

K.O. REKTÖRLÜĞÜ KÜTÜPHANE VE DÖKÜMANTASYON BİLGİ BAŞKANLIĞI	
DEM. NO.	15643/11
FİYATI	90 - 1-15

1/1000 ÖLÇEKLİ KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞU

Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Fakültesince
« Doktor » ünvanının verilmesi için kabul edilen tezdır.

Y. Müh. Atilla GÜLER

Tezin Dekanlığa verildiği tarih : 9 Temmuz 1979

Sözlü Sınav tarihi : 11 Şubat 1980

Doktorayı yöneten : Prof. Dr. Muzaffer ŞERBETÇİ

Jüri üyesi : Prof. Dr. Ahmet AKSOY

Jüri üyesi : Doç. Dr. Erdal KOÇAK

TEŐEKKÖR

Bu çalıőmanın yapılmasında değerli katkı ve yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve çalıőma arkadaşlarıma, bilgi toplamada kolaylık sağlayan Belediyeler Teknik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığında alıőan meslektaşlarıma ve hesaplama işlemlerinde yardımları geçen KTO İnőaat Bölümü ilgililerine teőekkürü borç bilirim.

ÖZET 111

SUMMARY v1

GİRİŞ 1

1 YÜKSEKLİK KAVRAMI VE YÜKSEKLİKLERİN HARİTADA GÖSTERİLMESİ. 3

1.1 Yükseklik 3

1.2 Yüksekliklerin haritada gösterilmesi 5

2 DÜZEÇ EĞRİLERİ VE HATALARI 7

2.1 Genel 7

2.2 Düzey eğrilerinin hataları 10

2.21 Konum ve yükseklik hatası 12

2.22 Biçimsel hatalar 14

2.221 Doğrultu hatası 14

2.222 Eğrilik hatası 16

2.3 Düzey eğrilerinin doğruluğunu göstermek için kullanılan bağıntılar 18

2.4 Düzey eğrilerinin doğruluğunun deneysel olarak belirlemek için kullanılan yöntemler 26

2.41 Noktasal yöntem 27

2.42 Kesit yöntemi 28

2.43 Yüzeysel yöntem 29

2.44 Eşyükseklik yöntemi 30

2.45 Alansal yöntem 33

3 KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNUN KURAMSAL OLARAK BELİRLENMESİ 39

3.1 Genel 39

3.2 Triyagülasyon açıları 41

3.3 Poligon açıları 42

3.31 Poligon noktalarının konumlarının kuramsal doğruluğu 46

3.32	Poligon noktalarının konum doğruluğunun deneysel olarak belirlenmesi	44
3.4	Nivelman ve poligon ağlarının yükseklik doğruluğu	52
3.5	Takeometrik alım	53
3.51	Takeometrik alımda hata kaynakları	54
3.52	Miranın dik tutulma doğruluğu	57
3.53	Takeometrik alımın doğruluğu	64
3.6	Çizim, mürekkepleme ve çoğaltma işleri	68
3.61	Sabit noktaların çizim ve mürekkepleme doğruluğu	70
3.62	Kot noktalarının çizim ve mürekkepleme doğruluğu	73
3.63	Düzeç eğrilerinin interpolasyon ve mürekkepleme doğruluğu	78
3.64	Genelleştirmenin doğruluğu	86
3.65	Çoğaltmanın doğruluğu	88
3.7	1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin kuramsal doğruluğu	89
4	KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNUN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ VE İRDELEMELER	101
4.1	Uygulanan yöntemin açıklanması	101
4.2	Sayısal uygulama	102
4.3	Kuramsal ve deneysel sonuçların karşılaştırılması	110
	GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER	114
5.1	Genel değerlendirme	114
5.2	Sonuç ve öneriler	118
	ARAFLANILAN KAYNAKLAR	120
	KISALTMALAR	124
	ÖZGEÇMİŞ	125

Ö Z E T

Hızlı bir kentleşme süreci içinde bulunan ülkemizde, 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin doğruluğunun belirlenmesi, kentsel alanda alt projelerin düzenlenmesinde ve uygulanmasında optimum proje yaklaşımlarını seçebilmek ve uygulayabilmek için gereklidir.

