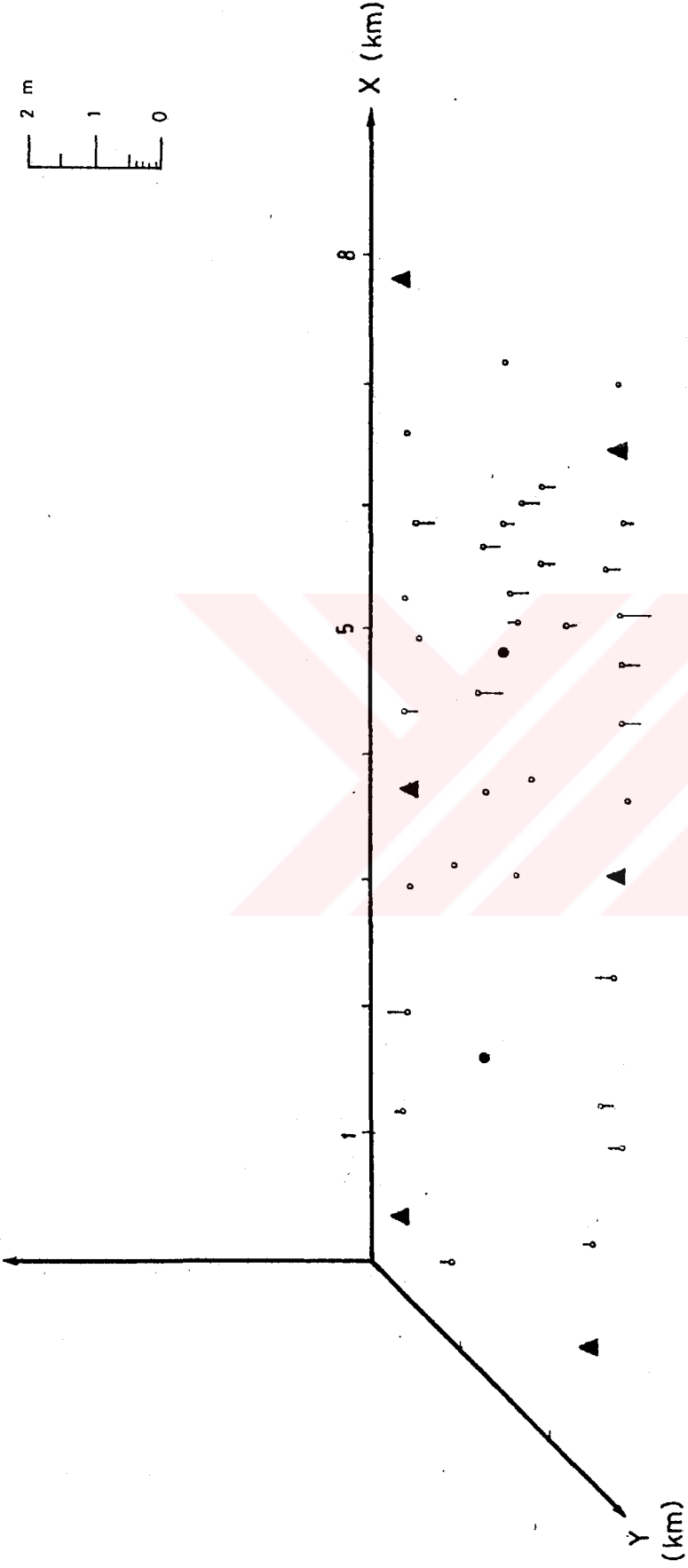


- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

Şekil 3.28- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.4 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı



Şekil 3.29- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.5 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı

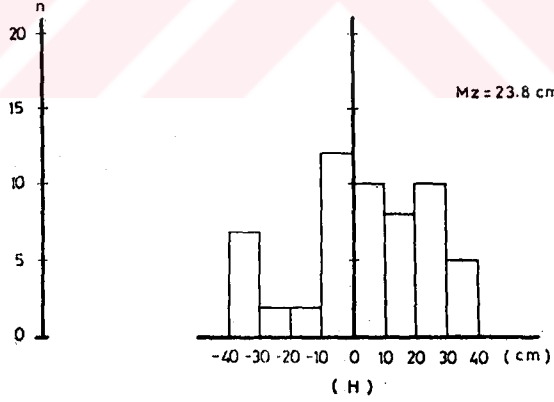
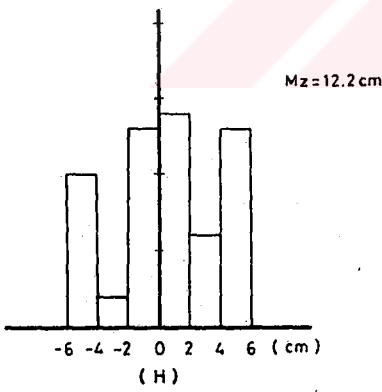
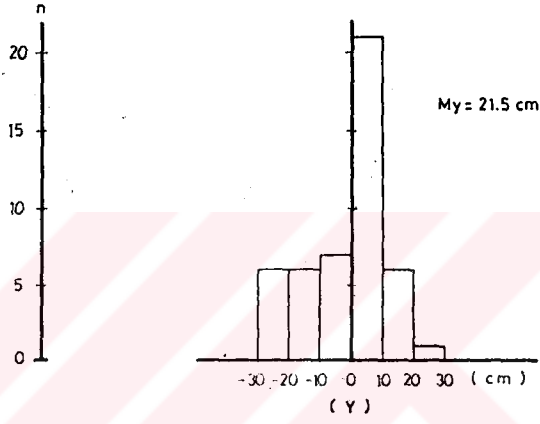
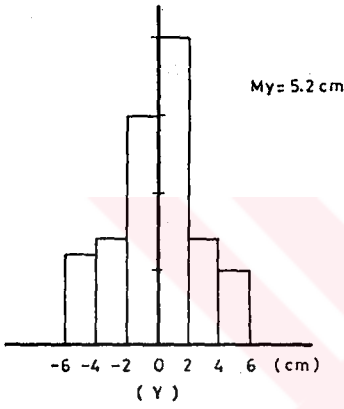
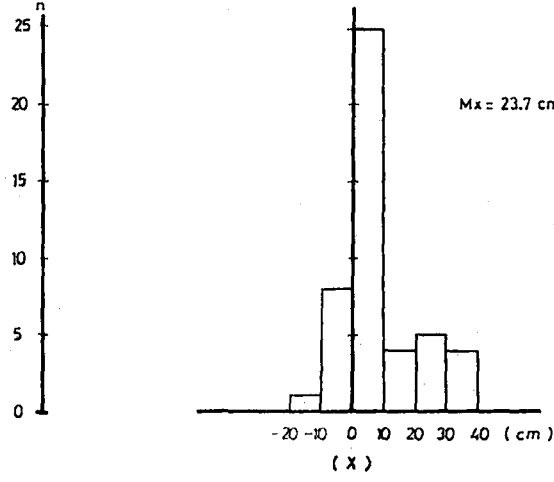
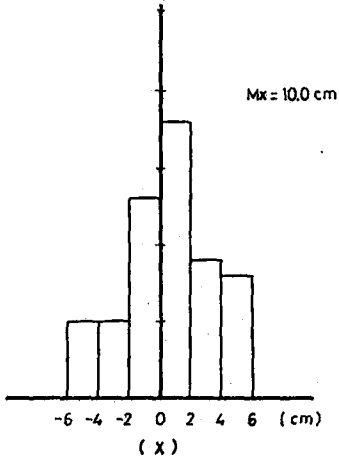


▲ : Tüm Yerleşirme Noktası

• : Yükseklik Yerleşirme Noktası

○ : Kontrol Noktası

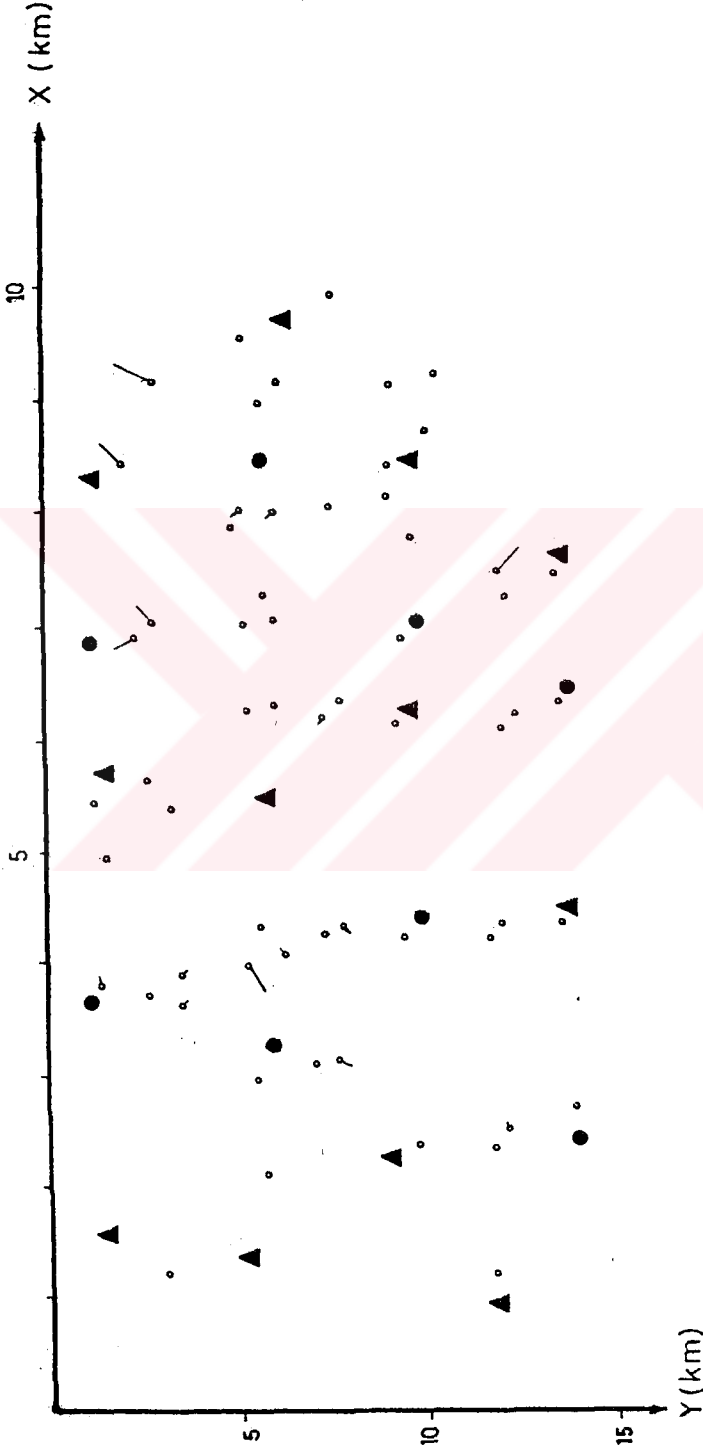
Şekil 3.30- SPACE OPTİK Ölçmesi Deney Düzeni 1.6 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Şerit İçindeki Dağılımı



Şekil 3.31- Cumbrion Test Blok Deney Düzeni 2.1 için Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

Şekil 3.32- Cumbrion Test Blok Deney Düzeni 2.2 için Kontrol Noktalarına Ait Kalıntı Hata Histogramı

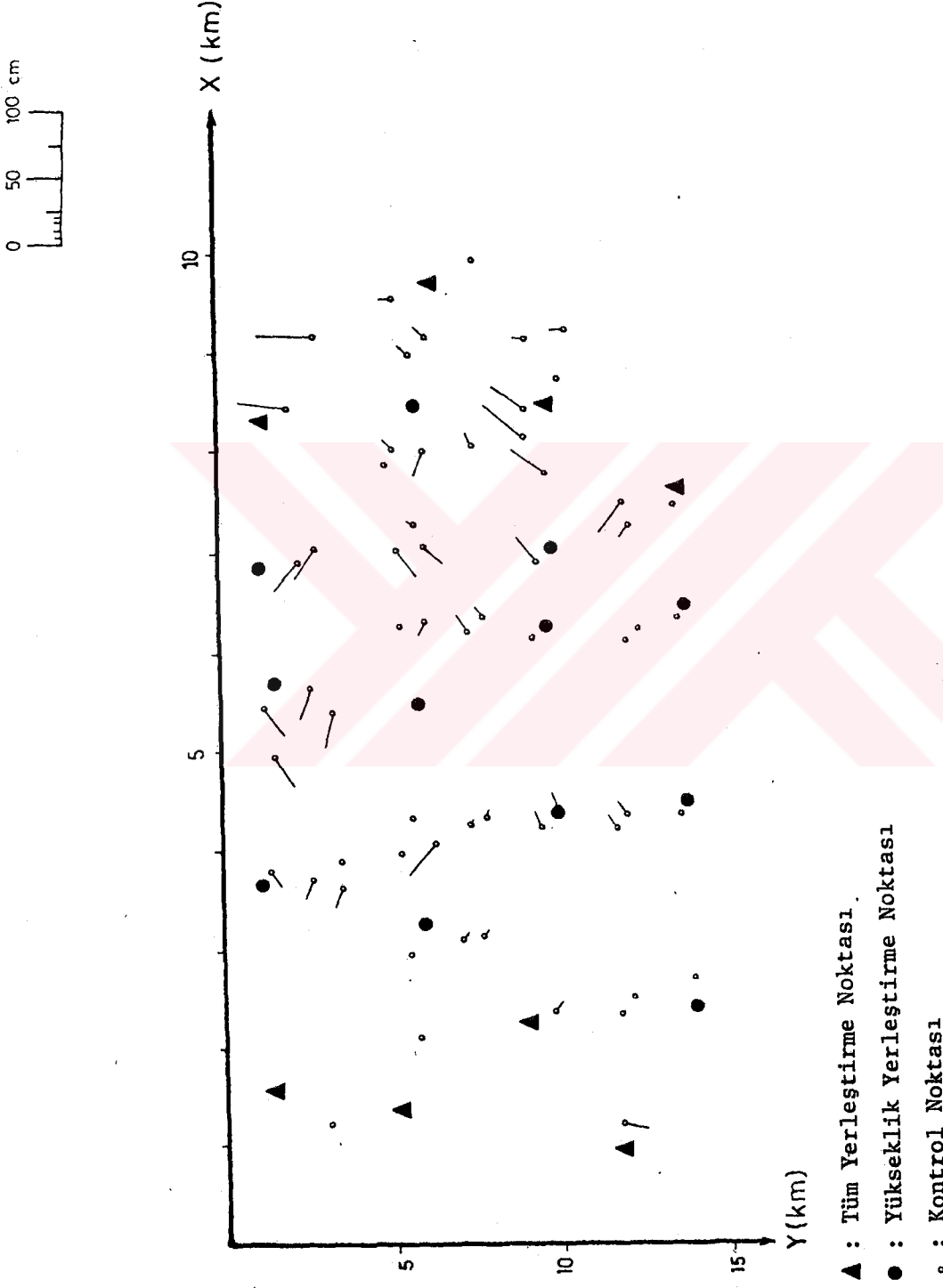
0 50 100 cm



- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
● : Yükseklik Yerleştirme Noktası
○ : Kontrol Noktası

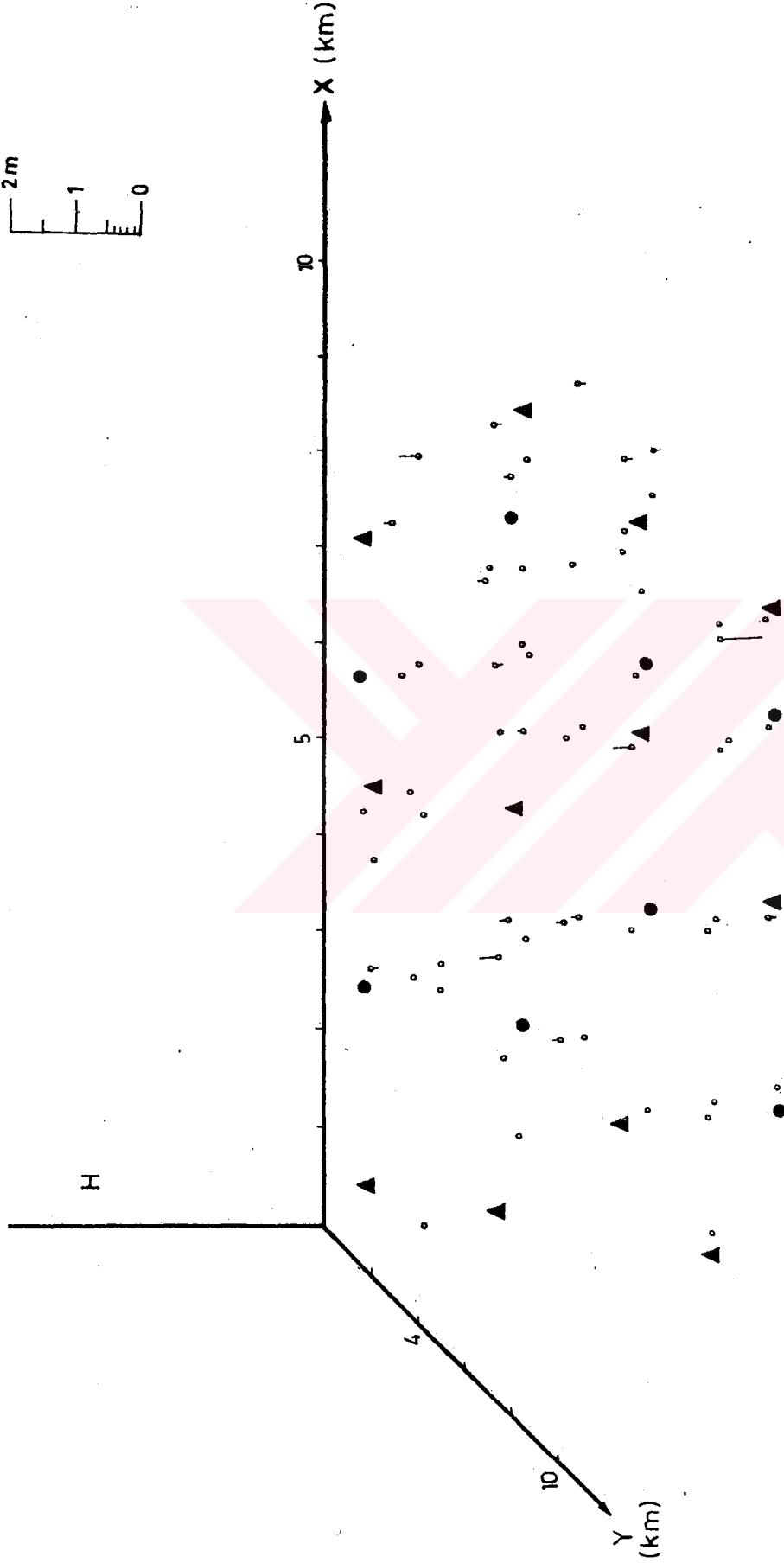
Şekil 3.33- HILGER WATTS Ölçmesi Deney Düzeni 2.1 için Konum Kalıcı Hatalarının Blok İçindeki Dağılımı





- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- : Kontrol Noktası

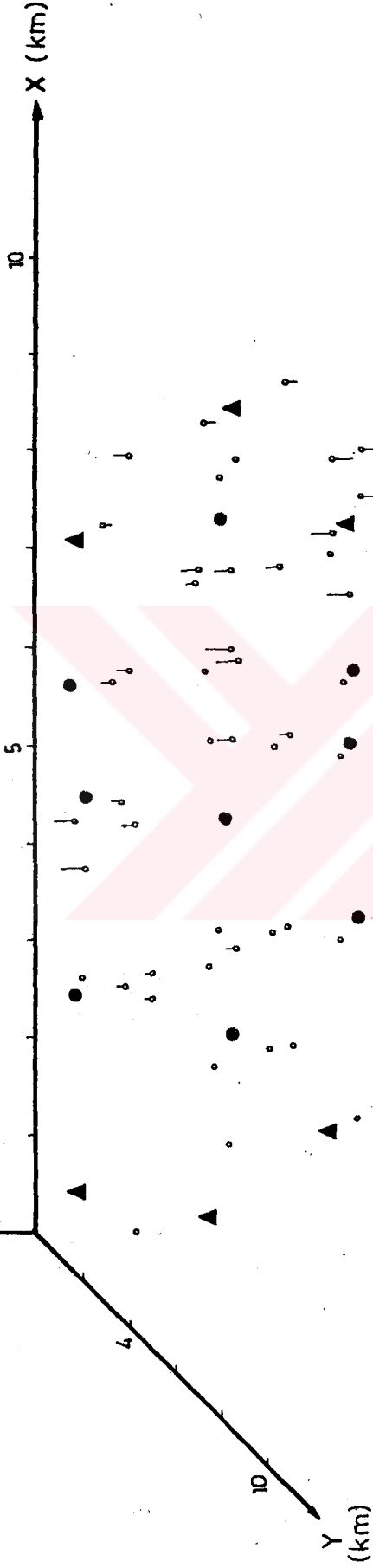
Şekil 3.34- HILGER WATTS Ölçmesi Deney Düzeni 2.2 için Konum Kalıcı Hatalarının Blok içindeki Dağılımı



- ▲ : Tüm Yerleştirme Noktası
- : Yükseklik Yerleştirme Noktası
- ° : Kontrol Noktası

Şekil 3.35- HILGER WATTS Ölçmesi Deney Düzeni 2.1 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Blok İçindeki Dağılımı





▲ : Tüm Yerleştirme Noktası

● : Yükseklik Yerleştirme Noktası

○ : Kontrol Noktası

Şekil 3.36- HILGER WATTS Ölçmesi Deney Düzeni 2.2 için Yükseklik Kalıcı Hatalarının Blok İçindeki Dağılımı

var olan zıtlık ve dengesizliklere de dayanmaktadır [7].

Artan yerleştirme noktası sayısı ile blokun mutlak presizyonunun arttığı görülmektedir. Örneğin Deney Düzeni 2.1, Deney Düzeni 2.2 ye göre mutlak konum presizyonunda (M_{xy}) % 65 lik bir artım oranı sağlanmıştır.