Düzeç eğrilerinin yükseklik, konum, doğrultu ve eğrilik hataları vardır. Düzeç eğrilerinin doğruluğu arazi eğimi ile korelasyonludur. Bu ilişki doğrusal veya parabolik bağıntılarla gösterilmektedir. Bu bağıntıların katsayıları, kuramsal varsayımlarla veya test ölçüleri ile deneysel olarak belirlenmektedir. Düzeç eğrilerinin doğruluğunun deneysel olarak belirlenmesi için noktasal, yüzeyel, alansal yöntemlerle eşyükseklik ve kesit yöntemleri kullanılmaktadır.

Ülkemizde 1/1000 ölçekli kent haritaları genellikle klasik yöntemle yapılmakta olup, düzeç eğrilerinin eşyükseklik aralığı 1 metredir. Bu haritalardaki düzeç eğrilerinin doğruluğunu triyangülasyon, poligon ve nivelman ağlarının ölçme duyarlılığı etkilememektedir. Düzeç eğrileri sabit noktalardan takeometri olarak ölçülen kot noktaları arasında doğrusal interpolasyon yapılarak çizilmektedir. Kot noktalarının alımı sırasında, serbest elle tutulan küresel düzeçli miraların dik tutulma doğruluğu, yapılan deneylerden $\pm 1/100$ radyan olarak bulunmuştur. Bu değer kullanılması ile, α gözlem doğrultusunun eğim açısı, S mirada m birimi ile okunan ana sayı olmak üzere yönetmeliğin öngördüğü kurallara göre ölçülen bir noktanın yükseklik doğruluğu,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 4t^2 \tan^2 \alpha} \quad m,$$

konum doğruluğu,

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + 4t^2 \sin^2 \alpha} \quad m.$$

biçiminde kuramsal olarak elde edilmiştir.

Sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını da içeren kot noktalarının çizim ve mürekkepleme doğruluğu, Trabzon ve Akçaabat paftalarında yapılan araştırmadan ± 0.5 mm olarak bulunmuştur. Düzey eğrilerinin interpolasyon ve mürekkepleme doğruluğu, yine Trabzon ve Akçaabat paftalarında yapılan araştırmadan,

$$m_{dL} = \pm (0.23 + 0.14 \cot \alpha) \text{ mm}$$

bağıntısı ile deneysel olarak belirlenmiştir.

Arazinin genelleştirilmesinin karesel ortalama hatası,

$$m_{hg} = \pm 0.0125 \sqrt{30 + \frac{1}{\tan \alpha}}$$

bağıntısı ile bulunmuştur.

1/1000 ölçekli kent durum haritalarındaki düzey eğrilerinin yüksekliklerinin kuramsal doğruluğu için, yapım evrelerindeki hata kaynakları gözönünde bulundurulup, hataların yayılır yasası uygulanarak arazi eğimine bağlı, oldukça karmaşık bir bağıntı elde edilmiştir. Bu bağıntı en küçük kareler yöntemine göre çeşitli basit modellerle dengelenmiş ve en uygun modelin,

$$m_H = \pm (0.19 + 2 \tan^2 \alpha) \text{ m}$$

olduğu yapılan istatistik testlerden anlaşılmıştır.

Ayrıca 100 kent haritasındaki düzey eğrilerinin kesit yöntemine göre yapılan denetimlerinden elde edilen %0.1-%35 eğimlerdeki hatalar yardımı ile düzey eğrilerinin yükseklik ve konum doğruluğu,

$$m_H = \pm (0.12 + 1.2 \tan \alpha) \text{ m}$$

$$m_L = \pm (1.2 + 0.12 \cot \alpha) \text{ m}$$

olarak bulunmuştur.

Kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin denetlenmesinde yükseklik ve konum hataları için,

$$\bar{d}_H = \pm(0.6 + 0.6 \tan \alpha) \text{ m}$$

$$\bar{d}_L = \pm(0.6 + 0.6 \cot \alpha) \text{ m}$$

hata sınırı bağıntıları kullanılmaktadır. Hata sınırının, karesel ortalama hatanın üç katı olduğu düşünülerek, düzeç eğrilerinden istenen yükseklik ve konum doğruluğunun,

$$m_H = \pm(0.2 + 0.2 \tan \alpha) \text{ m}$$

$$m_L = \pm(0.2 + 0.2 \cot \alpha) \text{ m}$$

olduğu anlaşılır. Bu doğruluk derecesine haritaların yapımında kullanılan teknik ve yöntemlerle erişilemeyeceği bulunan kuramsal ve deneysel bağıntılardan anlaşılmıştır.

Bu çalışmada, kullanılan teknik ve yöntemlere uygun biçimde kuramsal olarak elde edilen,

$$m_H = \pm(0.19 + 2 \tan^2 \alpha) \text{ m}$$

$$m_L = \pm(2 \tan \alpha + 0.19 \cot \alpha) \text{ m}$$

bağıntıları, 1/1000 ölçekli kent haritalarının denetlenmesinde doğruluk ölçütü olarak kullanılabilir.

S U M M A R Y

In order to be able to choose and apply optimal project approaches in the preparations and applications of the sub-structure project, it is important to determine the accuracy of the contour lines of the 1/1000-scale town maps in our rapidly urbanizing country.

The contour lines have height, positional, directional and curvature errors. The accuracy of the contour lines is correlated with the terrain slopes. This relation is represented by linear or parabolic functions. The coefficients of these functions are defined through theoretical assumptions or determined by means of empirical evaluations. The various methods are used for the empirical evaluations. They are the pointwise, the surface, the isoheight, the profile and the aera methods.

1/1000-scale town maps are usually produced with the classical methods in our country and the contour interval is 1 meter. The precision of the measurements of the triangulation, the travers and the leveling networks don't have any effect on the accuracy of the contour lines of the 1/1000-scale town maps.

The contour lines are drawn by the linear interpolation between the spot heights that are surveyed by stadia method at the fixed points. The mean square error of the inclination of the rods in stadia method was estimated as $\pm 1/100$ radian with tests. Considering that measurements are made according to the present instructions and by this figure, the height accuracy of a point measured by stadia method is

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 4 \ell^2 \tan^2 \alpha} \text{ m.}$$

$$m_L = \pm(1.2 + 0.12 \cot \alpha) \text{ m}$$

by means of the errors on the terrain slopes ranging from 10.1 to 135 were obtained by checking 100 town maps according to the profile method.

For checking purpose,

$$d_H = \pm(0.6 + 0.6 \tan \alpha) \text{ m,}$$

$$d_L = \pm(0.6 + 0.6 \cot \alpha) \text{ m}$$

tolerance formulas are used for height and position errors of contour lines of the 1/1000-scale town maps. The accuracy height and position on the 1/1000-scale town maps are expected as

$$m_H = \pm(0.2 + 0.2 \tan \alpha) \text{ m,}$$

$$m_L = \pm(0.2 + 0.2 \cot \alpha) \text{ m}$$

considering that the tolerance is three times of the mean square error. It was understood from theoretical and empirical relationships that this accuracy can not be reached by the techniques and methods which are used in the production of the town maps.

According to the techniques and methods used in practice,

$$m_H = \pm(0.19 + 2 \tan^2 \alpha) \text{ m,}$$

$$m_L = \pm(2 \tan \alpha + 0.19 \cot \alpha) \text{ m}$$

formulas which were obtained in this work, can be used as accuracy criteria for checking 1/1000-scale town maps.

The accuracy of position is

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + 4l^2 \sin^2 \alpha} \quad \text{m.}$$

In these formulas α is the slope angle and l is the rod-reading difference in meter between upper and lower stadia hairs.

The accuracy of drawing and inking of height points including drawing and inking errors of fixed points was found as ± 0.5 mm on some town map-sheets of Trabzon and Akçaabat. On the same map-sheets, the interpolations and inking accuracy of contour lines was found empirically as

$$m_{dL} = \pm (0.23 + 0.14 \cot \alpha) \quad \text{mm.}$$

The mean square error of the relief generalization was found as

$$m_{hg} = \pm 0.0125 \sqrt{30 + 1/\tan \alpha} \quad \text{m.}$$

For the theoretical accuracy of the contour lines of 1/1000-scale town maps, a very complex relationship depending on the terrain slope was obtained by considering all sources of error during production and applying the law of propagation of errors. Some simple models were fitted to this mathematical relation by the method of least square adjustment and through statistical tests

$$m_H = \pm (0.19 + 2 \tan^2 \alpha) \quad \text{m}$$

has been found as the best model.