3.3.6. YÜKSEKLİK PRESİZYONU

Yükseklik presizyonu (M_z) arazi biriminde "cm" ve uçuş yüksekliği-ne bağlı olarak her bir deney düzeni için ayrı ayrı hesaplanmıştır (Tablo 3.2 - 5 ve 7. sütunlar). Her iki değerde artan yükseklik yerleştirme noktası sayısı ile azalmaktadır. Örneğin Deney Düzeni 2.1 ve 2.2 ye göre yükseklik presizyonunda artım oranı % 49 dur.

Yükseklik presizyonundaki (% 0.1 H) lik sınır değeri Deney 1.4 ve Deney 1.6 da aşılmıştır. Yükseklik presizyon değeri koordinat ölçmeleri yapılan aletin presizyonu ve operatörün yeteneği ilede yakından ilgilidir [7].

3.3.7. HİSTOGRAM VE KALICI HATA ŞEKİLLERİNİN İNCELENMESİ

Her bir deneye ait histogramlar incelenecek olursa X ve Y için çizilen histogramların yükseklik (Z) için çizilen histogramlara göre herhangi bir test uygulamaksızın normal dağılıma yakın olduğu görülmektedir. Yükseklik (Z) için elde edilen histogramlar artan yerleştirme noktası sayısı ile çok modlu eğri karakterini kaybetmektedir. Yine artan yerleştirme noktası sayısı ile X ve Y koordinatlarındaki hata dağılımının genliği düşmekte ve orta eksen de birikme başlamaktadır.

Kalıcı hata dağılım şekilleri incelendiğinde, konum ve yükseklik ötelenmeleri şiddetlerinin artan yerleştirme nokta sayısı ile azaldığı bir kez daha görülmektedir. Ötelenmeler yerleştirme noktaları yakınında küçük değerler almakta ve bu noktalardan uzaklaştıkça artmaktadır.

3.3.8. GRAMASTETTEN TEST ALANININ DEĞİŞİK ÖLÇMELERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARLA KIYASLAMA

Gramastetten bloku ALTAN [7], OEEPE (Organisation Europeenne d'Etudes Photogrammatiques Experimentales) [60] ortak araştırmasına konu olmuştur.

ALTAN [7], stereo ve mono-komparatörler arasında gerek aletsel gerek kesin dengeleme yönünden karşılaştırma yaparak, her iki aletin fayda ve mahzurları ile ölçme yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlara işaret etmiş ve elde edilen sonuçlara göre bugün yüksek presizyon isteyen kadastro hizmetlerinde ne şekilde kullanılabileceğini araştırmıştır. Bu amaçla ALTAN [7], Gramastetten blokunda (orta şeritin ilk 10 resmi dahil olmak üzere) değişik yerleştirme noktası düzenleri ve değişik koordinat ölçme aletleri ile yaptığı koordinat ölçme değerlerini demet dengelemesine tabi tutarak elde ettiği sonuçları diğer araştırmacıların [60] sonuçları ile kıyaslamasını yapmıştır.

OEEPE [55], Gramastetten blokunun orta şeritini deneysel araştırmaları için kullanmıştır. OEEPE'nin uyguladığı yerleştirme noktalarının düzeni, Deney Düzeni 1.4'e benzerdir.

Gramastetten blokunun tümü hem demet yönteminin çalışma kapasitesini kontrol etmek hemde OEEPE'nin araştırmaları ile bir karşılaştırma yapmak amacıyla SSPO (Schweizerische Schule für Photogrammetrie Operateure) ve ETH-Z (Institut für Geodasie und Photogrammetrie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich) tarafından yapılan ortak bir araştırmada da incelenmiştir [60].

ALTAN [7] ve SSPO ETH-Z [60] araştırmalarında benzer yerleştirme noktası düzeni ve aynı tür koordinat  l me aleti (STK 1 Stereokomparat r) ile demet dengelemeden elde ettikleri presizyonlar için Tablo 3.3 düzenlenmiştir.

Tablo 3.3 ALTAN [7] ve SSPO ETH-Z [60] 'in Elde Ettigi Sonuçlar.

	Birim Ağırlığın K.O.H. (μ m)			Karesel Ortalama Hatalar (cm)				Max. Değerler (cm)		MOL / Mxy Mz / Zo H	
	Mo	Mo	Mo	Mx	My	Mxy	Mz	Mxy	Mz		
ALTAN	5.8	6.9	9.0	5.5	9.7	11.2	14.4	37.2	44.0	1.24	0.09
SSPO ETH-Z	3.1	5.0	5.9	8.3	10.9	12.9	24.0	42.0	58.0	2.40	0.16

OEEPE'nin [55], Gramastetten blokunun orta řeridinin demet dengelemesine ilişkin sonuçlar ve bu çalıřmadaki Deney Düzeni 1.4 den elde edilen sonuçlar Tablo 3.4 de özetlenmiştir.

Tablo 3.4 OEEPE [55] Ve Deney Düzeni 1.4 den Elde Edilen Sonuçlar.

	Mxy	Mz
	(cm)	(cm)
OEEPE	26.0	38.0
DENEY DÜZENİ 1.4	15.6	26.2

Tablo 3.3 incelenirse benzer yerleştirme noktası düzeni kullanmalarına rağmen ALTAN'ın [7] kullandığı blokta orta şeridin ilk [10]



resmi, bloka dahil edilmiştir. SSPO ve ETH-Z'nin [50] kullandığı blok, Gramastetten blokunun tamamıdır.

Tablo 3.4'den de görüldüğü gibi Deney Düzeni 1.4'den elde edilen değerlerin daha presizyonlu olduğu sonucuna varılabilir. Ancak OEEPE'nin [55] bloku Gramastetten blokunun orta şeritine, Deney Düzeni 1.4 ise ilk şeritine ait bulunmaktadır.

3.3.9. CUMBRIAN WEST TEST ALANININ DEĞİŞİK ÖLÇMELERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARLA KIYASLAMA

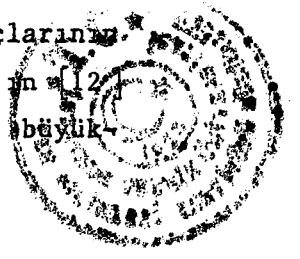
Cumbrian West test alanı BAZ'ın [12] kapsamlı bir araştırmasına konu olmuştur. BAZ [12] bu araştırmasında test alanında oluşturduğu değişik büyüklükteki bloklarda demet yönteminin büyük bilgisayarlarda (ICL 2980/DAP, ICL 2988) ve vektör bilgisayarlarda (CRAY-1S) işletim zamanı üzerindeki etkilerini incelemiştir.

BAZ'ın [12] oluşturduğu test bloklarından bir tanesinin (Cumbrian West test alanının ilk üç şeriti ve her şeritte 20 resimden oluşan 60 resimlik bir blok) ICL 2988 büyük boy bilgisayarında dengelenmesi sonucu elde edilen sonuçlar Tablo 3.5'de verilmiştir. Bir karşılaştırma yapmak üzere bu çalışmada kullanılan Deney Düzeni 2.2'ye ait sonuçlar da Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5 BAZ [12] ve Deney Düzeni 2.2 den Elde Edilen Sonuçlar.

	Resim Sayısı	M ₀ (cm)	M ₀ (cm)	M _{xy} (cm)	M _z (cm)	Resim Noktalarındaki Ortalama Hata (µm)
BAZ [10]	60	2.6	7.0	115.5	94.5	6.0
DENEY DÜZENİ 2.2	15	1.4	1.4	22.7	23.8	7.1

Tablo 3.5'den de görüldüğü gibi Deney Düzeni 2.2 nin sonuçlarının daha presizyonlu olduğu sonucuna varılabilir. Ancak BAZ'ın [2] kullanmış olduğu blok Deney Düzeni 2.2 ye göre 4 kat daha büyüktür.



3.4. KARAYOLLARI İÇİN SAYISAL UYGULAMA

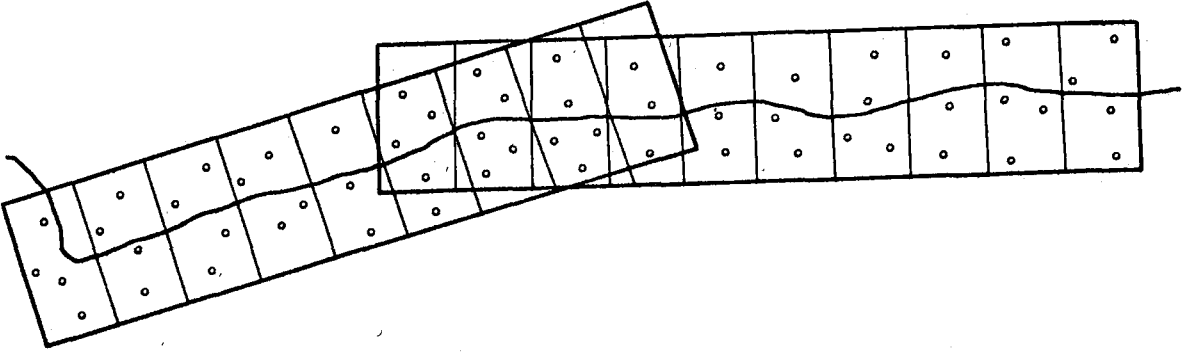
Karayolu güzergahlarının seçimi ve yerleştirilmesinde ülke gerçeklerinin dikkate alınarak demet yönteminden elde edilecek presizyonun irdelenmesi amacıyla Türkiye'den bir uygulama alanı seçilmiştir.

Uygulama alanı, Karayolları Genel Müdürlüğünce fotogrametrik olarak etüd alımı planlanan Konya - Antalya Devlet Yolunun Seydişehir - Akseki kesimindedir. Uygulama alanı karakteristik bir arazi yapısına sahip olup dalgalı bir arazi yapısından başlayıp Orta-Batı Torosların vadileri boyunca uzanmaktadır. Ortalama arazi yüksekliği 1500 m ila 2000 m arasında değişmektedir. Uygulama alanına ait bazı bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

Uçuş Tarihi	: 1970
Uçuş Şekli	: 10 resimlik bir şerit 9 resimlik bir şerit
Örtü Oranı	: % 60 boyuna
Resim Ölçeği	: 1:7000
Resim Çekme Makinası	: WILD RC 5 (152.79 mm ; 23 cm x 23 cm)
Uçuş Yüksekliği	: Yeryüzünden itibaren ortalama 1100 m

Uygulama alanı toplam 10 km uzunlukta olup bu alanda 58 jeodezik nokta mevcuttur. Tüm bu noktalar resim çekiminden önce arazide işaretlenmiş ve koordinatları (X, Y, Z) jeodezik yöntemlerle belirlenmiştir. Tüm koordinat değerleri ülke nirengi ağına dayalı olup yapılan araştırmada noktaların $M_p = \pm 9.7$ cm konum, $M_h = \pm 12.3$ cm

yükseklik presizyonuna sahip oldukları görülmüştür. Bu çalışmada gizlilik nedeniyle hesaplamalarda nokta koordinatlarının öte- lenmiş değerleri kullanılmıştır. Uçuş, güzergahın gereği olarak iki ayrı şerit şeklinde yapılmış olup toplam 19 resim vardır. Şeritlerin oluşturduğu yapı Şekil 3.37'de görülmektedir.



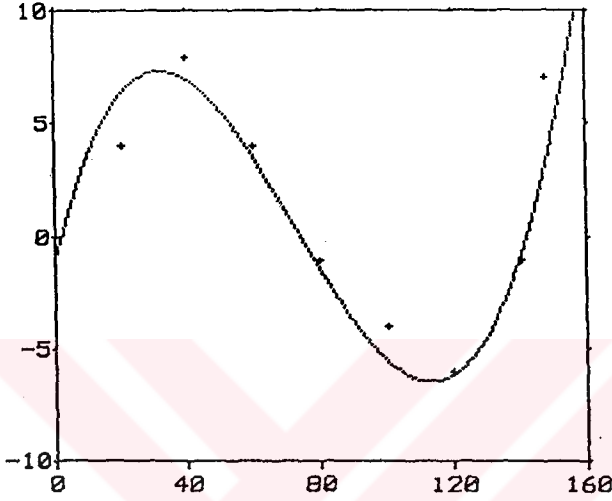
Şekil 3.37- Uygulama Alanının Yapısı

Resim noktaları koordinatları bir karşılaştırma yapabilmek amacıyla analitik (C 115 - Planicomp) ve analog değerlendirme aletlerinde (Topocart B) ayrı ayrı ölçülmüşlerdir. Ölçmelerde diapozitif altlıklar kullanılmış olup tüm nokta koordinatları sistematik etkilerden arındırılmıştır. Resim çekme makinasına ait distorsiyon değerleri ışınsal uzaklığa bağlı olarak Tablo 3.6'da, distorsiyon eğrisi de Şekil 3.38'de verilmektedir. Sistematik etkiler olarak mercek distorsiyonu, atmosferik ışın kırılımı ve yer küreselliği düzeltmeleri dikkate alınmıştır. Alet koordinat sisteminden resim koordinat sistemine dönüşümde düzgün film büzülmesinin etkisi de giderilmiştir. Mercek distorsiyonu düzeltmesinin hesabında National Ocean Survey (N.O.S.) kurumunun [43] matematik modeli esas alınmıştır. Atmosferik ışın kırılımı hesabında ise standart atmosfer birimi esas alınmıştır.



Tablo 3.6 Resim Çekme Makinası Distorsiyon Değerleri
(Kalibre Edilmiş $f=152.79$ mm)

İşinsal Uzaklık (mm)	20	40	60	80	100	120	140	148
Distorsiyon (μ m)	+ 4	+ 8	+ 4	+ 1	- 4	- 6	- 1	+ 7



Şekil 3.38- Resim Çekme Makinası Distorsiyon Eğrisi.

3.4.1. ANALİTİK ÖLÇMELER

3.4.1.1. KULLANILAN ALETİN TANITILMASI

Analitik ölçmeler için Harita Genel Komutanlığı bünyesinde bulunan C 115 Planicomp (Carl Zeiss Oberkochen) analitik değerlendirme aleti kullanılmıştır. Planicomp serisinin en güçlüsü olan C 115 aleti;

- Bilgisayar destekli grafik çizim ve planimetrik bilgilerin depolanması,



- Bilgisayar destekli sayısal arazi modeli verilerinin elde edilmesi ve işlenmesi,
- Bilgisayar destekli fotogrametrik triyangülasyon ölçümü ve dengeleme,
- Sayısal yöneltme işlemleri

gibi birçok işlevi yerine getirebilecek şekilde donatılmıştır.

C 115 Planicomp aleti, aletsel donanım olarak;

- Optik-mekanik ölçüm birimi,
- Elektronik kontrol birimim,
- HP 1000 A 900 minibilgisayar ve çevre birimleri,
- D2 - 7P otomatik çizim masası

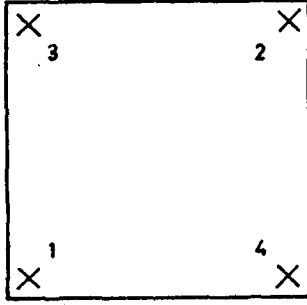
birimlerinden oluşmaktadır

24 cm x 24 cm boyutuna kadar olan resimlerin değerlendirilebildiği bu alet çapı 20 μ m veya 40 μ m olarak değişebilen siyah yada ışıklı nokta şeklinde bir ölçme göstergesi düzenine sahiptir. Analitik alet, ayrıca Bağımsız Modellerle Blok Dengeleme (PAT-MR), Işın Demetleri İle Blok Dengeleme (PAT-BS), sayısal arazi model ölçümü, iç, karşılıklı, mutlak ve masa yöneltme programları gibi hizmet yazılımlarına da sahiptir [56].

3.4.1.2. RESİM KOORDİNATLARININ ÖLÇÜLMESİ

Resim koordinatları analitik aletle stereoskopik olarak (modeller şeklinde) ölçülmüştür. Her resmin 4 orta nokta bulucusu ve resim noktaları aynı anda ölçülmüşlerdir. Resim orta nokta bulucularının ölçme sırası bu noktalar arasındaki uzaklıklar Şekil 3.39'da görülmektedir.

Resim Orta Nokta Bulucuları
Arasındaki Uzaklıklar
(mm)



$$1-3 = 212.000$$

$$3-2 = 212.001$$

$$2-4 = 212.002$$

$$4-1 = 211.989$$

$$1-2 = 299.807$$

$$3-4 = 299.809$$

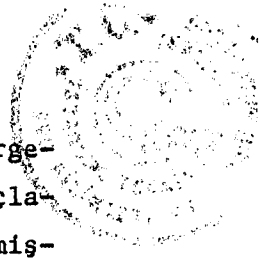
Şekil 3.39- Orta Nokta Bulucularının Ölçme Sırası ve Aralarındaki Uzaklıklar.

3.4.2. ANALOG ÖLÇMELER

3.4.2.1. KULLANILAN ALETİN TANITILMASI

Bu yöntemde koordinat ölçmeleri için Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Fotogrametri Laboratuvarındaki Topocart-B (Carl Zeiss Jena) topoğrafik değerlendirme aleti kullanılmıştır.

Topocart B küçük ve orta ölçekli harita yapımı, mühendislik fotogrametrisi, bağımsız modellerle hava triyangülasyonu çalışmalarında kullanılabilecek şekilde donatılmıştır. Odak uzaklığı 50 mm ile 215 mm arasında değişen resim çekme makinaları ile çekilen yersel yada hava resimlerinin değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Negatif yada diapositif cam, film yada kart altlıklarla da değerlendirme yapılabilmektedir. Ayrıca alet donanım olarak Orthophot B ortofoto cihazına sahiptir. Odak uzaklığı resim taşıyıcılarına X ve Y yönlerindeki iki ayrı bileşen şeklinde verilebilmektedir. Model bileşenleri de aletde $b_x = 240$ mm, $b_y = 240$ mm, $b_z = 70$ mm



-320 mm sınırları arasında uygulanabilmektedir. Ölçme göstergesinin çapı 60 μ m olup ışıklı nokta şeklindedir. X - Y - Z sayacıları göstergeleri mekanik olup 0.01 mm inceliğinde bölümlendirilmiştir. Aletin çizim masası ışıklı olup 900 mm x 1200 mm boyutlarındadır.

3.4.2.2. ALETİN PRESİZYONUNUN BELİRLENMESİ

Analog ölçme yönteminde değerlendirme aletinin bir monokomparatör olarak kullanılması yoluna gidilmiştir [28]. Ancak her bir projekte ölmelere geçmeden önce aletin mono grid ölçmeleriyle aletin presizyonu belirlenmelidir.

Aletin presizyonu, yani yapılacak koordinat ölçmelerinin duyarlılığı grid ölçmeleri ile saptanmış ve Tablo 3.7 deki değerler elde edilmiştir [70], [5], [67].

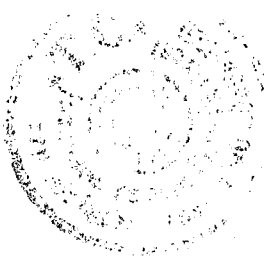
Gözlemlerin karesel ortalama hataları ayrı ayrı F - testin'e (Fischer) tabi tutulup aletin kendisinden beklenen performansı yerine getirip getirmediği test edilmiştir [9]. Test sonuçlarına göre (Tablo 3.7) aletin anlamlı bir performans değerine sahip olduğu görülmüştür.

3.4.2.3. RESİM ÜZERİNDE NOKTA KOORDİNATLARININ ÖLÇÜLMESİ

Topocart B değerlendirme aletinin sağ projektörü, sol projektöre oranla daha presizyonlu görünmektedir (Tablo 3.7). Bu presizyon oranı;

n = 15 nokta durumunda % 9

n = 25 nokta durumunda % 50

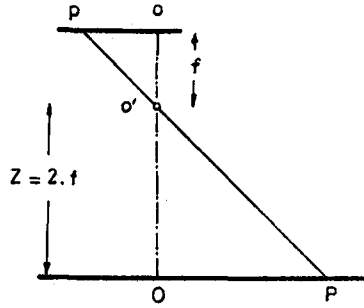


dolayında olmaktadır. Bu nedenle ölçmelerde sağ resim taşıyıcısı kullanılmıştır. Değerlendirme aletinin herhangi bir resim taşıyıcısını bir monokomparatör olarak kullanabilmek için resmin tamamının aletin X - Y bileşenlerinin hareket alanı içine girmesi gerekir. Bu nedenle tüm yöneltme elemanları (bx, by, bz, ϕ , ω , κ) başlangıç değerlerine ayarlanır [28]. Ölçme süresince c ve Z'nin başlangıçta ayarlanan değerleri (f=152.79 mm, Z=305.58 mm, Z=2.f) korunmuştur. Grid ölçmeleri süresince de aynı değerlerle ölçmeler sürdürülmüştür. Her resimde orta nokta işaretleri ve tüm resim noktaları ikişer kez ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Bu durumda P gibi bir noktaya (Şekil 3.40) ait resim koordinat değerleri;

$$x_p = - (f/Z) \cdot X_p \quad ; \quad y_p = - (f/Z) \cdot Y_p \quad (3.15)$$

Tablo 3.7 Mono Grid ölçmeleri sonunda elde edilen sonuçlar ve Test Büyüklükleri [70].

	Nokta Sayısı	bx (mm)	Düzeltilmiş Koordinatın Duyarlılığı (μ m) İzdüşümde	Grid Düz.	F hesap	F . tablo
SOL RESİM TAŞIYICI	15	180	8.6	4.3	0.19	1.98
	25	0	4.5	2.3	0.20	3.00
SAG RESİM TAŞIYICI	15	180	7.9	3.9	0.62	1.98
	25	0	3.0	1.5	0.09	3.00



Şekil 3.40

olarak bulunur. Buradaki X_p ve Y_p değerleri aletin sayacından okunan değerlerin resim orta noktasına indirgenmiş büyüklükleridir.