Also, the accuracy of the height and position of contour lines was estimated empirically as

$$m_H = \pm (0.12 + 1.2 \tan \alpha) \quad \text{m}$$

GİRİŞ

Kentlerin imar planlarının, elektrik, su, kanalizasyon ve yol gibi alt yapı hizmetlerinin etüd, projelendirme ve aplikasyon çalışmalarında altlık olarak kullanılan kent haritalarının yaptırılması 6785 Sayılı İmar Yasası gereğince Belediyelerin görevidir. Belediyelerin istekleri ile İller Bankası Genel Müdürlüğünce yapılmakta veya yüklenicilere yaptırılmakta olan bu haritalar, İmar ve İskan Bakanlığı Belediyeler Teknik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığınca denetlenip onaylanmaktadır. Kent haritaları 1/1000 ölçeğinde klasik yöntemle yapılmaktadır. Hava fotogrametresi ile yapılmış haritalar da vardır. Yönetmeliklere göre 1/2000 ve 1/5000 ölçekli haritalar 1/1000 ölçekli haritalardan pantografla veya fotografik yöntemle küçültülerek elde edilmektedir.

Kent haritaları 1974 yılına kadar 5 Haziran 1958 tarih ve 9924 Sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Şehir ve Kasabaların Halihazır Haritalarının Yapılmasına Ait Umumi Talimatname" uyarınca buna ekli Teknik Şartname kurallarına göre yapılmaktaydı. Bugün ise kent haritalarının yapımında 10 Nisan 1974 tarih ve 14854 Sayılı Resmî Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapılmasına Ait Teknik Yönetmelik" kullanılmaktadır. Bu yönetmelikte haritası yapılacak araziler guruplandırılmakta ve triyângülasyon, poligon ve nivelman ölçüleri için arazi guruplarına göre ayrı duyarlıklar istenmektedir. Ayrıntıların ölçülmesi, çizim ve çoğaltma işleri yürürlükten kalkan Teknik Şartnamede olduğu gibidir.

1/1000 ölçekli kent haritalarında arazi yükseklikleri, sabit noktalardan takeometrik olarak ölçülen kot (yükseklik) noktaları

arasında doğrusal interpolasyonla 1 m eşyükseklik aralıklarında çizilmiş düzeç eğrileri ile gösterilmektedir. Kentlerin alt yapı çalışmalarında, bu haritalardaki düzeç eğrilerinden elde edilen yükseklik bilgilerinin kullanılıp kullanılmayacağına karar verebilmek bakımından düzeç eğrilerinin doğruluğunun bilinmesi gerekir.

Düzeç eğrilerinin doğruluğu arazi eğimi ile korelasyonludur. Bu ilişki, doğrusal veya parabolik bağıntılarla gösterilir. Bu bağıntılardaki katsayılar kuramsal varsayımlardan bulunabileceği gibi, arazide yapılan test ölçüleri ile deneysel olarak da hesaplanabilir.

1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin denetiminde yükseklik doğruluğu için,

$$m_H = \pm(0.6 + 0.6 \tan \alpha) \text{ m,}$$

konum doğruluğu için,

$$m_L = \pm(0.6 + 0.6 \cot \alpha) \text{ m}$$

hata sınırı bağıntıları kullanılmaktadır. Bu bağıntılardaki katsayıların, kent haritalarının yapım tekniği, yöntemi ve kurallarına göre uygunluğu tartışma konusudur.

Bu çalışmada düzeç eğrileri, hataları ve denetim yöntemleri tanıtılmakta, 1/1000 ölçekli kent haritalarının üretim evrelerindeki hatalar istatistik yöntemlerle incelenip düzeç eğrilerinin doğruluğu için çeşitli matematik modellerin katsayıları kuramsal olarak belirlenmektedir. Ayrıca bu modellerdeki katsayılar kent haritasındaki düzeç eğrilerinin denetiminden elde edilen hatalar istatistik yöntemlerle incelenip deneysel olarak hesaplandıktan sonra kuramsal ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmakta ve bu haritalardaki düzeç eğrilerinin denetiminde kullanılacak doğruluk ölçütleri önerilmektedir.