Bu değerlerde;

$$\begin{aligned} X_p &= X_{göz} - X_c \\ Y_p &= Y_{göz} - Y_c \end{aligned} \quad (3.16)$$

olup, X_c ve Y_c orta noktanın koordinatları, $X_{göz}$ ve $Y_{göz}$ ise aletin sayacından okunan değerlerdir. Orta nokta koordinatları ise;

$$\begin{aligned} X_c &= (X_1 + X_2 + X_3 + X_4) / 4 \\ Y_c &= (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) / 4 \end{aligned} \quad (3.17)$$

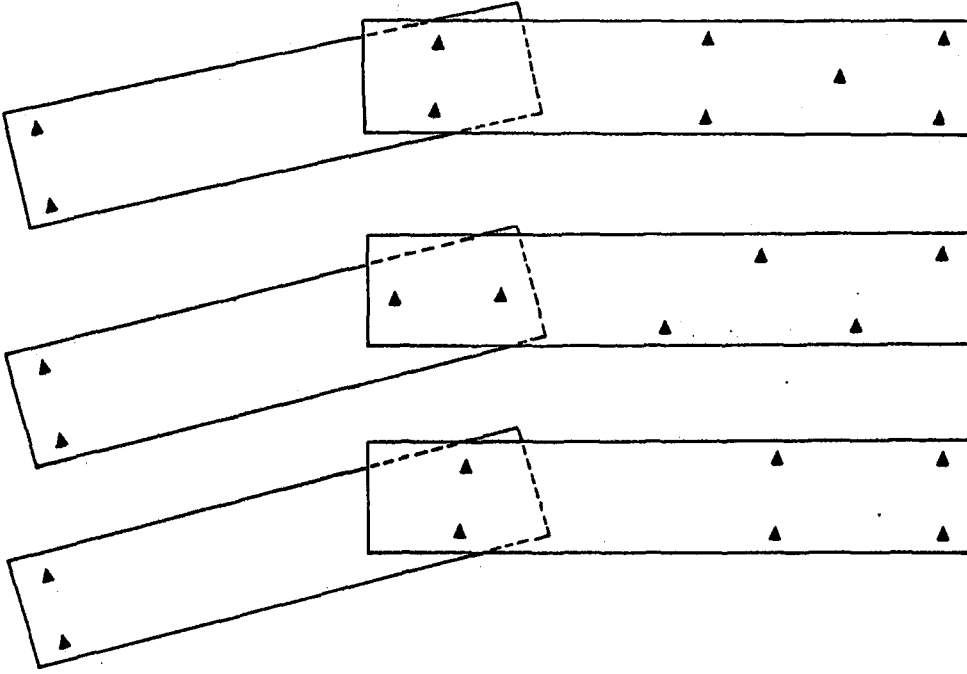
eşitlikleri ile 4 resim köşe noktalarının koordinatlarının ortalaması ile bulunur.

Resim koordinat değerleri (X_p , Y_p) daha sonra sistematik etkilerden arındırılmıştır.

3.4.3. DEMET YÖNTEMİNE GÖRE DENGEME

Ölçmeler Bölüm 3.2'de anlatılan demet yöntemine göre dengelenmiştir. Demet yöntemine göre dengelemede 3 değişik yerleştirme noktası düzeni seçilmiştir. Yerleştirme noktalarının düzenleri Şekil 3.41'de görülmektedir.

Analitik ve analog alettaki ölçmelerin sonuçlarının bir karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla yerleştirme noktası düzenleri her iki yöntemde aynen alınmıştır. Aynı deney düzenleri analitik alet için 3.1 - 3.2 - 3.3 ; analog alet için de 4.1 - 4.2 - 4.3 olarak bahsedilecektir. Şeritler arası bağlantıyı sağlamak üzere ortak alanda iki adet tüm yerleştirme noktası seçilmiştir. İlk şeridin son üç resmi ile, ikinci şeridin ilk üç resmi ortak alana sahip bulunmaktadır.



▲ : Tüm Yerleştirme Noktası

Şekil 3.41- Uygulama Alanında Yerleştirme Noktası Düzenleri.

Analitik ve analog değerlendirme aleti ölçme sonuçlarının, aynı yerleştirme noktası düzenleri ile demet dengelemeden elde edilen sonuçları Tablo 3.8 de verilmiştir.

3.4.4. DENGELEME SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Tablo 3.8 de görüldüğü gibi analitik değerlendirme aletinde ölçmelerden elde edilen karesel ortalama hatalar, analog değerlendirme aletindeki ölçmelerden elde edilen karesel ortalama hatalara oranla konumda (M_{xy}) 2.6, yükseklikte (M_z) 5.3 kez daha iyidir.

Analitik değerlendirmeden elde edilen sonuçların Bölüm 3.3'de söz konusu edilen test alanlarından elde edilen sonuçlarla (Tablo 3.2) aynı düzeyde oldukları söylenebilir. Üstelik uygulama alanındaki



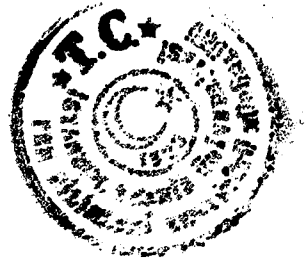
Tablo 3.8 Sayısal Uygunluk Alanı Yerleştirme Noktası Düzenlerine Göre Blok Dengesinden Elde Edilen Sonuçlar.

ölçme Aleti	Birim Ağırlığın Karesel Ortalama Hatası						Kontrol Noktalarındaki K.O.H.				Resim Noktalarındaki Karesel Ortalama Hatalar				Teorik Degere Oranla Mutlak Doğruluk	
	Resim ölçeğinde			Arazide			Resim ölçeğinde		Arazide		X (μm)	Y (μm)	XY (μm)	MOL / Mxy	MOH / Mz	
	Yükseklik (μm)	Konum (μm)	Yükseklik (cm)	Konum (cm)	Yükseklik (cm)	Konum (cm)	Yükseklik (Zo H)	Konum (μm)	Yükseklik (cm)	Konum (cm)						
Deney Düzenleri	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13			
C-115 PLANICOMP																
Deney Düzeni 3.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.0686	9.6	19.8	17.8	4.6	6.0	5.3	0.01	0.01			
Deney Düzeni 3.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.0773	10.3	22.0	19.2	3.9	4.7	4.3	0.01	0.01			
Deney Düzeni 3.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.0747	14.1	21.2	26.2	4.5	5.5	5.0	0.01	0.01			
TOPOCART - B																
Deney Düzeni 4.1	1.8	0.3	1.3	0.5	0.4118	30.2	116.9	56.1	11.2	11.4	11.3	0.01	0.01			
Deney Düzeni 4.2	2.1	0.2	1.5	0.4	0.4402	32.6	125.0	60.7	10.5	10.6	10.5	0.01	0.01			
Deney Düzeni 4.3	0.7	0.2	0.5	0.4	0.3590	25.7	101.9	47.7	8.9	7.9	8.4	0.01	0.01			

jeodezik noktaların presizyonu, Gramastetten ve Cumbrion West test alanlarındaki jeodezik noktaların presizyonlarına göre oldukça düşüktür. Her ne kadar yürürlükteki yönetmelik ([71], md.299) hükümlerine göre nokta koordinatlarının dengeleme sonucu elde edilecek nokta konum karesel ortalama hatasının ana noktalarda ± 7 cm, kestirme ve dolgu noktalarında ± 15 cm olmasına rağmen uygulamada bu sonuçlara ne kadar yaklaşıldığı gözden uzak tutulmamalıdır. Yüksekliklerde bilindiği gibi ([71], md.300) noktaların 1/3 ünde geometrik, 2/3 ünde de trigonometrik nivelmanla belirlenmektedir. Trigonometrik nivelmanda da ± 10 cm lik bir presizyon ancak elde edilebilmektedir.

Buradan jeodezik nokta presizyonunun dengelemeden elde edilecek sonuçları doğrudan etkileyebileceği sonucuna varılabilir. Üstelik test alanlarında Gramastetten' de resim ölçeği 1/10000, Cumbrian West test alanında ise 1/26000 dir. Bu test alanlarındaki presizyon 1/7000 ölçekli uygulama alanı düzeyine indirgenirse presizyonlar daha da düşer.

Uygulama alanında konum ve yükseklik presizyonunun yerleştirme noktası sayısı ve blok içindeki konumuna bağlı olduğu tekrarlanabilir. Çünkü deney düzeni 2 ve 3 de yerleştirme noktası sayısı aynı iken, blok içindeki konumlarının farklı olması yüzünden elde edilen presizyonlar farklıdır. M_{OL}/M_{xy} ve M_{OH}/M_z değerleri teorik değerlere oranla oldukça küçük değerlerdir. Dengeleme sonunda elde edilen kalıntı hatalara göre çizilecek histogram ve kalıcı hata vektörlerinin Bölüm 3.3'de sözkonusu edilen test alanlarında elde edilen sonuçlara göre aynı karakteri gösterdiklerinden burada tekrar çizilmemişlerdir. Analitik ölçmeler sonucu elde edilen değerler bu durumda uygulamada rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir.



4. EN KESİTLERDE NOKTA BELİRLEME YÖNTEMLERİ VE UYGULAMA

4.1. KULLANILAN YÖNTEMLERİN TANITILMASI

En kesit noktaları grafik, jeodezik veya tümüyle fotogrametrik yöntemin esas alındığı klasik fotogrametrik yada sayısal arazi modeli (SAM) yöntemleriyle belirlenebilmektedir. Sayısal arazi modeline dayanarak planlama, projelendirme, alan, hacim ve diğer hesaplama ve çalışmalara veri tabanı oluşturacak yöntemler henüz ülkemizde çok az uygulama alanı bulabilmiştir. Tekniğin yeni olması, yeni ve modern alet donanımı ile yazılım gerektirmesi gibi pek çok nedenler ülkemizdeki uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulamamasının nedeni olarak söylenebilir.

Burada konu dışında olması nedeniyle grafik ve jeodezik yöntemlere değinilmeyecek sadece fotogrametrik yöntemler incelenecektir. En kesit noktaları fotogrametrik yöntemlerle;

- Klasik fotogrametrik yöntemle yada
- Fotogrametrik modelin baz alındığı sayısal yükseklik modeli (SYM) yöntemleriyle belirlenebilmektedir.

4.1.1. KLASİK FOTOGRAMETRİK YÖNTEM

Klasik fotogrametrik yöntemde, stereo değerlendirme aletinde tüm yöneltilmeler (iç - karşılıklı - mutlak) yapılır ve stereo model oluşturulur. Aletin çizim masasındaki çizici ucu profiloskop yada noktalama projektörü gibi yardımcı gereçler takılır. Bu cihazlar yardımıyla yol projesi (güzergahı) üzerine işlenmiş harita üzerindeki en kesit nokta konumlarına göre stereo model yönlendirilir.

Operatör harita üzerindeki noktanın modeldeki eşlenik noktasına ölçme göstergesini uygulayarak yükseklik değeri (Z)'i okur. Bu değerler bir kayıt ünitesi aracılığı ile (Ek 8, Ecomat v.s.) kaydedilerek bilgisayar giriş ortamına aktarılır.



Klasik fotogrametrik yöntemde en kesit noktaları iki yolla belirlenir. Birincisi orta eksenden itibaren yolun sağ ve solunu belirli aralıklardaki (uzaklıklarda) noktalarla tarayarak yüksekliklerin belirlenmesi yolu, ikincisi ise arazide eğimin değiştiği karakteristik noktalarda yine yolun sağında ve solunda olmak üzere yüksekliklerin belirlenmesi yöntemidir. İkinci yöntemde, modelde arazi eğiminin değiştirdiği noktaların tanınmasında zorluklar olacağından genelde ilk yöntem tercih edilir. İlk yöntemde de eğimin sürekli değiştiği bölgelerde daha sık aralıklarla tarama yapmak suretiyle genel bir çözüm elde edilmiş olur. Genelde noktaların tesbiti kesit nokta şablonları yardımıyla sağlanır.

4.1.2. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ YÖNTEMLERİ

Sayısal yükseklik modelleri, arazi engebelerinin, topoğrafyasının bilgisayara uygun olarak sayısallaştırılmasıdır. Bu yöntemler değişik arazi tiplerinde en az sayıdaki örnekleme noktaları ile arazi modelini temsil ederler. Genelde bu noktalar;

- Rastgele olarak araziye dağılmış,
- Strüktür (yapı), kırık çizgi ve arazinin karakteristik noktaları üzerinde, yada
- Bir ağın kesim noktaları,

olabilmektedir. Örnekleme noktaları; haritaların, jeodezik ölçmelerin veya fotogrametrik modellerin sayısallaştırılması yoluyla belirlenebilmektedir. Sayısallaştırma sonunda belirlenen örnekleme noktaları yüzey enterpolasyonuna yönelik yöntemlerle (B - Spline Yöntemleri, Bezier Yöntemleri, Parametrik Fonksiyon Yöntemleri, Sonlu Elemanlar Yöntemleri v.s.) işlenerek örnekleme noktaları dışında kalan yüzey noktalarının yükseklik değerleri bilgisayarlarda sayısal olarak elde edilir [63], [34].



4.1.3. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLEME YÖNTEMLERİ

Sayısal yükseklik modellerinde genelde iki yöntem söz konusudur.

- Ağ yöntemi
- Üçgenleme yöntemi

AĞ YÖNTEMİ : Bu yöntemde arazi üzerine karesel yada dikdörtgen biçiminde bir ağ plaka sistemi yerleştirilir ve ağın düğüm noktalarının yükseklikleri hesaplanır. Veriler iki şekilde elde edilebilir.

- Fotogrametrik model üzerinden doğrudan ölçmelerle,
- Arazi yüzeyine rastgele olarak dağılmış örnekleme noktalarının ölçümü yoluyla.

Örnekleme noktaları ağ biçiminde değilse, enterpolasyon yoluyla ağ nokta yükseklikleri bulunur.

ÜÇGENLEME YÖNTEMİ : Arazi yüzeyine rastgele yada düzgün olarak dağılmış bulunan örnekleme noktalarının birleştirilmesi ile arazi düzlem üçgenlerden oluşan çok yüzlü (polihedron) bir yüzeyle hesaplanır. Bu şekilde elde edilen bazı üçgenleme ağlarının kenarları arazideki strüktür (yapı) ve kırık çizgileri ile çakışabilir. Oluşturulan üçgen ağlarının aşağıdaki şartları sağlaması gerekir [22] .

- Her üçgenleme noktası en azından bir üçgende bulunmalı yada bu üçgenin köşesini oluşturmalı,
- Arazi yüzeyini örten üçgenlerin biribiri ile arakesiti sıfır olmalı,
- Ağı oluşturan kenarların mutlak değerleri toplamı minimum olmalıdır.



4.1.4. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİ

Sayısal yükseklik modeli oluşturmada genelde

- Noktasal enterpolasyon,
- Yerel olarak tanımlanmış parça parça fonksiyonlarla enterpolasyon,
- Tüm alanı kapsayan tek bir fonksiyonla enterpolasyon

yöntemleri kullanılır [29].

4.1.4.1. NOKTASAL ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİ

Noktasal enterpolasyon yöntemlerinde yüksekliği aranan noktayı çevreleyen bir ölçüt dairesinin yada karenin iç tarafına düşen örnekleme noktaları kullanılır. Bu noktalar düşük dereceden bir polinom yada seçilen diğer bir fonksiyonun parametrelerini hesaplama da kullanılır. Her bir yeni nokta çevresindeki örnekleme noktalarından hesaplandığından noktasal enterpolasyonda fonksiyon katsayıları noktadan noktaya değişir.

4.1.4.2. YEREL OLARAK TANIMLANMIŞ PARÇA PARÇA ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİ

Bu yöntemlerde alan daha küçük parçalara bölünür ve her bir parça seçilen bir fonksiyonla gösterilir. Bu durumda parçaların sınırları boyunca çatlaklar ve süreksizlikler görülebilir. Bundan kaçınmak

için parçalardaki fonksiyonları sınırlar boyunca çakıştırmak ama-
cıyla birleştirme fonksiyonları kullanılır. Bu birleştirme koşul-
larının bilinmeyen fonksiyon parametrelerinin hesabında açık pla-
rak tanıtılması gerekli olduğundan, problem tek bir fonksiyonla
enterpolasyona dönüşür.



4.1.4.3. TUM ALANI KAPSAYAN TEK BİR FONKSİYONLA ENTERPOLASYON YÖNTEMLERİ

Bir tek fonksiyonla enterpolasyon yönteminde

$$Z = f (X, Y) \quad (4.1)$$

fonksiyonunu belirlemek için bütün örnekleme noktaları aynı anda
kullanılır.

4.1.5. FOTOGRAMETRİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Fotogrametrik modeller için genelde 3 tür örnekleme nokta ölçme
yöntemi sözkonusudur [14].

- Seçmeli Örnekleme : Bu örnekleme yönteminde arazi eğiminin ve
eğriliğinin değişiklik gösterdiği noktalar örnekleme noktaları
olarak seçilir. Bu noktalar fotogrametrik modelin yorumlanması so-
nucu tesbit edilir. Dolayısıyla ölçülen noktalar tek tek rastgele
dağılmış yada diziler şeklinde olmaktadır. Ölçülen bu örnekleme
noktalarına kırık noktalar, bu noktaları birleştiren çizgilere de
kırık çizgiler adı verilir.

- İlerlemeli Örneklem : Bu örneklem yönteminde noktalar matematik kuralların uygulandığı geometrik şekillerdedir. Nokta konumları arazinin şeklinden tamamen bağımsızdır. Ölçü doğrudan her noktada yapılır. Noktaların konumları, dizi sırası ve koordinatları, (X, Y), başlangıç noktası, her sıradaki nokta sayısı, sıra sayısı, noktalar ve sıralar arasındaki uzaklıklar önceden belirlenir. Kayıtlardaki arama ve düzenlemeler de bu bilgilerle yönetilir. Bu yöntemde ölçmeler eşit aralıklı ağlar üzerinde nokta veya zaman modunda yapılabilir. Yarı otomatik bir ölçüm sözkonusu olduğundan analitik yada bilgisayar destekli bir stereo değerlendirme aleti gereklidir.

- Karışık Örneklem : Her iki yöntemin karışımından ibarettir.

4.1.6. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNDE DOĞRULUK

Doğruluk için ölçütler, sayısal yükseklik modelini belirleyen örneklem nokta kümeleri dışında kalan test noktalarındaki gerçek yükseklik değerleri ile enterpole edilen (hesaplanan) yükseklik değerleri arasındaki farklara dayanır. Sayısal yükseklik modelinden hesaplanan Z değerleri gerçek arazi şekline ne kadar uygunsa enterpolasyon fonksiyonu ve sayısal yükseklik modelinin doğruluğu o kadar iyi demektir. Bu doğruluğu etkileyen en önemli faktörler şunlardır;

- Örneklem noktalarının doğruluğu,
- Örneklem noktalarının dağılımı ve yoğunluğu,
- Arazi kırık hatlarının ve yapı (yapı) çizgilerinin değerlendirilmeye alınıp alınmaması,
- Seçilen enterpolasyon yöntemi.

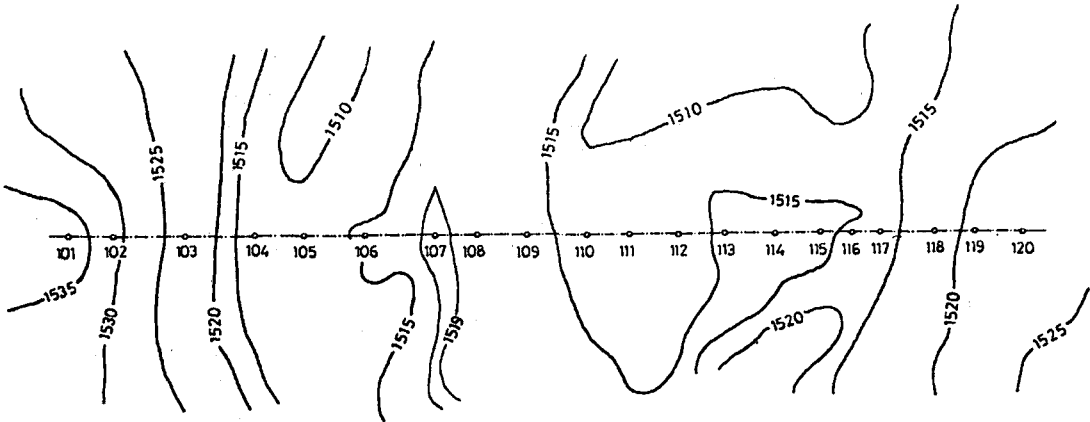
Sayısal yükseklik modelinin doğruluğu büyük ölçüde verilerin toplanma işine bağlıdır. Örneklem noktaları araziye temsil edecek



yoğunluk ve dağılımda olmak zorundadır. Doğruluk ayrıca arazi eğimi ilede sıkı bir bağlantı içindedir. Arazi eğimi arttıkça doğruluk azalmaktadır. Diğer önemli bir nokta ise seçilen enterpolasyon yöntemidir. Çünkü aynı örnekleme noktaları kullanılarak değişik enterpolasyon yöntemleri kullanılarak hesaplanan sayısal yükseklik modellerinin farklı doğrulukta olduğu görülmüştür [30].

4.2. SAYISAL UYGULAMA

En kesit noktalarının belirlenmesi ve belirlenen bu noktalarda elde edilecek yükseklik presizyonunun araştırılması ile ilgili olarak uygulama alanında bir pilot bölge seçilmiştir. Bu pilot bölgenin boyu 100 m x 550 m olup en kesit ölçmeleri bu bölge içinde yapılmıştır. Tüm en kesit nokta koordinatları (X, Y, Z) arazide elektronik ölçme yöntemine göre belirlenmiştir. Bu pilot bölgenin eş yükseklik eğrili haritası ve noktaların konumu şematik olarak Şekil 4.1 de görülmektedir.



Şekil 4.1- Uygulama Alanında Ana Eksen Noktalarının Konumu

Bu pilot bölgenin ortasından bir ana eksen geçirilmiş ve arazide bu eksen üzerindeki karakteristik noktalarda toplam 20 adet eksen noktası belirlenmiştir. Bu eksen noktalarının sağında ve solunda eksene dik olarak eğimin değiştiği noktalarda ve genelde bir kesitte 8'den az olmamak üzere en kesit noktaları ölçülmüştür. Pilot bölgede bu yolla 180 adet en kesit noktasının ölçümü yapılmıştır.

4.2.1. KLASİK FOTOGRAMETRİK ÖLÇMELER

Fotogrametrik ölçmeler için Bölüm 4.1.1' de anlatıldığı şekliyle Topocart B stereo değerlendirme aleti kullanılmıştır. Alette tüm yöneltmeler (iç, karşılıklı, mutlak) analog olarak gerçekleştirilmiş ve model oluşturulmuştur. Stereo modeldeki sabit nirengi ve kesitirme noktaları yardımıyla affin dönüşümü ile tüm en kesit noktalarına model koordinatı verilmiştir. En kesit noktalarına model koordinatlarına göre ölçme göstergesi uygulaması yapılmış ve noktalama ucu harita üzerindeki konumu kontrol edilmiştir. Kontrol sonunda noktaların % 86 sı (155 nokta) hemen hemen tam olarak çakışmış, % 14 ü (25 nokta) ise çizim doğruluğu içinde çakışmıştır. Noktaların model koordinat değerlerine göre uygulama sonucu elde edilen yükseklik değerleri esas alınmıştır. Ölçmelerin yapıldığı stereo modelin ölçeği 1/4000 dir.

4.2.2. SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ

Bu çalışmada fotogrametrik modellerden sayısal yükseklik modellerinin oluşturulması için B - Spline yüzey enterpolasyon yöntemi ve bu konuda geliştirilmiş bulunan bilgisayar programı kullanılmıştır [14].



Bu çalışmanın özelliğinden dolayı, [14] deki bilgisayar programı değişikliğe uğratılmıştır. Bu değişiklik ağ modeli oluşturduktan sonra en kesit nokta yüksekliklerini ana eksene göre verilen uzaklıklarda hesap edilmesi şeklindedir. Kullanılan bu programa ait akış diyagramı aşağıdaki şekliyle verilebilir.

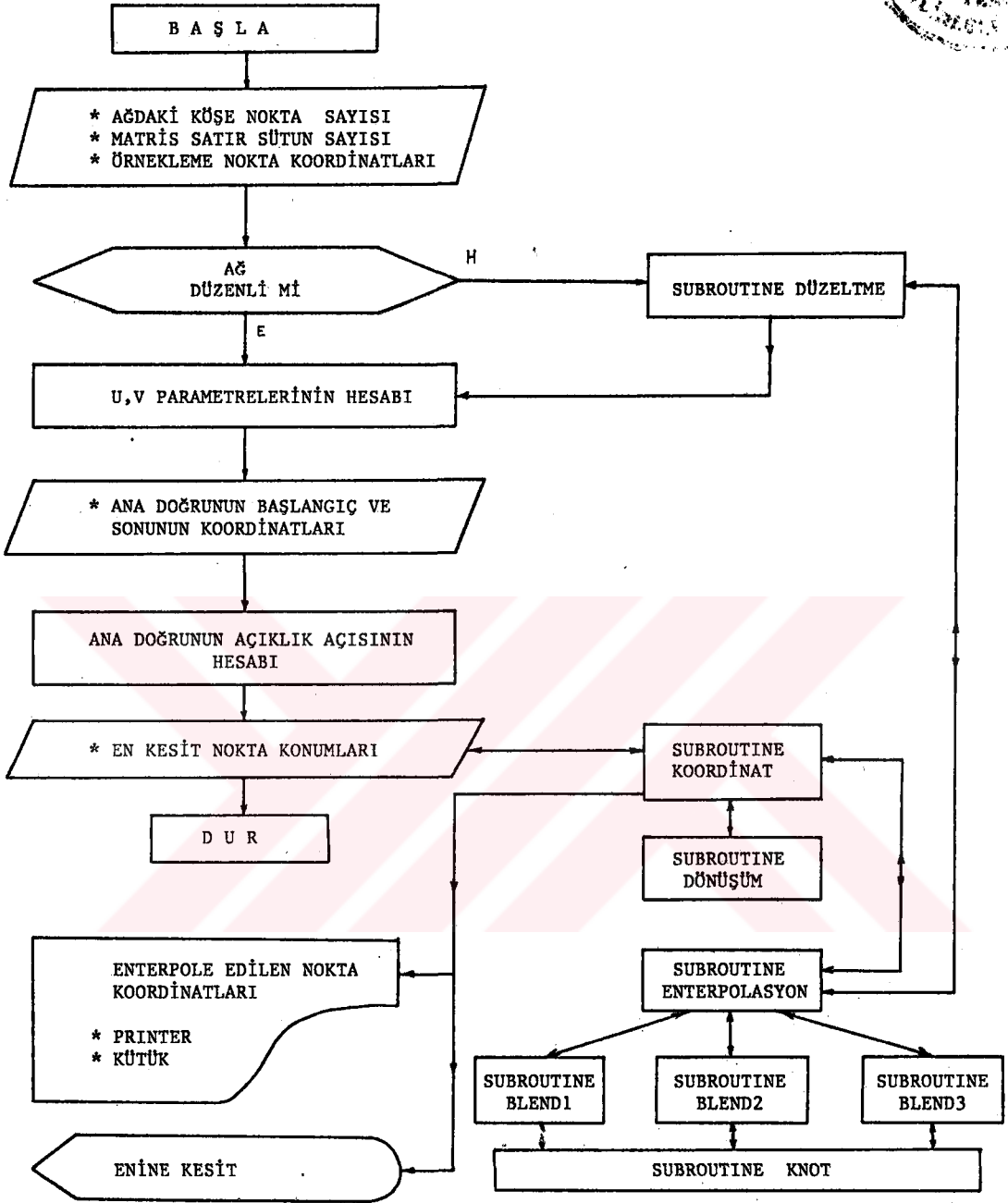
Akış diyagramından da görüldüğü üzere program düzensiz ağları da kabul edebilmektedir. Düzensiz ağlar bir alt programla düzenli ağ şekline dönüştürüldükten sonra işleme kaldığı yerden devam etmektedir. Ayrıca ağ koordinatlarının, arazi koordinat sistemi ile çakışması sözkonusu değildir. Program hesaplamaları ağ koordinat sisteminde yapmakta, sonuçta arazi koordinat sistemine dönüştürmektedir.

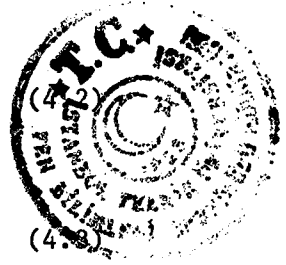
Sayısal uygulama için pilot bölgede 20mx20m' lik bir ağ (100mx560m lik bir alanda) oluşturulmuş ve bu ağda, ağın köşelerini oluşturan 145 noktanın ölçmesi Topocart-B stereo değerlendirme aletinde gerçekleştirilmiştir. Grid ağı düğüm noktaları koordinatları ve yükseklikleri bilgisayar programı yardımıyla yüzey enterpolasyonuna tabi tutulmuş ve arazinin modeli sayısal olarak bilgisayarda oluşturulmuştur. Tüm en kesit nokta koordinatları (X, Y) bilgisayara verilerek bu noktaların yükseklikleri, bilgisayarda oluşturulan sayısal yükseklik modelinden hesaplanmıştır.

4.2.3. SAYISAL UYGULAMADAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE İRDELEME

Klasik fotogrametrik ve fotogrametrik modelden sayısal yükseklik modeli ile elde edilen en kesit nokta yükseklikleri jeodezik değerleri (gerçek arazi yükseklikleri) ile karşılaştırılmış ve V farkları bulunmuştur (Ek 3).

Hesaplanan en kesit nokta yüksekliklerinin gerçek arazi yükseklikleri arasındaki farklar ve bu farklardan elde edilen karesel ortalama hatalar aşağıdaki şekliyle hesap edilmiştir.





$$\begin{aligned} V_f &= Z_j - Z_f & : & & V_s &= Z_j - Z_s \\ m_f &= \pm \sqrt{(V_f V_f / n)} & : & & m_s &= \pm \sqrt{(V_s V_s / n)} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Burada ;

Z_j : Jeodezik yöntemde bulunan gerçek arazi yüksekliğini,

Z_f : Fotogrametrik modelden klasik ölçmelerle elde edilen nokta yüksekliğini,

Z_s : Fotogrametrik modelin sayısal yükseklik modeli ile işlenmesi sonucu elde edilen nokta yüksekliğini,

m_f : Klasik fotogrametrik yöntemin jeodezik yönteme göre presizyonunu,

m_s : Sayısal yükseklik modelinin jeodezik yönteme göre presizyonunu

göstermektedir. Jeodezik ölçmeler sonucu elde edilen yüksekliklerin presizyonu, nirengi noktalarının yükseklik hatasından bağımsız olarak $m_j = \pm 1.2$ cm bulunmuştur. Her üç yöntemden elde edilen presizyonlar ve yöntemlerin jeodezik yönteme oranla teorik doğrulukları Tablo 4.1 de görülmektedir.

Tablo 4.1'dende görüleceği gibi en presizyonlu yöntem olarak jeodezik yöntem görülmektedir. Ancak jeodezik yöntemde yüksekliklerin modern elektronik ölçme yöntemlerinden elde edildiği unutulmamalıdır.

Fotogrametrik yöntemle elde edilen ± 15.9 cm' lik nokta yükseklik presizyonu, Bölüm 2 de bahsedilen (Tablo 2.3, 5. sütun) teorik değerlere oranla büyük görülmektedir. Teorik değerlere göre ± 10.5 cm lik bir presizyon değeri yada daha düşük bir presizyon değeri elde edilmesi gerekirdi. Burada presizyona etki eden en önemli unsurun



Tablo 4.1 En Kesit Ölçmelerinden Elde Edilen Nokta Yükseklik Presizyonları

	Nokta Yükseklik Presizyonu ($\pm$ cm)	Jeodezik Yöntem Oranla Teorik Dogruluk (m_j/m_f , m_j/m_s)
Jeodezik Yöntem (m_j)	1.2	1.00
Klasik Fotogrametrik Yöntem (m_f)	15.9	0.08
Sayısal Yükseklik Modeli Yöntemi (m_s)	46.7	0.03

yer yer arazide bitki örtüsünün verdiği yanlışla ve operatörün ölçme göstergesini uygulama yeteneği olduğu söylenebilir. Ayrıca Z çarkında en küçük birimin arazide 10 cm ye karşılık geldiği de gözden uzak tutulmamalıdır.

Sayısal yükseklik modeli ile hesaplanan noktalara ait presizyon değeri ise, ilk bakışta büyük gibi görünmektedir. Ancak burada presizyonu etkileyen en önemli etkenler ağ noktalarının sıklığı, örnekleme noktalarının dağılımı ve araziye temsil edebilme derecesi, seçilen interpolasyon yöntemi, kullanılan stereo değerlendirme aletinin presizyon derecesi, arazinin topoğrafik yapısı ve eğimi olarak sayılabilir. Ek 3'den de görüldüğü gibi eğimin büyük olduğu ilk kesitlerde farklar yer yer 80 - 100 cm civarında seyretmekte, eğimin az olduğu, topoğrafyanın fazla değişmediği sonraki kesitlerde ise farklar 25 - 30 cm civarında seyretmektedir.

4.2.4. DİĞER ÜLKE STANDARTLARINA GÖRE ELDE EDİLEN SONUÇLARIN İNCELENMESİ

Fotogrametrik yöntemi tercih eden çoğu ülkelerde karayolu projesi uygulamalarında klasik fotogrametrik yöntemle en kesit nokta belirleme yöntemleri kullanılmakta, tüm çalışmalar sayısal arazi



modeli ile projenin tamamının oluşturulması yolundadır. Bu ülkeler temelde aynı fakat uygulamada ülkelere göre farklılıklar gösterebilen çeşitli yöntemler kullanılmaktadırlar.

Uygulamada birlik sağlamak amacıyla kullanılan yöntem ve arazinin topoğrafik yapısına göre çeşitli presizyon ölçütleri belirlenmiştir. Bu presizyon ölçütleri ülkelere göre harita ölçeği, kullanılan değerlendirme aleti, resim ölçeği ve uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

A.B.D.de "U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration" kurumu sayısal yükseklik modelinden elde edilebilecek yükseklik doğruluğunun kullanılan değerlendirme aleti ve uçuş yüksekliğine bağlı olduğunu vurgulamış ve bu konuda verdiği presizyon ölçütlerin de bu değişkenlere bağlı olarak ifade etmiştir [77]. Tablo 4.2 bu kurumun standartlarına göre $f = 152$ mm lik resim çekme makinası kullanılması durumunda sayısal yükseklik modelinden elde edilebilecek yükseklik presizyonlarını göstermektedir.

Tablo 4.2 Uçuş Yüksekliği ve Değerlendirme Aleti Türüne Göre Elde Edilebilecek Nokta Yükseklik Presizyonları ($f=152$ mm), [77].

Resim Ölçeği	Uçuş Yüksekliği H (m)	Optik İzdüşümlü Değerlendirme Aletleri			Mekanik İzdüşümlü Değerlendirme Aletleri		
		A H/6000 (±cm)	B H/5000 (±cm)	C H/3000 (±cm)	A H/10000 (±cm)	B H/8000 (±cm)	C H/5000 (±cm)
1 : 4000	610	10.1	12.2	20.3	6.1	7.6	12.2
1 : 5000	760	12.7	15.2	25.3	7.6	9.5	15.2
1 : 6000	910	15.1	18.2	30.3	9.1	11.4	18.2
1 : 7000	1060	17.6	21.2	35.3	10.6	13.2	21.2
1 : 8000	1215	20.2	24.3	40.5	12.1	15.2	24.3
1 : 9000	1370	22.8	27.4	45.6	13.7	17.1	27.4
1 : 10000	1520	25.3	30.4	50.6	15.2	19.0	30.4



Tablo 4.2'de;

- A : Hemen hemen düz sayılabilecek bir araziyi,
- B : Dalgalı araziyi,
- C : Keskin eğim değişmelerinin olduğu engebeli araziyi göstermektedir.

Bu arazi tiplerinde hektarda alınacak örnekleme noktası sayısı ise;

- A tipi arazide 20 - 40 adet
- B tipi arazide 40 - 100 adet
- C tipi arazide 100 - 400 adet

arasında olması önerilmektedir [50].

A.B.D. de Wisconsin Eyaletinde "State of Wisconsin, Department of Transportation" kurumu yapmış olduğu çalışmalarında 1/3600 resim ölçeği ile 1/500 ve 1/1000 ölçekli çalışmalar için en kesit noktalarında 9.1 cm'lik bir yükseklik presizyonunu kabul etmektedir [72].

İngiltere'de topoğrafik harita yapımı ve karayolu uygulamaları ile ilgili çalışmalarda, kullanılan sayısal yükseklik modeli yöntemine (ağ - üçgenleme - karma v.s.) göre presizyon ölçütleri değişmektedir. Örneğin grid yöntemiyle enterpole edilen noktalarda kabul edilebilecek max. yükseklik ve konum presizyonları harita ölçeğine bağlı olarak Tablo 4.3'de görülmektedir [75].

Bu verilerin ışığında sayısal uygulamadan elde edilen ± 46.7 cm'lik değer bu ölçütlerin dışında kaldığı söylenebilir. Ancak Bölüm 4.2.3'de sözedildiği gibi bu presizyonu etkileyen birçok neden vardır.

Bu konu henüz yeni olduğundan ülkemizde bu ölçütleri belirleyen bir standart yoktur.



Tablo 4.3 Ağ Yöntemiyle Enterpole Edilen Noktalar-
daki Maksimum Yükseklik ve Konum Presiz-
yonları [75].

Harita ölçeği	Stabil Zeminlerde		Diğer Zeminlerde	
	Yükseklik ($\pm$ cm)	Konum ($\pm$ cm)	Yükseklik ($\pm$ cm)	Konum ($\pm$ cm)
1 : 500	6.0	15.0	10.0	30.0
1 : 1000	12.0	30.0	20.0	60.0
1 : 1250	15.0	38.0	25.0	75.0
1 : 2000	24.0	60.0	40.0	120.0
1 : 2500	30.0	75.0	50.0	150.0

4.2.5. BU KONUDA YAPILAN ARAŞTIRMALAR

Fotogrametrik yöntemle elde edilen en kesit nokta yüksekliklerinin presizyonu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

H.KASPER [40] , en kesit noktalarının arazide iki değişik ekip tarafından yapılan ölçmelerin fotogrametrik yöntemle bulunan yüksekliklerini karşılaştırmış ve ± 10 cm'lik bir karesel ortalama hata elde etmiştir.

SHOLZ [65] , 4 değişik model ölçeğinde 9 modelde 8848 işaretlenmemiş nokta yardımıyla nokta yükseklik presizyonunu hesaplamıştır. Değerlendirmede WILD A8 aleti kullanılmış olup resim çekimi WILD RC-5 makinası ile yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.4'de görülmektedir [65] .

KUSCH [47] , 1:2000 ölçekli harita yapımında, fotogrametrik modelde yüksekliklerin nokta nokta okunarak bir karşılaştırmasını yapmıştır. Resimler 210 mm lik resim çekme makinası ile çekilmiş olup



Tablo 4.4 WILD AB Değerlendirme Aleti Ölçmelerinden Elde Edilen Nokta Yükseklik Presizyonları [65].

Model Ölçeği	1:7800	1:9600	1:12000	1:14600
Nokta Yükseklik Presizyonu ($\pm$ cm)	12.6	11.5	14.0	18.1

* ZEISS C8 ile yapılan yükseklik ölçülerinden

arazide ortalama 10 cm' lik bitki örtüsü mevcuttur. Jena - Stereometrograph değerlendirme aletinde ölçmeler sonunda elde edilen nokta yükseklik presizyonları Tablo 4.5'de verilmiştir [47].

Tablo 4.5 JENA-Stereometrograph Değerlendirme Aleti Ölçmelerinden Elde Edilen Nokta Yükseklik Presizyonları [47].

Resim Ölçeği	1:4000	1:6000	1:8000
Karşılaştırılan Nokta Sayısı	97	146	146
Nokta Yükseklik Presizyonu ($\pm$ cm)	15.0	21.0	29.0

Sayısal yükseklik modelleri ile elde edilen yüksekliklerin presizyonunun araştırması konusunda son yıllarda araştırmalar yoğunlaştırılmıştır.

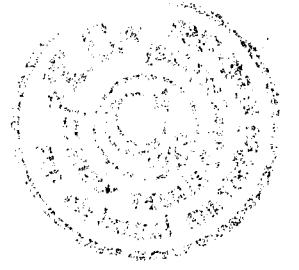
GÜLER [30], Küçük Menderes havzasında yapmış olduğu bir çalışmada en küçük kareler enterpolasyon yöntemiyle 1. ve 2. derece polinomlarla 281 örnekleme noktasından yararlanarak oluşturduğu sayısal yükseklik modelinin -18 cm ile -32 cm arasında değişen farklılıklarla arazi yüzeyine uygunluğunun sağlandığını göstermiştir [30].



Fotogrametrik model ölçmeleri 1:6500 model ölçeğinde Zeiss Planimat D2 aletinde yapılmıştır.

Başka bir araştırmada [8], düz arazide enterpole edilerek yükseklik eğrilerinin tesbitinde kullanılan noktaların yükseklik presizyonunun, en fazla uçuş yüksekliğinin ‰ 0.15 ini kadar olabileceği söylenmektedir.





5. HARİTA YAPIM VE DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİNE GÖRE ELDE EDİLECEK MALİYETLER

Türkiye'de halen uygulanmakta olan klasik ve fotogrametrik yöntemde 1 km uzunluktaki (250 m genişlik) bir güzergahın 1987 yılı birim fiatlarına göre maliyeti; etüd haritası yapımı, projelendirme ve aplikasyon giderleri bazında belirlenmiştir. Ayrıca Bölüm 4'de sözü edilen hava triyangülasyonu yöntemi ve Bölüm 4'de sözü edilen en kesit nokta belirleme ve profil ölçme yöntemlerine göre yapılacak çalışmalarda maliyetin ne olabileceği araştırılmıştır. Birim fiatların hesaplanmasında İller Bankası [79] 1987 yılı birim fiat analizleri esas alınmıştır.

Resim çekimi ve fotografik işlemlerle ilgili veriler ABD'de yapılan iki araştırmadan [18], [20] ve H.G.K. [78] verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlandırıldığı sırada Türk Lirasının, yabancı ülke para birimlerine göre sürekli ayarlamalara maruz kalması ve değerlendirme aleti verilerine ilişkin hesaplamalarda Türk Lirası bazının esas alınamaması gibi nedenlerden dolayı maliyet hesapları Türk Lirası para biriminden yapılmamıştır.

Tüm maliyetler İller Bankası birim fiat hesaplamalarının esas alındığı Ocak 1987 ayı Merkez Bankası resmi kuru (1 ABD Doları \$ = 767.24 TL) esas alınarak Amerikan Doları (\$) olarak hesaplanmıştır. Türk Lirası olarak maliyetin bugünkü resmi kur üzerinden çevrilerek hesaplanmasında hiçbir sakınca yoktur.



5.1. KLASİK YÖNTEMDE ETÜD VE PROJE ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Bölüm 2.1'de söz edildiği gibi klasik yöntemde, poligon güzergahları genelde zincir şeklinde tesis edilmekte ve mevcut bulunan eski nirengi yada kestirmelerden çıkış almaktaydı. Sabit eski nokta olmaması halinde ise işin önemine göre bir nirengi ağı tesis edilmektedir. Hesaplamalarda 1 km'lik güzergaha (250 m genişlik);

- 0.375 nirengi noktası
- 0.375 nivelman noktası
- 12.5 poligon noktası

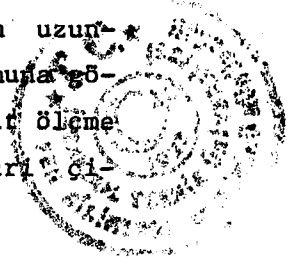
karşılık geleceği düşünülmüş ve bu noktalara ait koordinat, kot hesapları, takeometrik işler, çizim, astrolon, kroki, çoğaltma, personel giderleri, tüm malzeme giderleri maliyet hesabında dikkate alınmıştır.

Bu değerler esas alındığında üretilecek harita ölçeğine göre birim alanın (1 km uzunluk - 250 m genişlik) hesaplanan etüd haritası maliyeti, aplikasyon ve projelendirme çalışmaları maliyetleri Tablo 5.1'deki değerlere eşdeğer olur.

Tablo 5.1 Klasik Jeodezik Yöntemde Birim Alanın (1 km uzunluk - 250 m genişlik) Toplam Maliyeti

Harita Ölçeği	Etüd Haritası Yapım Maliyeti (\$)	Projelendirme ve Aplikasyon Arazi Çalışmaları Maliyeti (\$)	Toplam Maliyet (\$)
1 : 1000	1143.437	482.203	1625.640
1 : 2000	1068.757	482.203	1550.960

Projelendirme ve aplikasyon arazi çalışmaları maliyeti 1 km uzunluğun yarısının alinyman hattı, yarısının kurb olması durumunda ve 3. sütundaki maliyetlere en ve boy kesit ölçme ve hesaplamaları, alan, hacim hesap ve çizimleri, yol gabarı çizimleri, tüm malzeme giderleri v.s. dahildir.