1 YÜKSEKLİK KAVRAMI VE YÜKSEKLİKLERİN HARİTADA GÖSTERİLMESİ

1.1 YÜKSEKLİK

Fiziksel yeryüzü, iki boyutlu bir koordinat sisteminde yükseklik boyutu ile tanımlanabilen sürekli bir yüzeydir. Yeryüzündeki bir noktanın yüksekliği denilince, nokta ile başlangıç kabul edilen bir yüzey arasındaki düşey doğrultu boyunca ölçülen uzaklık anlaşılır. Başlangıç yüzeyinin ve düşey doğrultunun tanımına bağlı olarak yükseklikler çeşitli adlar alırlar.

Eşpotansiyel yüzeyler olarak adlandırılan nivo yüzeyleri, sabit bir gerçek potansiyele sahip ve yerçekimi kuvvetlerine, dolayısıyla çekül doğrultularına dik yüzeylerdir. Yeryuvarının kütle dağılımının düzgün olmayışı nedeni ile eşpotansiyel yüzeylerin düzgün bir biçimi yoktur ve birbirlerine paralel değildir. Bunun için eşpotansiyel yüzeylere dik olan çekül doğrultuları eğri biçimindedir. Bunlara çekül eğrileri denir. Durgun okyanus yüzeyi ile çakışan özel bir eşpotansiyel yüzey LISTING tarafından "jeoid" olarak adlandırılmıştır. Kıtaların altında da devam ettiği düşünülen jeoid dalgali bir yüzeydir.

Yeryuvarının gerçek gravite alanına bir yaklaşım olmak üzere düşünsel bir normal gravite alanı oluşturulmuştur. Bu düşünsel alanda her jeopotansiyel yüzeye karşılık, biçimi bir eksele ve buna dik bir düzleme göre simetrik olan bir eşpotansiyel yüzey vardır. Böyle yüzeylere "sifereopotansiyel yüzeyler" denir. Jeoid karşılık gelen sifereopotansiyel yüzey "siferoid" adını alır. Duruma göre buna, "ortalama yer elipsoidi",

"dayanak elipsoidi", "seviye elipsoidi" gibi adlar verilir.

Yukarıda açıklanan kavramlara dayanarak tanımlanan kuramsal yükseklikler şunlardır:

Dinamik yükseklik: Geometrik bir anlamı yoktur. Yeryüzü noktasındaki gerçek gravite potansiyeli ile jeoide ait gerçek gravite potansiyeli arasındaki fark olan "jeopotansiyel sayı"nın sabit bir gravite değerine bölünmesi ile elde edilir.

Ortometrik yükseklik: Yeryüzü noktası ile jeoid arasında, noktadan geçen gerçek gravite alanının çekül eğrisi boyunca ölçülen uzunluktur.

Normal Yükseklik: Yeryüzü noktasının gerçek gravite potansiyeline sahip sifereopotansiyel yüzey ile sferoid arasında, noktadan geçen normal gravite alanının çekül eğrisi boyunca ölçülen uzunluktur.

Jeodezik yükseklik: Yeryüzü noktası ile dayanak elipsoidi arasında, elipsoidin dış normali boyunca ölçülen uzunluktur. Buna "elipsoidal yükseklik" adı da verilir.

Kuramsal anlamda, yukarıda tanımlanan dört tür yükseklik vardır. Bunlardan ilki (dinamik yükseklik), uzunluk birimi ile gösterilirse de geometrik bir anlamı yoktur. Son üçü ise tümüyle geometrik anlamdadır. (GÜRKAN, 1978)

Uygulamalarda mevcut ölçüler ve verilere göre, bunların hesaplanmalarında bazı varsayımlar kullanılır. Bu durumda hesaplanan yüksekliğe "Helmert yüksekliği", "normal-dinamik yükseklik", vb. adlar verilir.