5.2. TÜRKİYE'DE UYGULANDIĞI ŞEKLİYLE FOTOGRAMETRİK YÖNTEMDE ETÜD VE PROJE ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Fotogrametrik yöntemde toplam maliyet;

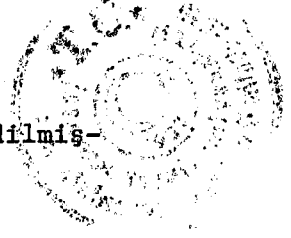
- Arazi çalışmaları,
- Resim çekimi, fotoğrafik işlem,
- Değerlendirme,
- Profil ölçme, projelendirme ve aplikasyon arazi çalışmaları,

alt maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır.

5.2.1. ARAZİ ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Bölüm 2.2'de söz edildiği gibi Türkiye'de halen havuz yöntemi esaslarına göre nokta belirleme yöntemleri uygulanmaktadır. Türkiye'de uygulandığı şekliyle bu yöntemde bir modele en az 5 noktanın isabet ettiği görülmüştür. Tablo 2.1'de görüldüğü gibi 1:1000 ölçekli harita üretiminde (1:4000 resim ölçeğiyle) 1 km uzunluğa 7.6, 1:2000 ölçekli harita üretiminde (1:7000 resim ölçeğiyle) 1 km uzunluğa 5.6 nokta isabet etmektedir. Uygulamada yapılan araştırmalar da bu sonucu teyid eder niteliktedir.

Trakya otoyolu (Mahmutbey-Kınalı kesimi) için yapılan bir çalışmada 25 km' lik bir güzergahın 1:1000 ölçekli şeritsel haritasının



fotogrametrik olarak yapımı için toplam 190 nokta tesis edilmiştir. Burada 1 km uzunluğa 7.6 nokta isabet etmektedir.

Konya-Antalya karayolunun iki ayrı kesiminde (Bozkır-Akseki, Seydişehir-Akseki) yapılan bir araştırmada 1:2000 ölçekli (1:7000 resim ölçeğinde) fotogrametrik şeritsel harita yapımı için 1 km uzunluğa bu güzergahlarda sırasıyla 5.4 ve 5.8 nokta isabet etmektedir.

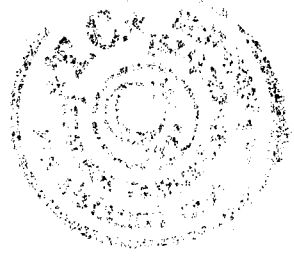
Araştırma sonuçlarına göre Tablo 2.1'deki değerlerin uygulamada rahatlıkla kullanılabilir nitelikte olduğu söylenebilir.

Bu verilere göre 1:1000 ve 1:2000 ölçekli şeritsel harita yapımı için arazi çalışmaları maliyeti 1987 yılı birim fiyatlarına göre Tablo 5.2'deki değerlere eşit olur.

Tablo 5.2 Klasik Fotogrametrik Yöntemde Arazi Çalışmaları Maliyeti

Harita ölçeği	1 Km Uzunluğa Karşılık Gelen Nokta Sayısı	Arazi Çalışmaları Maliyeti (%)
1 : 1000	7.6	569.711
1 : 2000	5.6	419.787

Arazi çalışmaları maliyetine sabit noktaların inşaat, ölçme, hesap, nivelman, blokaj, işaretleme, araç ve personel giderleri v.s. dahildir.



5.2.2. RESİM ÇEKİMİ VE FOTOĞRAFİK İŞLEM MALİYETİ

Resim çekim maliyeti doğrudan haritası alınacak alan ile ilgilidir. Alan büyüdükçe maliyet düşer. Resim çekim maliyeti ABD'de yapılan iki araştırma [18], [20] ve Harita Genel Komutanlığı [78] verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Resim çekiminde uçuş maliyeti 80 km'lik bir güzergahın resim çekimi varsayıldığında oluşacak maliyetin 1 km'ye indirgenmiş büyüklüğü esas alınmıştır.

Tablo 5.3 1 Km Uzunluklu Güzergahın
Resim Çekim ve Fotografik
İşlem Maliyeti

Harita ölçeği	Resim Çekimi ve Fotografik İşlem Maliyeti (\$)
1 : 1000	105
1 : 2000	55

Tablo 5.3'dende görüldüğü üzere 1:2000 ve 1:1000 ölçeğinde maliyet oranları yaklaşık 1.9 kat artmaktadır.

5.2.3. DEĞERLENDİRME MALİYETİ

Değerlendirme maliyetinin bir stereo modelde 1 km uzunluk ve 250 m genişlikte bir alanın şeritsel haritasının yapımı için gerekli olan harcamaları kapsayacak şekilde hesap edilmesi gerekir.



Ancak kullanılan değerlendirme aletine göre amortisman, faiz ve hizmet vergisi, yıllık bakım giderleri ile ilgili katsayıların belirlenmesi gerekir. Bu katsayılar belirlenirken de yıllık çalışma saati ve aletin ekonomik ömrünün dikkate alınması gerekir.

Bir yılda 104'ü hafta tatili, 22'si yıllık izin, 10'u bayram tatili olmak üzere toplam 136 çalışılmayan gün vardır. Bir operatör günde ortalama 7 saatten 229 işgününde yaklaşık 1600 saat çalışma yapabilir. Günde 2 vardiya şeklinde çalışma yapıldığı düşünülürse yılda toplam 3200 çalışma saati mevcut olur [32].

Bir değerlendirme aletinin ekonomik ömründe yaklaşık olarak 15 yıldır. Değerlendirme aletinin ekonomik ömrü 15 yıl olduğuna göre yıllık amortisman gider oranı % 6.67 olur. Yılda 3200 çalışma saati var olduğuna göre de amortisman gider katsayısı

$$(6.67/3200) \times (1/100) = 2.084 \times 10^{-5} \quad (5.1)$$

değerine eşit olur.

T.C.Maliye ve Gümrük Bakanlığı verilerine göre [80] ülkemizde faiz ve hizmet vergisi oranı % 14.4'dür. Buna göre faiz ve hizmet vergisi katsayısı da

$$(14.4/3200) \times (1/100) = 4.5 \times 10^{-5} \quad (5.2)$$

değerine eşit olur.

Yıllık bakım ve onarım giderleri genelde aletin satınalma bedelinin yaklaşık (1/100)'ü olarak alınır [32]. Buna göre yıllık bakım ve onarım gideri katsayısı da

$$(1/3200) \times (1/100) = 3.125 \times 10^{-6} \quad (5.3)$$

değerine eşit olur.

(5.1), (5.2), (5.3) eşitliklerindeki katsayılar yıllık amortisman, faiz ve hizmet vergisi, bakım ve onarım gideri katsayılarının bir saatlik değerlendirme zamanına indirgenmiş büyüklükleridir.

Değerlendirme aletinin 1 saatlik değerlendirme zamanı katsayısı (5.1), (5.2) ve (5.3) eşitliklerindeki katsayıların toplamından oluşur.

$$TP = 6.8965 \times 10^{-5}$$

(5.4)

Burada;

TP : Değerlendirme aleti 1 saatlik değerlendirme zamanı katsayısını göstermektedir.

(5.4) eşitliğindeki katsayının aletin satınalma bedeli ile çarpılması sonucu, değerlendirme aletinin 1 saatlik değerlendirme zamanı maliyeti ortaya çıkar.

Hesaplamalarda analitik değerlendirme aleti olarak WILD AVIO-LYT-BC2 donanımı (bu donanım tam otomatik çizim masası AVIOTAB TA 10, 16 bitlik 516 KB RAM kapasiteli mikro bilgisayar, manyetik disk ünitesi, satır yazıcısı, program kontrolü için ekran, menü gösterge ekranları, resim görüntü ekranı ve bazı yazılımlar dahildir), analog değerlendirme aleti olarak Carl Zeiss Jena Topocart B donanımı (bu donanım bir adet koordinatograflı çizim masası ve Ortophot B Ortofoto ünitesi dahildir) esas alınmıştır. Bu donanımlardan WILD AVIOLYT-BC2'nin 1987 yılı satış fiyatı 300 000 \$, Topocart B'nin ise 1978 yılı satış fiyatı 75 000 \$'dır. Bu bilgiler dahilinde değerlendirme zamamına ait maliyetler Tablo 5.4 'deki şekliyle hesaplanabilir.

Tablo 5.4'deki tüm değerler 1 saatlik birime karşılık gelmektedir. Ülkemizde yapılan 1:1000 ve 1:2000 ölçekli etüd haritalarının 1 km'lik (250 m genişlik) kısmının değerlendirilmesi için gerekli zaman bulunarak, Tablo 5.4' deki \$/saat değerleriyle çarpılırsa, her haritanın 1 km' lik güzergahı için alet maliyeti elde edilmiş olur.

Tablo 5.4 Değerlendirme Aletleri 1 saatlik Değerlendirme Zamanı Maliyetleri

	Birim	Analitik Değerlendirme Aleti	Analog Değerlendirme Aleti
Değerlendirme Aleti Bedeli	\$	300 000.	75 000.
Amortisman Gideri	\$/saat	6.252	1.563
Faiz ve Hizmet Vergisi	\$/saat	13.500	3.375
Alet Bakım ve Onarım Gideri	\$/saat	0.938	0.234
Değerlendirme Maliyet Katsayısı		6.8965 E-5	6.8965 E-5
Değerlendirme Maliyeti	\$/saat	20.690	5.173
Teknik Personel Gideri	\$/saat	2.000	2.000
1 Saatlik Değerlendirme Zamanı Maliyeti	\$/saat	22.690	7.173

1 km'lik güzergahın değerlendirme zamanı;

- a- Değerlendirme ölçeğine
- b- Arazinin topoğrafik yapısına
- c- Yerleşim alanı olup olmamasına
- d- Değerlendirme aletinin türüne
- e- Operatörün yeteneğine

bağlıdır.

Bunlardan sonuncusunun etkisi yetenekli bir operatör modeli alınarak hesaptan çıkarılabilir. Diğerlerinin her ölçekteki harita yapımına etkisi, yani birim alanın çeşitli nitelikteki arazinin değişik ölçeklerde değerlendirilmesi için gerekli zaman Harita Genel Komutanlığının çalışmalarından yararlanılarak çıkarılmıştır [32], (Tablo 5.5).

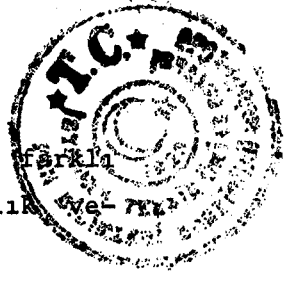
Arazi özelliklerine ağırlık verilirken;

- a- Haritanın ölçeği
- b- Bu ölçekte haritası yapılacak birim arazinin uzunluğu
- c- Yükseklik eğrisi aralıkları



Tablo 5.5 Birim Alanın (1 km boyu - 250 m eni) Degerlendirme Maliyetleri ([32] 'ye Göre Yeniden Düzenlenmiştir.)

	Üretilecek Haritanın		1 Saatte Degerlendirilen Alan		Kat-sayı	Alanın Ağırlıklı Ortalaması		1 Km² Alanın Degerlendirme Zamanı		Birim Alanın (1km boyu-250m eni) Degerlendirme Zamanı		Birim Alanın (1km boyu-250m eni) Degerlendirme Maliyeti		
	Eni	1 Saatte Degerlendirilebilen Boyu		Analitik		Analog	Km²	Km²	Analitik	Analog	Saat/Km²	Saat/Km²	Analog	Analitik
		Analog	Analitik											
Birim	m	m	m	Km²	Km²		Km²	Km²	Saat/Km²	Saat/Km²	\$ / Km²	\$ / Km²	\$ / Km²	
1:1000	250	80	200	0.02	0.05	1	0.02	0.05	50	20	12.5	89.662	113.45	
1:2000	250	120	300	0.03	0.075	1	0.03	0.075	33.333	13.333	8.333	59.773	75.626	



gözönüne alınmıştır. Güzergah haritası yapılacak alanlarda farklı arazi yapısı mevcutsa düz araziye 2, dağlık araziye 1 ağırlık verilmesi en uygun yoldur (Tablo 5.5'de 7. sütun) [32].

Alanın ağırlıklı ortalaması, o ölçekte ülkemiz arazisinin değerlendirme aleti türüne göre saatte değerlendirilebilen alanıdır (Tablo 5.5'de 8. ve 9. sütun).

Her harita için hesaplanan 1 km'lik güzergahın değerlendirme zamanı, kullanılan aletin 1 saatlik değerlendirme zamanı maliyeti ile çarpılırsa her harita için 1 km'lik güzergahın değerlendirme maliyeti elde edilmiş olur (Tablo 5.5'de 10 ve 11. sütunlar).

Tablo 5.5'de görüldüğü üzere analitik değerlendirme, analog değerlendirmeye göre % 33.3 oranında daha pahalı görünmektedir.

5.2.4. PROFİL ÖLÇME, PROJELENDİRME VE APLİKASYON ARAZİ ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Güzergah haritası oluşturulduktan ve yol güzergahı kesinleştirildikten sonra belirlenen proje elemanlarına göre modelden en kesit noktalarının ölçümü ve bu değerlere göre yapılacak aplikasyon çalışmalarının maliyeti sözkonusudur.

1 km'lik bir güzergahta (500 m alinyman hattı, 500 m kurb olmak üzere) ana eksen noktaları arası ortalama 20 m ve her eksen noktasında da ortalama 10 en kesit noktasının ölçüleceği varsayılırsa 1 km'lik bir güzergahta 500 noktanın ölçümü ve aplikasyonu sözkonusu olur.

Analog değerlendirme aletlerinde bir noktanın enine ve boyuna profil ölçmeleri ortalama 40 saniyede yapılabilir.

Bu verilerin ışığında profil ölçme, projelendirme ve aplikasyon arazi çalışmaları maliyetleri Tablo 5.6'daki değerlere eşdeğer olur.

Birim değerlendirme Maliyeti		Profil Ölçme Süresi		Nokta Sayısı	Aplikasyon Maliyeti	Profil Ölçmeleri Değerlendirme Maliyeti		Aplikasyon + Profil Ölçme Maliyeti	
Analog	Analitik	Analog	Analitik			Analog	Analitik	Analog	Analitik
\$/saat	\$/saat	saat	saat	Adet	\$ / Km	\$ / Km	\$ / Km	\$ / Km	\$ / Km
7.173	22.690	5.556	2.083	500	323.706	39.853	47.263	363.559	370.969

Tablo 5.6'da görüldüğü gibi analitik ölçmelerle ile analog ölçmeler arasında 3 kat bir değerlendirme zamanı olmasına karşın maliyetleri hemen hemen aynı olmaktadır.



5.2.5. TOPLAM ETÜD VE PROJE ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Fotogrametrik yöntemde maliyet;

- Arazi çalışmaları,
- Resim çekimi, fotoğraflık işlem
- Değerlendirme,
- Profil ölçme, projelendirme ve aplikasyon arazi çalışmaları

maliyetlerinin toplamına eşittir Toplam maliyeti göstermek üzere Tablo 5.7 hazırlanabilir. Türkiye'de uygulandığı şekliyle fotogrametrik yöntemde elde edilecek toplam maliyet Tablo 5.7'deki değere eşit olur.

Tablo 5.7 Türkiye'de Uygulanan Fotogrametrik Yöntemde Birim Alanın (1 km boyu - 250 m eni) Etüd ve Proje Çalışmaları Maliyeti

		Arazi Çalışmaları Maliyeti (\$/Km)	Resim Çekimi Fotoğraflık Maliyet (\$/Km)	Değerlendirme Maliyeti (\$/Km)	Projelendirme Aplikasyon Maliyeti (\$/Km)	Profil Ölçmeleri Maliyeti (\$/Km)	Toplam Maliyet (\$/Km)
1:1000	Analog	569.711	105	89.662	323.706	39.853	1127.932
	Analitik	569.711	105	113.450	323.706	47.263	1159.130
1:2000	Analog	419.787	55	59.773	323.706	39.853	898.119
	Analitik	419.787	55	75.626	323.706	47.263	921.382

Alt maliyetlerin toplam maliyet içindeki oranları ise Tablo 5.8'-deki gibi oluşur.



Tablo 5.8 Türkiye'de Uygulanan Fotogrametrik Yöntemde Etüd ve Proje Çalışmaları Alt Maliyetlerinin Toplam Maliyet İçindeki Oranları.

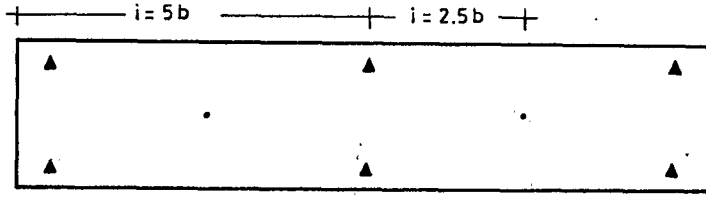
		Arazi Çalışmaları Maliyeti Oranı	Resim Çekimi Fotografik Maliyet Oranı	Değerlendirme Maliyeti Oranı	Projelendirme Aplikasyon Maliyeti Oranı	Profil Ölçmeleri Maliyeti Oranı	Toplam
1:1000	Analog	50.5	9.3	7.9	28.6	3.7	100
	Analitik	49.1	9.0	9.8	27.9	4.2	100
1:2000	Analog	46.7	6.1	6.6	36.0	4.6	100
	Analitik	45.6	6.0	8.2	35.1	5.1	100

5.3. HAVA TRIYANGÜLASYONU YAPILMASI DURUMUNDA ETÜD VE PROJE ÇALIŞMALARI MALİYETİ

Bölüm 3.3'de belirtilen esaslar dahilinde hava triyangülasyonu yapılması durumunda fotogrametrik yöntemde arazi çalışmaları büyük ölçüde azalmaktadır. Tablo 5.2'de görüldüğü gibi fotogrametrik yöntem ülkemizde kullanıldığı şekliyle 1:1000 harita ölçekli çalışmalarda km'ye 7.6, 1:2000 harita ölçekli çalışmalarda da km'ye 5.6 nokta isabet etmektedir.

Oysa Bölüm 3.3'de belirlenen esaslara göre hava triyangülasyonu yapılması durumunda 5 baz uzunluğunda karşılıklı iki tüm yerleştirme ve bu yerleştirme noktalarının oluşturduğu dörtgenin ortasına yakın bir bölgede (2.5 baz uzunluğunda) bir yükseklik yerleştirme noktası alınması durumunda (Deney Düzeni 1.6 ve Şekil 5.1); 1:1000 ölçekli harita yapımı için km 'ye 1.7 nokta, 1:2000 ölçekli harita yapımı için km 'ye 1.4 nokta isabet edecektir.

Bu durumda arazi çalışmaları maliyeti büyük ölçüde azalacaktır. Hava triyangülasyonunun uygulanması ve uygulanmaması durumunda elde edilecek maliyetlerin bir karşılaştırması Tablo 5.9'da verilmiştir.



- ▲ : Tüm yerleştirme noktası
• : Yükseklik yerleştirme noktası

Şekil 5.1

Tablo 5.9 Fotogrametrik Yöntemlerde Birim Alanın Toplam Maliyetleri

		Arazi Çalışmaları Maliyeti (\$)		Toplam Maliyet (\$)		Toplam Maliyetteki Azalma
		Hava Triyangülasyonu Yok	Hava Triyangülasyonu Var	Hava Triyangülasyonu Yok	Hava Triyangülasyonu Var	
1:1000	Analog	569.711	127.435	1127.932	685.656	% 39.2
	Analitik	569.711	127.435	1159.130	716.854	% 38.2
1:2000	Analog	419.787	104.946	898.119	583.278	% 35.0
	Analitik	419.787	104.946	921.382	606.541	% 34.2

Tablo 5.9'da görüldüğü gibi hava triyangülasyonu ile toplam maliyetten 1:1000 ölçekli çalışmalarda ortalama % 38.7, 1:2000 ölçekli çalışmalarda ise ortalama % 34.6 oranında tasarruf sağlanmaktadır. Öte yandan arazi çalışmalarının toplam maliyet içindeki oranı %45' den % 16'ya düşecektir. Buna karşılık hava triyangülasyonu uygulaması durumunda, triyangülasyon için hazırlık, uygulama ve dengeleme adımları toplam maliyet içindeki payını alacaktır.

KRAUS'un [46] araştırmalarına göre, bu adımların toplam maliyete etkenlik oranları şöyledir.



Yersel nokta ölçmeleri	% 10
İşaretleme	% 26
Kombine ölçmeler ve hazırlık	% 22
Resim uçuşu ve malzeme	% 6
Fotogrametrik ölçmeler	% 16
Blok dengeleme	% 14
Kontrol ölçmeleri ve düzeltmeler	% 6

5.4. YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Her üç yönteme göre elde edilen etüd ve proje çalışmaları maliyeti Tablo 5.10'da görülmektedir.

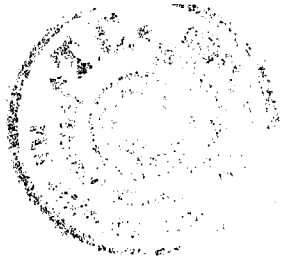
Tablo 5.10 Klasik ve Fotogrametrik Yöntemlerde Birim Alanın Etüd ve Proje Maliyetleri

		TOPLAM MALİYET (\$)		JEODEZİK YÖNTEME ORANLA TOPLAM MALİYETTEKİ AZALMA	
		HARİTA ÖLÇEĞİ		HARİTA ÖLÇEĞİ	
		1 : 1000	1 : 2000	1 : 1000	1 : 2000
Klasik Jeodezik Yöntem		1625.640	1550.960	--	--
Fotogrametrik Yöntem (Hava Triyangülasyonu Yok)	Analog	1127.932	898.119	% 30.6	% 42.1
	Analitik	1159.130	921.382	% 28.7	% 40.6
Fotogrametrik Yöntem (Hava Triyangülasyonu Var)	Analog	685.656	583.278	% 57.8	% 62.4
	Analitik	716.854	606.541	% 55.9	% 60.9

Tablo 5.10'a göre klasik jeodezik yöntem en pahalı yöntem olarak görülmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi şu anda Türkiye' de uygulanan mevcut fotogrametrik yöntem, jeodezik yönteme oranla

1:1000 ölçekli çalışmalar için yaklaşık %29.6, 1:2000 ölçekli çalışmalar içinde yaklaşık %41.3 oranında daha ucuza mal olmaktadır. Nokta belirtiminde hava triyangülasyonu yönteminin uygulanması durumunda ise bu oranlar 1:1000 ölçekli çalışmalar için %56.8, 1:2000 ölçekli çalışmalar içinde %61.6 ya çıkacaktır. Toplam proje maliyeti içinde bu oranlar gözardı edilemeyecek büyüklüktedir. Üstelik çalışmaların büyük çoğunluğu büro çalışmalarına kaydırılmış olacaktır. Fotogrametrik yöntemin tek dezavantajı ilk yatırım giderlerinin büyük miktarlarda olmasıdır. Ancak yöntemin çok kısa zamanda kendini amorti edebileceği hususunun da gözden uzak tutulmaması gerekir. Analitik ve analog değerlendirmelerde aletsel yatırım giderleri arasındaki fark yaklaşık 4 kat olmasına karşın birim alanın değerlendirme maliyetleri yaklaşık %3 civarında fark etmektedir. Bu fark analitik yöntemin analog yöntemle 2.5 kat daha az değerlendirme zamanına ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır.





SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı karayolu etüd ve proje çalışmalarında kullanılan yöntemlerin presizyonu, yeterliliği ve bu yöntemlere göre elde edilebilecek birim proje maliyetlerinin kıyaslamalı bir araştırmasını yapmaktır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Elde Edilen Presizyon Yönünden :

Türkiye'de bu güne kadar etüd ve proje çalışmaları büyük çoğunlukla klasik jeodezik yöntemle yapılagelmıştır. Bu yöntemle yapılan haritalarda aranacak olan maksimum konum ve yükseklik hataları Tablo 2.2' de verilmiştir. Yine bu yöntemde tesis edilecek noktalarda aranacak konum ve yükseklik hataları da ilgili yönetmeliğin [71], 299 ve 306. maddelerinde belirtilmiştir. Türkiye'de halen uygulanmakta olan fotogrametrik yöntem ve elde edilen presizyonlar (Bölüm 2) ve maliyetler (Bölüm 5) belirtilmiştir.

Karayolu etüd ve proje çalışmalarında nokta belirtiminde analitik hava triyangülasyonu yöntemlerinin uygulanması durumunda Bölüm 3.3 ve Bölüm 3.4' deki sayısal uygulamanın sonucundan da görüldüğü gibi her bir deney düzeninde bu presizyonlar sağlanmaktadır.

Demet yöntemine göre yapılan dengelemede, dengelemeye giren noktaların konum ve yükseklik a priori (öncül) ortalama hataları demet dengelemeden elde edilen presizyonu doğrudan etkilemektedir. Sayısal uygulama alanında a priori ortalama hataları konumda ± 9.7 cm, yükseklikte ± 12.3 cm olarak bulunmuştur. Bu a priori ortalama hataları ile dengelemeden sonra, analitik yöntemde ilgili yönetmeliğin [71] öngördüğü presizyonlar sağlanabilmektedir (Tablo 3.2

ve Tablo 3.8). Blok dengelemede presizyonu artırmak için suni nokta kullanılabilir. Resim bağlantılarında uygun kenetlenmelerin sağlanması sonucu konum presizyonunda %17-%27, yükseklik presizyonun da ise %2-%9 arasında artış sağlanabilir [59].

Elde edilecek presizyon yerleştirme noktası dağılımı ve sayısına bağlı olup Deney 1 ve Deney 3 düzenlerinden görüleceği gibi şerit yada blok kenarında ortalama baz uzunluğunun iki-beş katı kadar aralıklarla konulan tüm yerleştirme noktası dağılımları yeterli sonuç vermektedir. Şerit yada blok içinde ise yükseklik presizyonunu yükseltmek için istenen presizyon derecesine uygun düşen bir yükseklik yerleştirme noktası düzeni seçilebilir. Bu amaç için simülasyon ile hazırlanmış teorik araştırmaların verilerinden de yararlanılabilir. Blok ardışık şeritlerin birleşiminden oluşuyorsa (Şekil 3.37), ilk şeritin enaz son 3 resmi ile sonraki şeritin enaz ilk 3 resmi ortak örtü alanına sahip olmalıdır. Bu ortak alanda da demet dengelemede kullanılmak üzere enaz 2 tüm, 1 yükseklik yerleştirme noktası olmalıdır. Böylece normal denklem sisteminde, N12 alt matrisinde uygun bant yapısı sağlanmakta, ayrıca blok için ideal şerit birleşimi sağlanmaktadır [75]. Sonuçta kararolu uygulamaları için optimum deney düzenlerinin 1.4 ; 1.5 ve 1.6 olduğu söylenebilir.

Demet yöntemine göre dengeleme için resim verilerini elde etmede komparatör yada analitik değerlendirme aletleri kullanılmalıdır. Bu iş için analog değerlendirme aletlerinin kullanılması yeterli olamamaktadır. Analog değerlendirme aletlerinde ölçmeler sonunda elde edilen presizyonlar analitik yöntemle göre konumda 2.6, yükseklikte 5.3 kez daha kötüdür (Tablo 3.8).

ya

En kesitlerde nokta belirtiminde klasik ve modern fotogrametrik yöntemler kullanılabilir. Elde edilen presizyonlar yeterlidir (Tablo 4.1). Sayısal yükseklik modelinde stereo-model üzerinde oluşturulan ağ plaka noktaları ile birlikte araziye karakteristlik noktaların birlikte ölçülüp değerlendirilmesi en uygun yöntem olarak görülmektedir. Sonuçta elde edilebilecek presizyonlar (Tablo 4.2-Tablo 4.3) ihtiyaca cevap verebilecek düzeyde olmaktadır.



Birim Alan Maliyeti Yönünden :

Klasik jeodezik yöntemde birim alanın (1 km uzunluk - 250 m genişlik) etüd ve proje çalışmaları toplam maliyeti 1:1000 ölçekli çalışmalar için 1625.640 \$, 1:2000 ölçekli çalışmalar için 1550.960 \$ (Tablo 5.1) olmaktadır.

Türkiye'de halen kullanılmakta olan fotogrametrik yöntemde 1:1000'lik çalışmalarda toplam maliyetin %49.8'i, 1:2000'lik çalışmalarda ise %46.1'i arazi çalışmalarına harcanmaktadır (Tablo 5.8).

Nokta belirtiminde analitik hava triyangülasyonu yöntemlerinin kullanılması halinde arazi çalışmalarının toplam maliyet içindeki payı %15-%16'ya inmektedir. Sonuçta analitik hava triyangülasyonu yöntemiyle klasik fotogrametrik yöntemle oranla 1:1000'lik çalışmalarda ortalama %38.7, 1:2000'lik çalışmalarda %34.6 oranında toplam maliyetten tasarruf sağlanacaktır (Tablo 5.9).

Karayolu etüd ve proje çalışmaları için en pahalı yöntem klasik jeodezik yöntem olmaktadır. Türkiye'de uygulanan klasik fotogrametrik yöntemde jeodezik yöntemle oranla 1:1000'lik çalışmalarda ortalama %29.6, 1:2000'lik çalışmalarda da ortalama %41.4 oranında toplam maliyetten bir tasarruf sağlanabilmektedir (Tablo 5.10).

Nokta belirtiminde analitik hava triyangülasyon yönteminin uygulanması durumunda jeodezik yöntemle oranla 1:1000'lik çalışmalarda ortalama %56.8, 1:2000'lik çalışmalarda da ortalama %61.6 oranında toplam maliyetten tasarruf sağlanabilmektedir (Tablo 6.1).

Sonuç olarak en ekonomik yöntem fotogrametrik yöntem ve bu yöntemde analitik hava triyangülasyonu ile değerlendirme yöntemleridir. Analitik yöntemlerde aletsel donanım ilk yatırım giderleri büyük olmakta fakat yöntem kısa zamanda kendini amorti edebilmektedir.

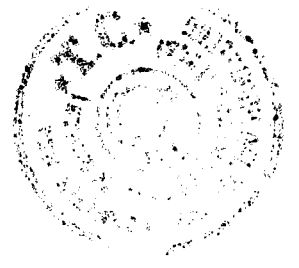


Tablo 6.1 Etüd ve Proje Çalışmalarında Kullanılan Yöntemlerin Toplam Proje Maliyeti Yönünden Birbirlerine Göre Oranları.

Harita Ölçeği	Kullanılan Yöntemler	Kullanılan Yöntemler		
		(A)	(B)	(C)
1:1000	Jeodezik Yöntem (A)	-		
	Fotog. Hava Triyangülasyonu Yok (B)	%29.6	-	
	Fotog. Hava Triyangülasyonu Var (C)	%56.8	%38.7	-
1:2000	Jeodezik Yöntem (A)	-		
	Fotog. Hava Triyangülasyonu Yok (B)	%41.4	-	
	Fotog. Hava Triyangülasyonu Var (C)	%61.6	%34.6	-

Tüm bunlara ilave olarak yol güzergahının seçilmesinde, arazi durumunun jeolojik yapısının incelenmesinde aynı hava fotoğraflarının kullanılabilir olmasının sağladığı yarar ve bunun sonucu olarak sağlanacak hız ve ekonomi de düşünülecek olursa karayolu ve demiryolu çalışmalarında fotogrametri vazgeçilmez faktörlerdir.

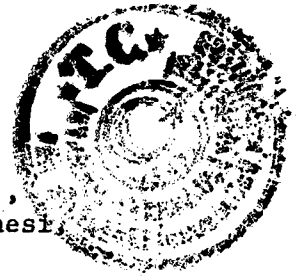
Son plan döneminde önümüzdeki 5 yıl içinde yaklaşık 2000 km'lik bir otoyol ağının yapımının planlandığı günümüzde analitik fotogrametrik yöntemlerin tek çözüm yolu olduğu söylenebilir. Kısa zamanda, istenilen presizyonda, optimum çözüm ancak bu yöntemle elde edilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] ACKERMANN, F.E., Aerotriangulation with Independent Models, Bildmessung und Luftbildwesen, No. 4/1970, 198-206, Stuttgart, 1970.
- [2] ACKERMANN, F.E., Experience With Application of Blok Adjustment for Large Scale Surveys, International Congress for Photogrammetry, 7(41), 499-508, 1972 .
- [3] ACKERMANN, F.E., A Programme package for Block Adjustment-
EBNER, H., With Independent Models, Nachrichten aus
KLEIN, H., dem Karten und Vermessungswesen, Heft 27, 39-51, 1972.
- [4] ACKERMANN, F.E., Neue Ergebnisse zur Aerotriangulation mit
SHNEIDER, W., Stataskop-Daten, Bul 51, Heft 1, 1983.
- [5] ALTAN, M.O., Komparatörlerin Presizyonunun Belirlenmesi,
İTÜ Dergisi, Sayı 3, İstanbul, 1973.
- [6] ALTAN, M.O., Hava Triyangülasyonunda Hataların Birikimi
Üzerine, İTÜ Dergisi, Sayı 3, İstanbul, 1973.
- [7] ALTAN, M.O., Stereo ve Monokomparatörlerin Blok Triyangü-
lasyonundaki Rolü ve Kadastro Fotogrametri-
sine Uygulama, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fa-
kültesi, İstanbul, 1974.
- [8] ASSMUSS, E.V., Anforderungen an das Digitale Höhenmodel
KÖSTLI, A., aus der Sicht des Anwenders, Vermessungs
KRAUS, K., Nachrichten, Heft 8-9/1982, 330-344, 1984.
MOLNAR, L.,
WILD, E.,
- [9] AYTAÇ, M., Modern Dengeleme (Matris Cebri-Hata Hesabı),
İTÜ Kütüphanesi, Sayı:1293, İstanbul, 1984.
- [10] AYTAÇ, M., Modern Dengeleme (Gözlemelerde Dengeleme),
İTÜ Kütüphanesi Sayı:1316, İstanbul, 1985.
- [11] BAUER, H., Height Accuracy of Blocks and Bundle Adjust-
MÜLLER, J., ment With Additional Parameters, XII Inter-
national Congress for Photogrammetry, 1972.
- [12] BAZ, İ., The Solution of Aerial Triangulation on Vec-
tor and Parallel Array Processor, Ph.D. The-
sis, University of Glasgow, 1984.

- [13] BAZ, İ., Paralel Array Bilgisayarlarda Blok Dengeleme İşlemi, Türkiye 1.Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 1987.
- [14] BAZ, İ.,
CAN, Z.C., Fotogrametrik Modellerden Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modelleri İçin B-Spline Yüzeysel Enterpolasyonu ve Perspektif Çizim, İTÜ Dergisi, Cilt 44, Sayı.3-4, 1986.
- [15] BROWN, D.C., Bundle Adjustment with Additional Parameters, Bul, Heft 6, 210-224, 1974.
- [16] BROWN, D.C., Evolution, Application and Potential of The Bundle Method of Photogrammetric Triangulation, ISP Commission III, 1974.
- [17] BROWN, D. C., The Bundle Adjustment - Progress And Prospects, XIIIth Congress of the International Society of Photogrammetry, Commission III, Invited Paper, Helsinki, 1976.
- [18] BROWN, D. C., Densification of Urban Geodetic Nets, Photogrammetric Engineering Remote Sensing, Vol.43, pp.447-467, 1977.
- [19] CHANDRA, N., Application of Digital Terrain Models for Highway Design and Construction, ITC Journal, No. 1982-4, Enschede, 1982.
- [20] CROSSFIELD, J.K., A High Precision Photogrammetry Geodetic Positioning Cost Model, Photogrammetric Remote Sensing, Vol.51, 1953-1962, 1985.
- [21] DJAZMATI, S., Digital Terrain Models for Detailed Highway Design and Construction, ITC Journal, 1982-4, Enschede, 1982.
- [22] DÜPPE, R.D.,
GOOTSCHALK, H.J., Automatische Interpolation von Isolinen bei Willkürlich Verteilten Stützpunkten, AvN, 77 Jg., Heft 10, 423-426, 1970.
- [23] EBNER, H., Theoretical Accuracy Models for Block Triangulation, Bildmessung und Luftbildwesen, No. 4/1972, 3-11, Karlsruhe, 1972.
- [24] EBNER, H., Comparison of Different Methods of Block Adjustment, OEEPE, No.8, 1973.
- [25] ELASSAL, A.A., 14 th Congress of the International Society for Photogrammetry, Commission IV, Working Group 1, Invited Paper, Hamburg, 1980.



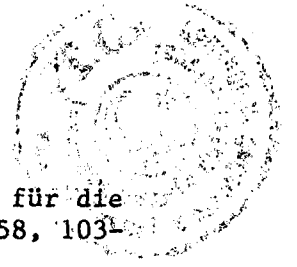
- [26] FINSTERWALDER, S., Fotogrametri, (Türkçesi AYTAÇ, M.,
HOFMANN, W., ÖRMECİ, C., ALTAN, M.O.), İTÜ Kütüphanesi,
Sayı 1242, İstanbul, 1983.
- [27] FRİEB, P., The Navstar Global Positioning System for
Aerial Triangulation, 41 st Photogrammetric
Week, 33-46, Stuttgart, 1987.
- [28] GHOSH, G.H., Analytical Photogrammetry, Pergamon Press,
1979, Newyork.
- [29] GÜLER, A., Sayısal Arazi Modellerinde İnterpolasyon
Yöntemi, Harita Dergisi, Sayı.85, 1978.
- [30] GÜLER, A., Sayısal Arazi Modellerinde İki Enterpolas-
yon Yöntemi ile Denemeler, Harita Kadastro
Dergisi, Sayı 52-53, 1985.
- [31] GÜRBÜZ, H., Hava Triyangülasyonunda Sayısal Şerit Denge-
leme Çeşitleri ve Bilinmeyen Sayıları, İTÜ
Dergisi, Cilt 30, Sayı 4, 47-57, 1972
- [32] GÜRBÜZ, H., Türkiye' de Yapılan Fotogrametrik Çizgisel
Haritalar İçin En Uygun Çift Resim Değerlen-
dirme Aletleri, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fa-
kültesi, Konya, 1976.
- [33] HENRY, H.A., Interactive Graphics in Highway Design,
Transportation Research, Vol. 923, 8-14,
1983.
- [34] HUURNEMAN, G., Composite sampling using a mini - computer
TEMPFLI, K., supported analogue instrument, ITC Journal,
1984-2.
- [35] JULIA, J.E., A Fortran Block Adjustment Program by İnde-
pendent models and least squares suitable
for arbitrary blocks and small computers,
International Archives of Photogrammetry,
23 (B3), 359-368, Hamburg, 1980.
- [36] JULIA, J.E., A general rigorous method for block adjust-
ment with models in mini and micro compu-
ters, International Archives of Photogram-
metry and Remote Sensing, 25 (3a), 473-480,
Rio. 1984.
- [37] JULIA, J.E., Developments With The Coblo Block Adjustment
Program, Photogrammetric Record, 12 (68),
219-226, 1986.



- [38] KALYONCU, A., Yol Projelendirme ve Uygulamada Harita Hizmetleri ve Sorunları, Türkiye' de Harita Kadastro Sektörü ve Sorunları Bilimsel Toplantısı, Konya, 1982.
- [39] KARARA, H.M., Analytic Aerial Triangulation for Highway Location and Design, Civil Engineering Studies, Photogrammetry Series No.22, University of Illinois, 1969.
- [40] KASPER, H., Report on the results of the International experiment "Wisentheid", Journal Japon Soc. Pho. Special, Vol.2, 1966.
- [41] KAVALALI, S., Untersuchungen Zur Erdmassenbestimmung Durch Luftbildmessung Beim Verkehrswegebau, Ph. D. Thesis, Berlin, 1962.
- [42] KELLER, M., Block Adjustment Operation at C.and G.S., Photogrammetric Engineering, 33 (11), 1266, 1967.
- [43] KELLER, M., Block Analytical Aerotriangulation, ESSA TEWINKEL, G.S., Technical Report 35, 1967.
- [44] KILPELA, E., Theoretische Genauigkeitsuntersuchungen der in Finland Angewandten Analytischen Bündelausgleichungsmethode, Helsinki, 1970.
- [45] KILPELA, E., Passpunktanordnungen bei der Bündelausgleichung der Analytischen Photogrammetrie, Helsinki University of Technology, Institute of Photogrammetry, 1972.
- [46] KRAUS, K., Die Katasterphotogrammetrie im praktischen Einsatz, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Heft 4, 1973.
- [47] KUSCH, M., Büyük Ölçekli Harita Yapımında Optimum Resim Ölçeği, (Türkçesi ÖRÜKLÜ, E.), Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı 23, 1974.
- [48] KÜLÜR, S., Fotogrametrik ve Fotogrametrik Olmayan Ölçmelerin Birlikte Değerlendirilmesi ve Uygulaması, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1985.
- [49] LEUPIN, M., A practical guide to independent-model aerial triangulation, WILD Heerbrugg, Bern, 1985.



- [50] LINKWITZ, K., Digital Terrain Models, Bildmessung und Luftbildwesen, No.1/1970, 76-84, 1970.
- [51] MEIXNER, H., A Universal Computer Program for Analytical Aerotriangulation, Allgemeine Vermessungs Nachrichten, No. 7/1972, 281-289, 1972.
- [52] MEIXNER, H., Programmentwicklung und Genauigkeitsuntersuchungen Zur Bündelmethod der Aerotriangulation, DGK Reihe C Nr. 206, Münch, 1975.
- [53] MOHL, H., Vergleichende fehler-theoretische Untersuchungen Über die Genauigkeit verschiedener-Verfahren der Programmetrischen Streifen-triangulation, DGK Reihe C, Heft Nr.149, Münch. 1970.
- [54] MÜFTÜOĞLU, O., KÜLÜR, S., Otoyolların Yerleşimi ve Seçiminde Analitik Hava Triyângölasyonu, İTÜ Ulaştırma ve Ulaşım Araçları Uygulama Araştırma Merkezi, Ayazağa, 1987.
- [55] OEEPE., Raport sur l'essai " Gramastetten ", No.72, 1972.
- [56] ÖLÇÜCÜOĞLU, N., Harita Genel Komutanlığında Kurulan C-115 Planicomp Analitik Alet Sistemi ve İşlevleri, Harita Dergisi, Sayı 96, Ocak 1986, 74-80, Ankara.
- [57] ÖRMECİ, C., Kitle Hareketlerinin Fotogrametri ile Etüdü, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1973.
- [58] ÖRMECİ, C., Fotojeoloji, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1977.
- [59] PARSİC, Z., Untersuchungen über den Einfluss Signalisierter und künstlicher Verknüpfungspunkte auf die Genauigkeit einer Blocktriangulation, Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik 10/78, p.269-278, 1978.
- [60] SCHENK, A., Ergebnisse einer Blocktriangulation nach der Bündelmethod, Block Gramastetten, Sch.2.für Vermessungswesen und Kulturtechnik, 1973.
- [61] SCHENK, A., Numerische Untersuchungen zur Photogrammetrischen Blocktriangulation nach der Bündelmethod, Diss. ETH., 1973.



- [62] SCHMIT, G.H., Eine allgemeine analytische Lösung für die Aufgabe der Photogrammetrie, BuL.1958, 103-113, BuL 1959, 1-12.
- [63] SHUT, G.H., Review of interpolation methods for digital terrain models, XIII ISP Kongresi, Helsinki, 1976.
- [64] SCHUT, G.H., Block Adjustment of Bundles, The Canadian Surveyor, Vol.34, No.2, 1980.
- [65] SHOLZ, W., ISP X.th Cong., Commision IV., Gr.3, 1964.
- [66] SIMMONS, P., SCOTT, D., Development of Road Traverse and Cross Sections From Digital Terrain Models, Automated Photogrammetry and Cartography of Highway and Transport Systems, 7-21, Washington DC, 1982.
- [67] TOZ, F.G., Fotogrametrik Değerlendirme Aletlerinin Doğruluğunun Ağ Plaka Ölçmeleri ile Belirlenmesi, İTÜ Dergisi, Cilt 44, Sayı 1-2, 34-39, 1987.
- [68] TÜDEŞ, T., Türkiye'de Fotogrametrinin Karayolu Etüdlere Tatbiki, Doktora Tezi, İTÜ İnşaat Fakültesi, Trabzon, 1970.
- [69] WONG, K. W., Aerotriangulation by SAPGO, Photogrammetric Engineering, Vol XXXII, No.10, pp.779-790, 1972.
- [70] YILDIZ, F., Fotogrametri Değerlendirme Aletlerinde Mono Grid Ölçmeleriyle Doğruluk Testleri, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Sayı 4, Konya, 1987.
- [71] 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Teknik Yönetmelik, Ankara, 1974.
- [72] Surveying and Mapping Manual, State of Wisconsin Department of Transportation, 1976.
- [73] National Report Present to XV. International Congress of The National Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Ankara, 1984.
- [74] Karayolu Etüd ve Aplikasyon İşleri, TCK Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984.