Gerçek gravite alanındaki eşpotansiyel yüzeylerin birbirlerine paralel olmaması nedeni ile, yeryüzünde iki nokta arasında farklı yollardan yapılan geometrik nivelmanlar farklı sonuçlar verir. Bu farklılık, nivelman ölçülerine "ortometrik düzeltmeler" getirilerek giderilebilir. Ülke nivelman ağlarında ortometrik yüksekliklerin hesaplanabilmesi için, nivelman ölçülerinin yanısıra gravite ölçülerinin yapılması gerekir. Gravite ölçmeleri, gravite

ivmesinin doğrudan doğruya ölçülmüş olduğu istasyonlara gereksinme gösterir. Ancak böyle istasyonların kurulması, istenilen doğruluğa erişmek için çok duyarlı aletler ve zaman ister. Bu bakımdan yeryüzünde, gravite değerinin doğrudan doğruya ölçülmüş olduğu istasyonlar sayılıdır. Gravite ivmesinin ilk mutlak değeri, 1905 'de Potsdam'daki Jeodezi Enstitüsünde saptanmıştır. Yayınlanmış bütün diğer değerler, sarkaç ve gravimetreler kullanılarak diferansiyel yöntemlerle Potsdam değerinden türetilmiştir. Oluşturulan bu gravite dayanak noktaları baz alınarak, istenilen noktalardaki gravite değerleri gravimetrelerle çok zamana gereksinme duyulmadan belirlenebilmektedir. (CLARK, 1973: s.229-230)

Gravite değerlerinin olmadığı ülkelerde birinci derece nivelman ağıları için, normal gravite değerlerinden hesaplanan yükseklikler kullanılabilir.

Kent durum haritalarının kapladığı küçük alanlarda eşpotansiyel yüzeylerin paralel olmamasının, geometrik nivelmanla yapılan yükseklik ölçülerindeki etkisi ölçü duyarlılığının altındadır ve ölçü hataları tarafından örtülür. Bu durumda, eşpotansiyel yüzeyler pratik olarak paralel varsayılabilir olduğundan, gravite ölçülerine veya normal gravite değerlerinin hesaplanmasına gerek kalmaz. Böyle küçük nivelman ağıları, ülke nivelman ağına bağlanarak veya kabul edilen bir başlangıca göre yalın geometrik nivelman ölçüleri ile oluşturulur.

1.2 YÜKSEKLİKLERİN HARİTADA GÖSTERİLMESİ

Harita, yeryüzünün doğal ve yapay ayrıntılarının iki boyutlu bir dik koordinat sisteminde gösterilmesidir. Arazi engebeleri üç boyutlu bir yüzey olduğundan, bunların harita düzleminde gösterilmesi için yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir (KOÇAK, 1970: s.104-107), (KEATES, 1973: s.229-230):

-) Tarama,
-) Gölgeleme,
-) Renk,
-) Rakam,
-) Düzey eğrileri,
-) Birleşik yöntemler.

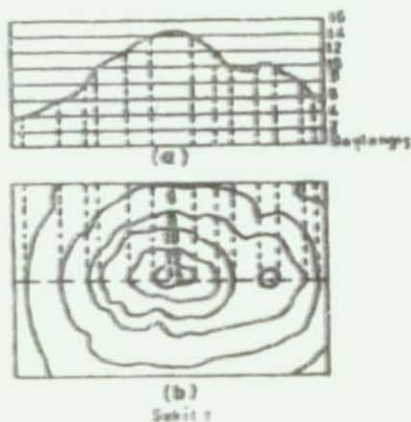
Bunlardan tarama, gölgeleme ve renk yöntemleri, insanda üç boyutluluk duygusu uyandıran; düzey eğrileri yöntemi geometrik ve rakam yöntemi ise sayısal gösterim biçimidir. Birleşik yöntemler, iki veya daha fazla yöntemin birlikte kullanılmasıdır.

Düzey eğrileri, arazi engebelerinin iki ana bileşeni olan yükseklik ve eğimle birlikte, arazinin topografik yapısını da en iyi biçimde yansıttığından günümüzde tek başına veya diğer yöntemlerle beraber yaygın olarak kullanılmaktadır.

2 DÜZEC EĞRİLERİ VE HATALARI

2.1 GENEL

Düzeç eğrileri, yeryüzü ile nivo yüzeylerinin arakesit eğrileridir. Diğer bir deyişle, yeryüzünün eşyükseklikteki noktalarının geometrik yeridir. Büyük ölçekli bir harita paftasının kapladığı alanda, nivo yüzeylerinin birbirlerine paralel yatay düzlemlerden oluştuğu düşünülebilir. Bu durumda, bir arazi parçasının eşit yükseklik aralıklarında yatay düzlemlerle kesiştiği varsayılırsa, arakesit eğrilerinin harita düzlemindeki izdüşümleri düzeç eğrilerini oluşturur.