- [75] Department of Transport Roads and Local
Transport Directorate Departmental Standard
HD 11/84, England, 1984.
- [76] Carta Software, State of Michigan, Depart-
ment of Transportation, Michigan, 1985.
- [77] Surveying And Mapping Manual, U.S. Depart-
ment of Transportation, Federal Highway
Administration, Washington DC, 1985.
- [78] Bakanlıklararası Harita ve Uzaktan Algılama
İşlerini Planlama ve Koordinasyon Kurulu
1987 Kararları, Ankara, 1987.
- [79] 1987 Yılı Halihazır Harita Birim Fiyatları ile
Yol Aplikasyonu En-Boy Kesit Çıkartılması Km
Birim Fiyatları, İller Bankası Genel Müdürlü-
ğü, Ankara, 1987.
- [80] Tescile Konu Olan ve Olmayan Harita ve Plan-
ların Birim Fiyatları, TMMOB Harita ve Ka-
dastro Mühendisleri Odası, Ankara, 1987.





EK. 1

İŞİN DENETLERİ İLE BLOK DENGELEME
TEST ALANI = GRAMMASTETTEN
BİRİM = ŞERİT
RESİM SAYISI = 10

FERRUH YILDIZ
DENEY 1.5

TÜM YERLEŞTİRME NOKTASI SAYISI = 6 (3,9,17,60,67,76)
YÜKSEKLİK YERLEŞTİRME NOKTASI SAYISI = 5 (59,63,66,69,72)
JEODEZİK NOKTALAR İÇİN AĞIRLIK KATSAYISI = 20

BLOK TOPLAM 10 RESİM VE 40 CİSİM NOKTASINI İÇERMEKTEDİR

İTERASYONLAR ARASI YAKINSAMAYI GÖSTERİR SONUÇLAR

İTERASYON NO : 1
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = .0012017 BOLEN = 140.004 DIR
DENGELEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
.0173348 (radyan) OLARAK BULUNMUSTUR

İTERASYON NO : 2
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = -.0004449 BOLEN = 162.904 DIR
DENGELEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
-.0018024 (radyan) OLARAK BULUNMUSTUR

İTERASYON NO : 3
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = -.0000040 BOLEN = 160.859 DIR
DENGELEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
-.0000042 (radyan) OLARAK BULUNMUSTUR

İTERASYON NO : 4
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = .0000000 BOLEN = 160.860 DIR
DENGELEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
.0000000 (radyan) OLARAK BULUNMUSTUR

PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 6
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 11

PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mo) = .002 (m) .1 (mikron)
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mo) = .002 (m) .0011 (Zoh)

PLANIMETRIK KONTROL NOKTALARINDAKI MIN. KAPANMA = .000 (m)

PLANIMETRIK KONTROL NOKTALARINDAKI MAX. KAPANMA = .002 (m)

YUKSEKLIK KONTROL NOKTALARINDAKI MIN. KAPANMA = .000 (m)

YUKSEKLIK KONTROL NOKTALARINDAKI MAX. KAPANMA = .005 (m)

PLANIMETRIK CHECK NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 27

YUKSEKLIK CHECK NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 27

PLANIMETRIK CHECK NOKTALARINDAKI Ort.Hata (Mo) = .163 (m) 12.4 (mikron)

YUKSEKLIK CHECK NOKTALARINDAKI Ort.Hata = .179 (m) .0894 (ZoH)

635 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
59	2	3
3	-3	-1
60	-1	-2
61	0	1
5	2	-1

636 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
3	12	-1
6	1	5
61	0	-1
7	1	6
63	-2	-11
62	-1	8
5	-5	0
59	-2	-3
60	-2	-3

637 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
63	5	2
6	-3	0
62	3	0
8	0	0
5	3	0
64	-3	-3
7	-3	0

641 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
66	0	-1
6	1	-5
64	8	0
7	1	-6
8	0	13
9	4	-2
62	-1	-8
63	-3	9
65	0	1
67	-11	-1

642 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
66	0	1
8	0	-14
64	-3	2
9	1	17
10	0	-6
65	0	-1
67	1	-1
68	0	2

643 NOLU RESIMDEKI KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
69	-1	4
9	1	-2
67	0	0
10	0	-10
11	0	1
12	0	-5
13	0	-2
68	0	2
70	0	0
202	0	-1
290	0	-7
293	0	0
294	0	0



644 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
294	0	0
10	0	-4
11	0	-2
12	0	3
13	-1	5
14	-1	-2
68	0	-4
69	1	-4
70	0	0
72	0	0
73	0	-2
202	0	1
290	0	7
293	0	0
298	0	-4
299	0	4
304	-2	2

646 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
75	0	0
14	-1	0
76	0	0
15	0	1
17	-1	-1
19	0	0
72	3	3
73	0	1
298	0	1
299	0	-3
304	-1	-2
305	0	0
306	0	0
308	0	0

645 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
306	0	0
11	0	1
73	-1	1
12	0	1
13	0	-3
14	2	1
15	0	-1
17	0	0
72	-3	-2
298	0	3
299	-1	-1
304	3	0
305	0	0
308	0	0

629 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
75	0	0
76	0	0
19	0	0
17	0	0

RESİM NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mo) = 3 (mikron)

MIN. (x)-KOORDINAT KAPANMASI (resimde) = .0 (mikron)

MAX. (x)-KOORDINAT KAPANMASI (, ,) = 12.4 (, ,)

MIN. (y)-KOORDINAT KAPANMASI (, ,) = .0 (, ,)

MAX. (y)-KOORDINAT KAPANMASI (, ,) = 17.3 (, ,)

DENGELNİS YER KOORDİNLARI : KONTROL NOKTARINDAKİ KAPANMALAR
(metre)

NOKTA	X	Y	Z	DX	DY	DZ
59	64624.247	51554.625	472.170	.00	.00	.00
3	63294.810	51611.440	452.170	.00	.00	-.01
60	65102.250	51602.050	500.450	.00	.00	.00
61 CH	65028.687	52420.886	533.491	-.07	-.01	.04
5 CH	63310.770	52394.249	500.305	-.04	.10	.07
6 CH	63332.710	52954.815	539.717	-.41	.20	.16
7 CH	63283.860	53218.255	540.272	.04	.22	-.18
63	64090.099	53316.226	563.080	.00	.00	.00
62 CH	64916.487	53201.733	582.987	-.16	-.16	.33
8 CH	63372.280	54149.658	545.318	-.11	.24	.28
64 CH	64937.385	53978.520	570.805	.09	-.08	-.05
66	63970.701	54458.203	555.810	.00	.00	.00
9	63264.800	54782.800	506.520	.00	.00	.00
65 CH	64823.769	54450.638	580.702	-.04	.02	.03
67	64961.910	54747.070	558.660	.00	.00	.00
10 CH	63256.682	55690.998	513.472	-.05	-.13	.02
68 CH	64909.796	55375.671	474.492	.08	-.08	-.13
69	64082.545	55900.674	532.570	.00	.00	.00
11 CH	63140.539	56131.320	522.176	-.10	-.04	-.25
12 CH	63073.730	56193.865	519.296	-.08	-.11	-.29
13 CH	63062.079	56513.579	483.978	-.18	-.03	-.48
70 CH	64196.642	55971.339	526.501	-.05	-.08	.00
202 CH	64839.798	55964.164	478.931	-.10	-.06	.07
290 CH	64325.996	55424.320	525.427	.03	-.03	-.41
293 CH	64421.336	56223.340	522.701	-.09	-.13	.12
294 CH	64266.364	56413.023	498.099	-.02	-.16	-.06
14 CH	63349.736	56941.501	485.252	-.06	-.01	-.08
72	64280.126	56852.139	537.850	.00	.00	.00
73 CH	64969.678	57007.250	539.758	.11	-.14	.06
298 CH	63812.378	57205.987	485.414	-.04	-.05	-.01
299 CH	64040.638	56893.273	510.767	-.03	-.10	-.04
304 CH	64847.113	56834.010	497.060	.08	-.17	.02
306 CH	64034.198	57170.622	501.621	-.03	-.07	.03
15 CH	63149.501	57342.607	460.365	-.15	.03	-.09
17	63250.290	57961.660	470.790	.00	.00	.00
305 CH	64685.182	57110.662	514.643	.08	-.11	-.03
308 CH	64383.484	57119.700	460.673	.00	-.08	.04
75	63957.060	58388.865	570.602			
76	65041.520	58857.440	555.930	.00	.00	.00
19	63294.174	58808.843	520.466			

DENGELEME SONUCU ELDE EDİLEN KAMERA PARAMETRELERİ

RESİM	OMEGA	Fi	KAPA
-------	-------	----	------

(Radyan)

635	-.02301	-.00392	1.56475
636	-.01731	.00571	1.56363
637	-.01053	.03277	1.51853
641	.01719	-.01117	1.56172
642	.00409	-.01028	1.56550
643	.00432	.02346	1.50770
644	.00159	.01449	1.50661
645	-.00668	.01104	1.50201
646	-.01160	.00955	1.50876
629	.02620	-.00719	-1.53115

RESİM	Xo	Yo	Zo
-------	----	----	----

(metre)

635	64127.948	51622.065	2005.333
636	64112.430	52403.471	2002.972
637	64112.895	53173.578	2004.460
641	64084.051	53913.437	2000.269
642	64059.541	54780.745	1998.689
643	64050.385	55570.628	1998.033
644	64085.074	56371.020	1998.323
645	64126.045	57146.912	2000.922
646	64162.238	57973.037	1999.606
629	64126.918	58834.234	2005.641

EK. 2



İŞİN DEMETLERİ İLE BLOK DENGEME
TEST ALANI = CUMBRIAN WEST
BİRİM = BLOK
ŞERİT SAYISI = 3
BLOKTAKI RESİM SAYISI = 15 (5 + 5 + 5)

FERRUH YILDIZ
DENEY 2.1

TÜM YERLEŞTİRME NOKTASI SAYISI = 12
YÜKSEKLİK YERLEŞTİRME NOKTASI SAYISI = 8
JEDDEZİK NOKTALAR İÇİN AĞIRLIK KATSAYISI = 20
TÜM YERLEŞTİRME NOKTA NUMARALARI = 5334502,3034248,1034265,1039672
5334308,240108,5739702,240502
5740402,40805,5740608,1046332
YÜKSEKLİK YERLEŞTİRME NOKTA NUMARALARI = 234402,234201,5339707,3040040
5740602,5339901,5746107,240508

BLOK TOPLAM 15 RESİM VE 78 CİSİM NOKTASINI İÇERMEKTEDİR

İTERASYONLAR ARASI YAKINSAMAYI GÖSTERİR SONUÇLAR

İTERASYON NO : 1
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = -.0000743 BOLEN = 44.999 DİR
DENGEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
-.0001942 (radyan) OLARAK BULUNMUŞTUR

İTERASYON NO : 2
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = .0000062 BOLEN = 44.799 DİR
DENGEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
-.0000097 (radyan) OLARAK BULUNMUŞTUR

İTERASYON NO : 3
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = -.0000005 BOLEN = 44.818 DİR
DENGEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
.0000008 (radyan) OLARAK BULUNMUŞTUR

İTERASYON NO : 4
İNDİRGENMİS NORMAL DENKLEMLERİN SON İKİ TERİMİ
BOLUNEN = .0000000 BOLEN = 44.816 DİR
DENGEME SONUCU DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNE GETİRİLECEK MAX. DÜZELTME
-.0000001 (radyan) OLARAK BULUNMUŞTUR

PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 12
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 20



PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mo) = .027 (m) 1.1 (mikron)
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mo) = .027 (m) .0071 (ZoH)

PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARINDAKİ MIN. KAPANMA = .000 (m)
PLANİMETRİK KONTROL NOKTALARINDAKİ MAX. KAPANMA = .052 (m)

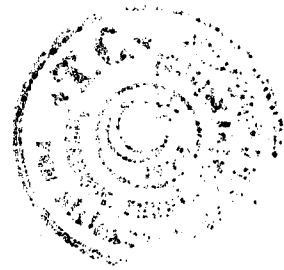
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARINDAKİ MIN. KAPANMA = .000 (m)
YÜKSEKLİK KONTROL NOKTALARINDAKİ MAX. KAPANMA = .093 (m)

PLANİMETRİK CHECK NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 58
YÜKSEKLİK CHECK NOKTALARININ TOPLAM SAYISI = 58

PLANİMETRİK CHECK NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mxy) = .080 (m) 3.1 (mikron)
YÜKSEKLİK CHECK NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (Mz) = .122 (m) .0315 (ZoH)

PLANİMETRİK CHECK NOKTALARINDAKİ X-Ort.Hata (Mx) = .100 (m) 3.9 (mikron)
PLANİMETRİK CHECK NOKTALARINDAKİ Y-Ort.Hata (My) = .052 (m) 2.1 (mikron)

341 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR (mikron)			342 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR (mikron)		
NOKTA	Vx	Vy	NOKTA	Vx	Vy
34104	0	0	34204	-10	12
234201	2	-11	5334307	2	-1
234207	1	15	5734301	-5	-29
34204	5	-6	5339907	-2	-4
34205	3	-1	34205	-7	10
234208	0	-7	34304	0	2
1034265	-6	7	234201	-6	6
1034266	0	-5	234207	-1	-18
3034248	0	11	34104	0	0
3040040	-1	-1	1034265	-3	7
5334107	1	2	1034266	0	5
5334108	-6	-3	3034248	10	15
			3040040	-1	-5
			5334107	13	-2
			5334108	14	2
401 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR (mikron)			400 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR (mikron)		
NOKTA	Vx	Vy	NOKTA	Vx	Vy
40104	0	-6	40004	6	17
240008	0	-13	240101	0	4
240101	0	-4	240108	-34	10
40004	-2	-11	40005	1	13
40005	0	-5	40104	0	5
40105	0	-2	40105	0	2
240007	2	6	240007	-5	-25
240108	3	-1	1040101	0	-11
1040101	0	11	1040102	0	1
1040102	0	-1	3040040	-7	-11
3040040	3	4	5334107	20	-9
5334107	-5	9	5334108	14	-7
5334108	-7	5	39904	3	9
5740401	0	0	1040436	-3	23
5740402	7	7	5339901	-9	-13
			5339902	1	-14
			5339907	11	5



404 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
40404	0	1
240502	13	-4
240507	1	7
40405	0	8
40504	-1	5
40505	-1	-2
240501	0	-2
240508	8	20
1040436	-3	12
1040437	-6	11
1046332	-20	-30
1046333	0	0
5740401	0	0
5740402	8	-26

343 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

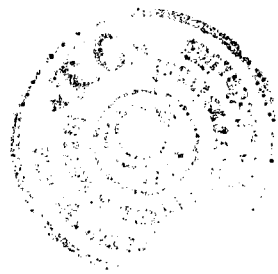
NOKTA	Vx	Vy
34304	1	2
234402	-13	0
234408	4	1
34305	0	0
34404	-2	-7
34405	-4	-2
234401	0	1
1000139	0	3
5334307	-4	0
5334308	7	-11
5734301	11	12
34204	5	-6
34205	3	-8
234201	3	5
234207	0	2
234208	0	8
5339907	-11	-4

399 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
39904	-5	-9
240008	0	13
1040436	17	-21
39905	0	-6
40004	-2	-5
40005	0	-8
240007	1	19
1040437	1	3
5339901	-7	13
5339902	-4	8
5339907	-17	-31
5740402	-13	28
39804	0	-1
39805	0	0
239807	-3	-6
5740601	8	-3
5740602	24	4

405 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
40504	3	5
240502	5	7
240507	-3	0
40505	3	11
40604	-1	0
40605	-3	9
240501	-1	4
240508	-3	-10
5740601	5	7
5740602	14	12
5740607	0	-9
5740608	-44	28
40404	0	-1
40405	0	-8
1040436	16	-11
1040437	7	-8
1046332	0	-38
1046333	0	0



344 NOLU RESİNDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
34404	3	7
234402	12	-2
234408	-8	-9
34405	8	6
34504	0	5
34505	0	0
234401	1	-1
5334502	-21	6
5334507	0	-2
5339707	-8	-18
34304	0	-5
34305	0	0
1000139	0	-3
5334307	2	0
5334308	15	4
5734301	-5	15

398 NOLU RESİNDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
39804	0	2
239808	0	2
5339901	15	0
39805	0	2
39904	2	0
39905	0	5
239807	6	1
5339902	2	5
5339907	-7	14
5740601	6	-4
5740602	-2	-5
39704	0	6
39705	0	-6
5339707	-25	-6
5739701	10	-7
5739702	-8	-8

406 NOLU RESİNDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
40604	3	5
5739702	2	-4
5740607	0	8
40605	7	-1
40704	-1	4
40705	0	1
5739701	10	0
5740601	1	-4
5740602	0	-8
5740608	-35	43
5746107	18	1
5746108	0	-4
40504	-1	-11
40505	-1	-8
240501	0	-1
240502	-4	-2
240507	1	-6
240508	-5	-10

345 NOLU RESİNDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
34504	0	-5
1039672	12	8
5334502	1	-6
5334507	0	2
34404	-1	0
34505	0	0
34405	-4	-4
234401	0	0
234402	1	2
234408	4	7
5339707	-12	-5

397 NOLU RESİNDEKİ KAPANMALAR
(mikron)

NOKTA	Vx	Vy
39704	0	-6
5739701	9	7
239808	0	-2
39705	0	6
39804	0	-1
39805	0	-1
239807	-3	5
5339707	4	-17
5739702	-3	-2
5740601	-6	13
5740602	-3	-9
1039672	2	8



407 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR

(mikron)

NOKTA	V _x	V _y
40704	2	-3
5746108	0	4
5739701	11	5
40705	0	-6
40804	0	6
40805	-6	5
5739702	11	14
5746107	-18	-1
40604	-1	-5
40605	-3	-7
5740601	1	2
5740602	2	-17

408 NOLU RESİMDEKİ KAPANMALAR

(mikron)

NOKTA	V _x	V _y
40804	0	-6
5739702	0	2
40805	1	6
40704	-1	-1
40705	0	4
5739701	-1	-3

RESİM NOKTALARINDAKİ Ort.Hata (M₀) = 9 (mikron)

(x)-KOORDİNATLARI Ort.Hatası (M_x) = 8.2 (mikron)

(y)-KOORDİNATLARI Ort.Hatası (M_y) = 10.1 (mikron)

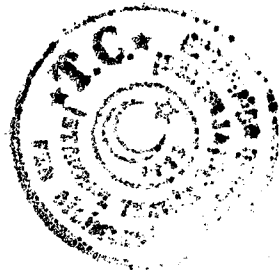
MIN. (x)-KOORDİNAT KAPANMASI (resimde) = .0 (mikron)

MAX. (x)-KOORDİNAT KAPANMASI (, ,) = 44.9 (, ,)

MIN. (y)-KOORDİNAT KAPANMASI (, ,) = .0 (, ,)

MAX. (y)-KOORDİNAT KAPANMASI (, ,) = 43.6 (, ,)

DENGELLENMIS YER KOORDINATLARI : KONTROL NOKTARINDAKI KAPANMALAR.
(metre)



NOKTA	X	Y	Z	DX	DY	DZ
34104 CH	335689.946	541907.018	102.220	.32	.02	.28
234201	337942.710	539584.580	216.592	.00	.00	.00
234207 CH	333143.325	539765.526	157.721	.02	-.01	-.01
34204 CH	335437.279	540021.243	154.798	.15	-.01	.00
34205 CH	335389.865	540025.808	154.532	.12	.06	.01
234208 CH	333114.832	539721.695	162.102	.03	-.01	-.01
1034265	337439.500	540467.500	169.470	.01	.01	.01
1034266 CH	337303.714	540604.068	162.827	.21	.07	.07
3034248	337186.620	539313.680	256.640	.02	-.01	.02
3040040	333797.851	541242.679	302.360	.00	.00	.00
5334107 CH	333382.026	542346.524	208.856	.03	.02	-.01
5334108 CH	333316.208	542157.315	222.710	.01	.02	-.01
40104 CH	331680.558	542994.401	224.810	.01	.00	-.07
240008 CH	334300.594	540751.595	271.912	.04	-.01	.06
240101 CH	329325.745	542784.860	246.808	-.01	-.01	-.12
40004 CH	331610.150	540686.177	221.804	.00	-.02	.02
40005 CH	331824.603	540617.582	213.300	.00	-.02	.02
40105 CH	331847.610	543128.720	208.068	.01	.00	-.07
240007 CH	334142.142	540749.931	282.991	.04	-.02	.07
240108	334190.250	543372.000	157.261	-.01	-.02	-.03
1040101 CH	330048.034	543239.579	226.837	-.01	.00	-.11
1040102 CH	330330.440	543062.497	236.693	.00	.00	-.11
5740401 CH	329844.466	540614.404	336.566	.02	-.05	.02
5740402	329768.250	540598.000	334.792	-.03	-.01	-.01
5334307 CH	333388.358	537650.023	280.396	.06	.00	.04
5734301 CH	337493.460	537515.227	217.266	-.01	.03	.04
5339907 CH	333808.037	538471.422	192.144	.06	-.03	.06
34304 CH	335627.231	537870.664	178.025	.02	.01	.04
39904 CH	331786.457	538370.990	218.607	.00	-.05	.01
1040436 CH	329863.765	540126.418	292.617	.02	-.03	.01
5339901	329428.607	538563.166	243.311	.00	.00	.01
5339902 CH	329461.532	538517.997	245.293	-.01	-.03	.00
40404 CH	327407.275	540116.513	342.848	.00	.00	-.01
240502	329665.125	538135.000	227.407	.00	-.01	.01
240507 CH	325417.298	538015.187	245.314	-.01	-.01	.00
40405 CH	327380.675	540054.072	343.142	-.20	.07	-.65
40504 CH	327651.861	538088.637	252.725	.01	-.01	-.01
40505 CH	327577.247	538054.691	251.384	.00	-.01	-.01
240501 CH	329706.877	538036.416	229.219	.00	-.01	.29
240508	325316.427	538030.254	238.206	.00	.00	.01
1040437 CH	329542.899	539731.080	280.969	.00	-.02	-.01
1046332	325595.625	539451.250	261.210	-.04	.01	.05
1046333 CH	325884.130	539366.767	263.765	-.01	-.01	.00
234402	337775.716	535510.049	234.398	.00	.00	-.01
234408 CH	333412.909	535891.042	434.177	.04	.04	.01
34305 CH	335576.857	537766.727	178.819	.01	-.02	.05
34404 CH	335580.535	535577.662	216.170	.01	.04	.00
34405 CH	335473.266	535580.274	218.954	.01	.04	.00
234401 CH	337747.284	535613.062	232.431	.03	.06	-.12
1000139 CH	337334.150	536853.718	207.795	-.01	.04	.06