Şekil 1 (a) bir tepecikle, başlangıç yüzeyinden 4, 6, vb. m yüksekliklerdeki yatay düzlemlerin kesişmesini kesit olarak göstermektedir. Şekil 1 (b) 'de ise tepeciği, harita üzerinde biçimlendiren düzeç eğrileri görülmektedir.

Düzeç eğrileri ilk kez, Danimarka'daki Merwede ırmağı ağzındaki su derinliklerini göstermek için CRUQUIS tarafından kullanılmıştır (RAISZ, 1962: s.69). Fransız DU CARLA ise, 1771 yılında ilk düzeç eğrili haritayı yapmıştır (ÖZGEN, 1974: s.128).

Arazi engebelerinin düzeç eğrileri ile gösterilmesinde, eşyükseklik aralıklarının seçimi büyük önem taşır. Eşyükseklik aralıklarının küçük seçilmesi, arazinin daha gerçek bir görünümünü sağlar. Ancak bu seçim şu etmenlerle sınırlıdır:

- Arazinin eğimi,
- Haritanın ölçeği,
- Düzeç eğrilerinin çizgi kalınlığı ve okunabilen en küçük çizgi aralığı.

Bu etmenlerin dikkate alındığı bağıntı,

$$I = \frac{M \tan \alpha}{1000 k} \quad (\text{metre}) \quad (2.1)$$

dır (IMHOF, 1965: s.135). Burada, I eşyükseklik aralığı, M harita ölçeğinin paydası, $\tan \alpha$ arazinin eğimi, k ise haritada 1 mm 'lik aralığa okunaklı olarak sığabilecek düzeç eğrisi sayısıdır. Kartografik deneylere dayanarak, düzeç eğrilerinin çizgi kalınlığı 0.1 mm ve iki düzeç eğrisi arasındaki okunaklı uzaklık 0.4 mm olması gerektiğine göre, $k=2$ alınabilir. Abartılmış olarak $\tan \alpha = 1$ olduğu düşünülürse (2.1) formülü,

$$I = \frac{M}{2000} \quad (\text{metre}) \quad (2.2 a)$$

olur. Bu formül çok büyük ölçekli haritalar için,

$$I = \frac{M}{1000} \quad (\text{metre}) \quad (2.2 b)$$

olarak kullanılmaktadır (RICHARDUS, 1973: s.83).

En uygun eşyükseklik aralığı ile harita ölçeği arasındaki bağıntı ilk kez 1934 yılında İsviçreli topograf E.LEUPIN tarafından verilmiş ve bu bağıntı hesap güçlüğü nedeni ile IMHOF tarafından 1957 yılında,

$$I = n \log n \tan \alpha \quad (2.3 \text{ a})$$

$$n = \sqrt{\frac{M}{100} + 1} \quad (2.3 \text{ b})$$

biçiminde değiştirilmiştir (IMHOF, 1965: s.137). IMHOF çok engebeli bölgeler için $\alpha = 45^\circ$, orta engebeli bölgeler için $\alpha = 26^\circ$, az engebeli ve düz bölgeler için $\alpha = 9^\circ$ kabul etmiştir.

En küçük eşyükseklik aralığını, düzeç eğrilerinin yüksekliğinin karesel ortalama hatasına bağlı olarak veren formüller de vardır. Amerika'da,

$$I = 3.33 m_H \quad (2.4 \text{ a})$$

Avrupa'da,

$$I = 5 m_H \quad (2.4 \text{ b})$$

formülleri kullanılmaktadır (RICHARDUS, 1973: s.83). Burada m_H düzeç eğrilerinin yüksekliğinin karesel ortalama hatasıdır.

Bütün bu bağıntılardan elde edilen değerler yuvarlatılarak kullanılırlar. Seçilecek eşyükseklik aralığına göre, eğimin az olduğu yerlerde düzeç eğrilerinin yatay aralıkları büyür. Bu nedenle eğimin az olduğu yerlerde, eşyükseklik aralığının yarısına eşit aralıklarda düzeç eğrileri kullanılır.