NDKTA	X	Y	Z	DX	DY	DZ
5334308	333325.875	537706.500	279.163	.00	-.01	-.01
39905 CH	332015.160	538424.232	211.423	.01	-.05	.02
39804 CH	331283.166	536215.482	473.862	-.03	-.05	.06
39805 CH	331552.013	536247.709	479.390	-.04	-.06	.08
239807 CH	333659.509	536438.770	340.496	-.05	-.08	.15
5740601 CH	329530.148	536175.791	396.065	-.01	-.03	.01
5740602	329513.052	536259.578	387.700	.00	.00	-.01
40604 CH	327780.971	536041.171	359.802	.00	-.01	-.01
40605 CH	327652.908	536110.384	370.852	.00	-.02	-.01
5740607 CH	325746.719	536245.478	185.511	-.01	-.01	-.01
5740608	325741.000	536330.250	176.746	.04	.05	-.09
34504 CH	335437.944	533594.577	231.528	-.03	.04	-.06
34505 CH	335468.311	533501.467	230.266	-.01	.04	-.05
5334502	337325.250	533421.000	271.868	.00	.01	-.02
5334507 CH	333483.135	533329.580	522.219	-.06	.06	-.13
5339707	333601.305	534609.559	401.640	.00	.00	.03
239808 CH	333803.554	536385.485	328.766	-.16	-.14	.31
39704 CH	331569.098	534404.581	626.730	-.07	-.02	.10
39705 CH	331837.260	534407.083	610.646	-.08	-.03	.12
5739701 CH	329655.040	534029.706	621.868	-.01	.01	.00
5739702	329774.375	533982.250	605.594	.01	-.01	.00
40704 CH	327637.378	534185.797	323.098	-.01	.00	.08
40705 CH	327570.827	534195.586	317.384	.00	-.01	.00
5746107	325896.585	534162.242	276.799	.00	.00	.02
5746108 CH	325955.198	534220.924	269.493	.00	-.01	-.01
1039672	333849.250	532314.500	244.450	.00	-.01	-.01
40804 CH	327555.140	531981.422	553.865	.00	.00	.01
40805	327545.625	531905.750	556.245	.01	.00	-.01

DENGELEME SONUCU ELDE EDİLEN KAMERA PARAMETRELERİ

(Radyan)

RESİM	OMEGA	Fi	KAPA
341	.01172	-.00425	1.56066
401	-.01154	-.00983	1.55029
342	.00914	-.00299	1.56323
400	-.00950	-.00994	-1.53215
404	.01782	-.00217	-1.55388
343	.00503	.02201	-1.56315
399	-.01335	-.02204	1.54624
405	.00734	.01907	-1.53799
344	.00062	.00780	1.56134
398	-.01308	.04723	1.56849
406	-.00323	-.01630	-1.56014
345	.01477	.02351	-1.54860
397	-.00790	-.02917	-1.54741
407	.02336	-.02336	-1.55716
408	-.00959	.00056	1.55106



RESİM	Xa	Ya	Za
	(metre)		
341	335535.558	541857.545	3867.306
401	331801.103	542901.482	3881.112
342	335483.163	539777.707	3886.802
400	331763.593	540728.942	3882.197
404	327541.494	540162.721	3851.558
343	335437.585	537571.852	3868.349
399	331747.136	538527.269	3878.914
405	327586.682	538035.481	3861.097
344	335416.570	535509.618	3873.384
398	331618.089	536431.513	3882.738
406	327661.182	536006.915	3876.628
345	335378.936	533378.706	3870.237
397	331668.862	534383.932	3881.224
407	327717.575	533908.803	3878.052
408	327727.998	532013.578	3893.506





EK. 3

TEST ALANI (Seydişehir - Bozkır) ;

- JEODEZİK

- B-SPLINE YÜZEY ENTERPOLASYONU

- FOTOGRAMETRİK

YÜKSEKLİK ÖLÇME SONUÇLARI VE JEODEZİK YÜKSEKLİK ÖLÇMELERİNDEN FARKLARI

Yükseklik Ortalama Hataları

$M_j = \pm 1.2$ cm

$M_s = \pm 46.7$ cm

$M_f = \pm 15.9$ cm

KESİT	JEODEZİK	KOORDİNATLAR		B-SPLINE	FOTOGRAMETRİK	FARKLAR	
NOKTA							
NO	X	Y	Z _j	Z _s	Z _f	Z _j -Z _s	Z _j -Z _f
101							
1	124420.648	403576.085	1528.082	1528.622	1528.20	-54.0	-11.8
2	124418.087	403569.900	1530.017	1530.821	1530.10	-80.4	-8.3
3	124414.784	403558.556	1533.304	1533.325	1533.10	-2.1	20.4
4	124411.348	403546.024	1536.430	1535.389	1536.50	104.1	-7.0
5	124408.376	403536.249	1537.096	1536.238	1537.25	85.8	-15.4
6	124405.941	403529.376	1535.790	1535.817	1535.80	-2.7	-1.0
7	124403.335	403520.752	1535.483	1534.674	1535.60	80.9	-11.7
8	124400.580	403510.622	1534.801	1533.426	1534.65	137.5	15.1
9	124398.178	403502.448	1534.842	1532.929	1534.95	191.3	-10.8
102							
1	124404.410	403576.372	1529.270	1528.167	1529.15	110.3	12.0
2	124401.742	403567.300	1529.213	1528.864	1529.35	34.9	-13.7
3	124399.112	403556.839	1530.951	1529.771	1530.70	118.0	25.1
4	124396.630	403546.490	1530.107	1530.241	1530.20	-13.4	-9.3
5	124394.394	403537.495	1531.248	1530.513	1530.90	73.5	34.8
6	124392.611	403529.097	1530.595	1529.238	1530.35	135.7	24.5
7	124390.848	403519.489	1529.863	1527.985	1529.90	187.8	-3.7
8	124389.183	403510.219	1527.155	1526.796	1527.35	35.9	-19.5
9	124387.863	403503.407	1527.275	1526.351	1527.35	92.4	-7.5
103							
1	124386.200	403578.036	1522.258	1522.667	1522.45	-40.9	-19.2
2	124383.588	403567.082	1522.560	1522.753	1522.65	-19.3	-9.0
3	124381.606	403556.777	1523.309	1523.022	1523.25	28.7	5.9
4	124379.680	403547.520	1523.673	1523.094	1523.45	57.9	22.3
5	124377.515	403538.785	1523.201	1522.753	1523.35	44.8	-14.9
6	124375.339	403527.667	1522.176	1522.121	1522.10	5.5	7.6
7	124373.165	403516.889	1521.665	1521.285	1521.40	38.0	26.5
8	124371.058	403508.461	1521.264	1520.448	1521.40	81.6	-13.6
9	124368.960	403502.511	1520.390	1519.736	1520.25	65.4	14.0

KESIT NOKTA	JEODEZİK	KOORDINATLAR		B-SPLINE	FOTOGRAMETRİK	FARKLAR	
NO	X	Y	Zj	Zs	Zt	Zj-Zs	Zj-Zt
104							
1	124337.229	403586.661	1511.216	1510.862	1511.35	35.4	-13.4
2	124336.166	403576.001	1510.713	1510.825	1510.80	-11.2	-8.7
3	124334.433	403565.769	1510.939	1511.158	1510.85	-21.9	8.9
4	124332.318	403555.545	1511.431	1511.650	1511.65	-21.9	-21.9
5	124329.940	403545.418	1511.904	1512.136	1511.70	-23.2	20.4
6	124327.032	403535.236	1512.225	1512.539	1512.30	-31.4	-7.5
7	124324.359	403525.324	1512.497	1512.860	1512.30	-36.3	19.7
8	124321.765	403515.884	1512.746	1513.091	1512.60	-34.5	14.6
9	124318.982	403505.889	1513.063	1513.387	1513.20	-32.4	-13.7
105							
1	124326.620	403585.156	1509.909	1510.472	1509.80	-56.3	10.9
2	124324.972	403576.725	1509.908	1510.657	1509.75	-74.9	15.8
3	124323.245	403566.833	1510.967	1511.144	1510.75	-17.7	21.7
4	124321.502	403556.596	1511.020	1511.768	1511.00	-74.8	2.0
5	124319.439	403546.951	1511.920	1512.380	1512.00	-46.0	-8.0
6	124316.554	403537.801	1512.480	1512.851	1512.50	-37.1	-2.0
7	124313.416	403528.168	1512.514	1512.899	1512.69	-38.5	-17.6
8	124310.082	403518.223	1512.892	1512.878	1512.60	1.4	29.2
9	124306.614	403506.919	1513.367	1513.528	1513.50	-16.1	-13.3
106							
1	124282.130	403597.116	1512.504	1513.321	1512.30	-81.7	20.4
2	124279.771	403585.093	1513.214	1513.977	1513.50	-76.3	-28.6
3	124277.526	403573.602	1514.039	1514.654	1514.25	-61.5	-21.1
4	124274.736	403563.036	1514.679	1515.286	1514.60	-60.7	7.9
5	124271.580	403553.191	1515.286	1515.759	1515.30	-47.3	-1.4
6	124268.716	403543.552	1515.487	1515.521	1515.50	-3.4	-1.3
7	124266.758	403534.060	1511.965	1512.352	1512.15	-38.7	-18.5
8	124264.302	403523.978	1509.884	1510.768	1510.00	-88.4	-11.6
9	124260.508	403511.838	1514.878	1514.037	1514.65	84.1	22.8
107							
1	124221.682	403601.127	1516.391	1516.625	1516.25	-23.4	14.1
2	124219.513	403590.777	1517.139	1517.326	1517.30	-18.7	-16.1
3	124216.872	403580.944	1518.075	1518.066	1518.20	0.9	-12.5
4	124215.080	403570.858	1519.049	1518.748	1518.85	30.1	19.9
5	124213.415	403560.904	1519.692	1519.131	1519.55	56.1	14.2
6	124211.149	403551.293	1519.583	1518.981	1519.70	60.2	-11.7
7	124208.758	403540.915	1518.767	1518.230	1518.50	53.7	26.7
8	124205.955	403530.899	1518.873	1518.234	1518.60	63.9	27.3
9	124202.907	403520.078	1519.675	1519.103	1519.70	57.2	-2.5
108							
1	124208.865	403602.240	1516.846	1516.544	1516.60	30.2	24.6
2	124206.441	403591.995	1517.547	1517.114	1517.50	43.3	4.7
3	124203.383	403582.372	1518.210	1517.626	1518.35	58.4	-14.0
4	124200.429	403572.493	1518.740	1517.995	1518.60	74.5	14.0
5	124197.447	403562.844	1518.803	1518.115	1518.70	68.8	10.3
6	124194.396	403553.651	1518.459	1518.009	1518.40	45.0	5.9
7	124191.156	403544.496	1518.394	1517.881	1518.25	51.3	14.4
8	124187.640	403535.332	1518.189	1517.825	1518.10	36.4	8.9
9	124183.857	403523.439	1518.213	1518.095	1518.20	11.8	1.3



KESİT NOKTA	JEODEZİK	KOORDİNATLAR		B-SPLINE	FOTOGRAMETRİK	FARKLAR	
NO	X	Y	Zj	Zs	Zf	Zj-Zs	Zj-Zf
109							
1	124194.607	403604.024	1515.368	1515.147	1515.50	22.1	-13.2
2	124191.522	403593.681	1515.862	1515.574	1515.75	28.8	11.2
3	124187.592	403584.061	1516.206	1515.930	1516.30	27.6	-9.4
4	124183.314	403574.486	1516.350	1516.131	1516.50	21.9	-15.0
5	124179.010	403565.081	1516.383	1516.244	1516.30	13.9	8.3
6	124174.696	403555.928	1516.488	1516.362	1516.60	12.6	-11.2
7	124170.115	403547.134	1516.545	1516.464	1516.50	8.1	4.5
8	124165.776	403538.124	1516.673	1516.570	1516.80	10.3	-12.7
9	124161.290	403525.846	1517.190	1517.044	1517.40	14.6	-21.0
110							
1	124165.872	403609.113	1510.871	1511.658	1511.75	-78.7	-87.9
2	124162.669	403599.203	1512.605	1512.339	1512.30	26.6	30.5
3	124158.193	403589.295	1512.975	1513.231	1512.70	-25.6	27.5
4	124153.538	403578.798	1513.630	1513.741	1513.75	-11.1	-12.0
5	124149.072	403568.657	1514.003	1514.098	1514.00	-9.5	0.3
6	124144.902	403559.326	1514.339	1514.429	1514.40	-9.0	-6.1
7	124140.825	403550.367	1514.735	1514.744	1514.70	-0.9	3.5
8	124136.443	403541.257	1514.868	1514.970	1514.90	-10.2	-3.2
9	124130.674	403528.420	1515.243	1515.508	1515.40	-26.5	-15.7
111							
1	124159.792	403609.715	1510.809	1511.456	1510.75	-64.7	5.9
2	124156.165	403600.068	1511.906	1512.216	1511.80	-31.0	10.6
3	124151.155	403589.985	1513.273	1513.238	1513.20	3.5	7.3
4	124146.085	403579.454	1513.895	1513.735	1513.75	16.0	14.5
5	124141.384	403569.590	1514.057	1514.028	1514.00	2.9	5.7
6	124136.986	403560.402	1514.253	1514.321	1514.30	-6.8	-4.7
7	124132.524	403551.312	1514.641	1514.643	1514.60	-0.2	4.1
8	124127.745	403542.039	1514.800	1514.893	1514.60	-9.3	20.0
9	124121.599	403528.932	1515.283	1515.485	1515.40	-20.2	-11.7
112							
1	124146.392	403606.446	1511.568	1511.813	1511.70	-24.5	-13.2
2	124140.660	403596.018	1511.851	1512.349	1511.75	-49.8	10.1
3	124135.428	403587.056	1512.893	1513.145	1512.80	-25.2	9.3
4	124131.142	403579.505	1513.211	1513.556	1513.20	-34.5	1.1
5	124127.049	403571.470	1513.778	1514.012	1513.60	-23.4	17.8
6	124122.688	403562.441	1514.568	1514.550	1514.55	1.8	1.8
7	124118.036	403553.138	1514.951	1514.963	1514.90	-1.2	5.1
8	124114.254	403543.748	1515.510	1515.361	1515.30	14.9	21.0
9	124109.917	403530.661	1516.258	1516.108	1516.10	15.0	15.8
113							
1	124107.920	403611.919	1513.023	1512.990	1513.25	3.3	-22.7
2	124105.487	403600.993	1513.948	1513.765	1513.75	18.3	19.8
3	124104.090	403591.297	1515.013	1514.599	1515.15	41.4	-13.7
4	124103.018	403583.362	1515.548	1515.101	1515.40	44.7	14.8
5	124102.053	403574.830	1516.091	1515.585	1516.25	50.6	-15.9
6	124101.052	403566.055	1516.601	1516.055	1516.45	54.6	15.1
7	124099.895	403557.858	1516.984	1516.453	1516.85	53.1	13.4
8	124098.990	403549.546	1517.205	1516.809	1517.10	39.6	10.5
9	124098.403	403537.211	1517.726	1517.557	1517.55	16.9	17.6



KESIT	JEODEZİK	KOORDINATLAR		B-SPLINE	FOTOGRA METRİK	FARKLAR	
NOKTA							
NO	X	Y	Zj	Zs	Zf	Zj-Zs	Zj-Zf
114							
1	124077.008	403625.125	1511.714	1511.951	1511.85	-23.7	-13.6
2	124074.094	403614.153	1513.258	1513.190	1513.20	6.8	5.8
3	124070.407	403602.314	1514.272	1514.460	1514.40	-18.8	-12.8
4	124066.052	403590.018	1514.896	1515.015	1515.00	-11.9	-10.4
5	124061.842	403579.101	1515.067	1515.310	1515.15	-24.3	-8.3
6	124057.675	403569.216	1515.544	1515.719	1515.70	-17.5	-15.6
7	124053.406	403559.919	1516.727	1516.471	1516.60	25.6	12.7
8	124048.737	403549.850	1517.281	1517.518	1517.20	-23.7	8.1
9	124042.607	403534.095	1520.018	1519.900	1519.90	11.8	11.8
115							
1	124062.162	403626.435	1510.989	1511.192	1510.85	-20.3	13.9
2	124057.541	403614.707	1511.860	1512.245	1511.75	-38.5	11.0
3	124052.803	403602.763	1512.985	1513.365	1513.00	-38.0	-1.5
4	124048.375	403591.165	1513.717	1513.856	1513.85	-13.9	-13.3
5	124043.423	403577.605	1513.896	1514.236	1514.00	-34.0	-10.4
6	124038.753	403565.684	1514.659	1514.900	1514.80	-24.1	-14.1
7	124034.613	403556.843	1516.050	1515.964	1515.90	8.6	15.0
8	124029.561	403544.908	1517.491	1517.267	1517.30	22.4	19.1
9	124023.188	403524.295	1520.639	1520.383	1520.50	25.6	13.9
116							
1	124045.100	403624.031	1511.098	1511.232	1511.20	-13.4	-10.2
2	124040.214	403613.188	1511.607	1511.977	1511.85	-37.0	-24.3
3	124035.357	403602.935	1512.800	1512.956	1512.95	-15.6	-15.0
4	124030.343	403592.806	1513.516	1513.587	1513.50	-7.1	1.6
5	124024.710	403579.886	1514.488	1514.284	1514.40	20.4	8.8
6	124018.593	403566.611	1515.485	1515.098	1515.50	38.7	-1.5
7	124013.261	403554.207	1516.089	1515.894	1515.90	19.5	18.9
8	124012.640	403544.063	1516.298	1516.624	1516.40	-32.6	-10.2
9	124011.287	403527.911	1519.231	1519.078	1519.15	15.3	8.1
117							
1	124039.939	403623.088	1511.382	1511.439	1511.45	-5.7	-6.8
2	124035.029	403613.065	1511.898	1512.125	1512.00	-22.7	-10.2
3	124030.120	403603.462	1513.155	1513.088	1513.00	6.7	15.5
4	124024.811	403593.550	1513.958	1513.767	1513.80	19.1	15.8
5	124019.242	403581.406	1514.654	1514.545	1514.50	10.9	15.4
6	124012.960	403567.726	1515.613	1515.338	1515.50	27.5	11.3
7	124007.778	403554.196	1516.113	1515.965	1515.95	14.8	16.3
8	124008.556	403544.516	1515.952	1516.456	1516.00	-50.4	-4.8
9	124008.333	403529.542	1518.454	1518.591	1518.60	-13.7	-14.6
118							
1	123985.773	403622.892	1515.671	1515.891	1515.80	-22.0	-12.9
2	123980.407	403616.229	1516.722	1516.846	1516.80	-12.4	-7.8
3	123974.897	403608.951	1517.590	1517.845	1517.40	-25.5	19.0
4	123968.935	403600.801	1518.699	1518.772	1518.60	-7.3	9.9
5	123962.723	403591.771	1519.645	1519.767	1519.50	-12.2	14.5
6	123955.903	403580.579	1520.580	1520.488	1520.40	9.2	18.0
7	123949.267	403568.274	1520.653	1520.834	1520.80	-18.1	-14.7
8	123944.166	403556.649	1520.798	1520.866	1520.70	-6.8	9.8

KESİT	JEODEZİK	KOORDİNATLAR		B-SPLINE	FOTOGRAMETRİK	FARKLAR	
NOKTA							
NO	X	Y	Zj	Zs	Zf	Zj-Zs	Zj-Zf
119							
1	123954.295	403630.387	1518.412	1518.873	1518.50	-46.1	-8.8
2	123950.231	403621.163	1520.357	1520.137	1520.20	22.0	15.7
3	123946.418	403612.413	1521.395	1521.248	1521.55	14.7	-15.5
4	123942.800	403604.332	1522.390	1522.204	1522.60	18.6	-21.0
5	123939.057	403595.471	1523.271	1523.044	1523.10	22.7	17.1
6	123934.515	403583.821	1523.533	1523.643	1523.60	-11.0	-6.7
7	123930.048	403572.371	1523.763	1523.959	1523.90	-19.6	-13.7
8	123926.502	403564.448	1523.725	1523.971	1523.60	-24.6	12.5
120							
1	123941.903	403633.142	1519.697	1519.737	1519.75	-4.0	-5.3
2	123937.546	403623.034	1521.361	1521.035	1521.45	32.6	-8.9
3	123933.190	403614.111	1522.721	1521.956	1522.60	76.5	12.1
4	123928.626	403606.226	1522.734	1522.565	1522.50	16.9	23.4
5	123923.306	403597.503	1523.049	1523.065	1523.00	-1.6	4.9
6	123917.222	403586.417	1523.691	1523.531	1523.80	16.0	-10.9
7	123911.101	403576.391	1523.806	1523.910	1523.90	-10.4	-9.4
8	123905.119	403569.751	1524.133	1524.099	1524.20	3.4	-6.7



ÖZGEÇMİŞ

Ferruh Yıldız 1962 yılında Bozkır'da (Konya) doğdu. İlkokulu Konya Merkez Aliihsan Dayıoğlu İlkokulunda, ortaokulu da Mevlana Ortaokulunda okudu.

1975 yılında girdiği Konya Endüstri Meslek Lisesi Harita ve Kadastro bölümünden 1978 yılında mezun oldu.

Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri bölümünde başlamış olduğu mühendislik eğitimini 1982 yılında tamamladı.

1982 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Fotogrametri Anabilim dalında başladığı Yüksek Lisans Öğretimini 1984 yılında tamamladı.

Ferruh Yıldız aynı zamanda Ocak 1983'ten beri Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. Bekardır.