Ülkemizde çeşitli ölçekli topografik haritalar için kullanılan eşyükseklik aralıkları aşağıda verilmiştir:

Harita Ölçeği	Eşyükseklik aralığı	Az eğimli arazilerde eşyükseklik aralığı
1/1000	1 metre	0.5 metre
1/2000	2 "	1 "
1/5000	5 "	2.5 "
1/25000	10 "	2.5-5 "

"Topografik haritalar" olarak adlandırılan düzeç eğrili haritalar, imar planlarının düzenlenmesinde, yol, sulama, kurutma, kanalizasyon, baraj, enerji iletim hatları, vb. teknik hizmetlerin projelendirilmelerinde ve uygulamalarında altlık olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle sözkonusu projelerin doğruluğu^{*)}, altlık olarak kullanılan haritaya, dolayısıyla harita üzerindeki düzeç eğrilerinin doğruluğuna önemli ölçüde bağlıdır.

2.2 DÜZEÇ EĞRİLERİNİN HATALARI

Düzeç eğrileri; arazide sabit noktaların ölçülmesinden, klasik veya fotogrametrik yöntemle göre yapılan ayrıntı ölçmelerinden ve kartografik işlemlerden kaynaklanan kaba, düzenli ve rastlantısal hatalara sahip olabilir.

Kaba hatalar; ölçü, değerlendirme ve çizimde yapılan yanlışlıklardan doğan hatalardır. Bu tür hatalar belirlenip ayıklanabilir.

Düzenli hatalar, düzeç eğrilerinin gerçek konumlarına göre düzenli bir biçimde kaymasıdır. Daha çok sabit noktaların konum

*) "Duyarlık (incelik, precision)" terimi, tekrarlanmış ölçümler birbirlerine yakınlığını gösterdiği düşüncesi ile, gerçek değerlerle ölçü değerleri arasındaki uyumu göstermek için "doğruluk (Accuracy)" terimi kullanılmıştır (HALLERT, 1963).

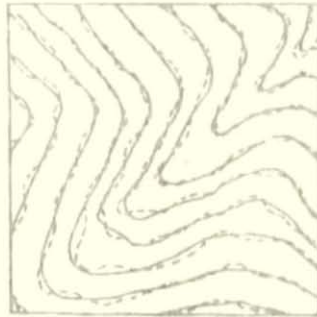
ve yükseklik hatalarından kaynaklanır. Şekil 2 (a) yüksekliği hatalı, (b) konumu hatalı bir sabit noktaya dayanarak yapılan ölçülerden çizilen düzeç eğrilerini sürekli çizgilerle, bunların gerçek konumlarını kesikli çizgilerle göstermektedir. Düzenli hatalar, haritalarda belirlenip ayıklanabilir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2

Rastlantısal hatalar; ölçme, çizim işlemlerinde yapılan kaçınılmayan hatalardan kaynaklanır. Bu hatalar, düzeç eğrilerinin gerçek konumlarından düzensiz olarak sapmalarına neden olur. Şekil 2 (c) rastlantısal hatalarla yüklü düzeç eğrilerini sürekli çizgilerle, bunların gerçek konumlarını ise kesikli çizgilerle göstermektedir. Rastlantısal hataların, kaba ve düzenli hatalar gibi düzeltilme olanağı yoktur. Bunlar hata kuramına temel olan hatalardır.

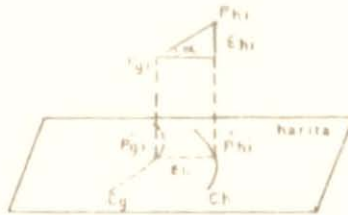
Yukarıda sözü edilen hatalar, düzeç eğrilerinin konumlarını, yüksekliklerini, doğrultularını ve eğriliklerini değiştirir. Bu bakımdan düzeç eğrilerinin hataları,

- a) Yükseklik,
- b) Konum,
- c) Doğrultu,
- d) Eğrilik

bakımından incelenebilir. Bu hatalara, düzeç eğrileri hatalarının "geometrik bileşenleri" adı verilir (SELÇUK, 1974: s.46). Son iki hata "biçimsel hatalar" olarak anılır (LINDIG, 1956: s.246).

2.21 KONUM VE YÜKSEKLİK HATASI

Harita üzerindeki diğer kartografik çizgiler gibi, düzeç eğrileri de yalnız konum bakımından hatalı olabilir. Şekil 3 'de gerçek konumdaki C_g ve bunun hatalı karşılığı C_h düzeç eğrileri görülmektedir.



Şekil 3

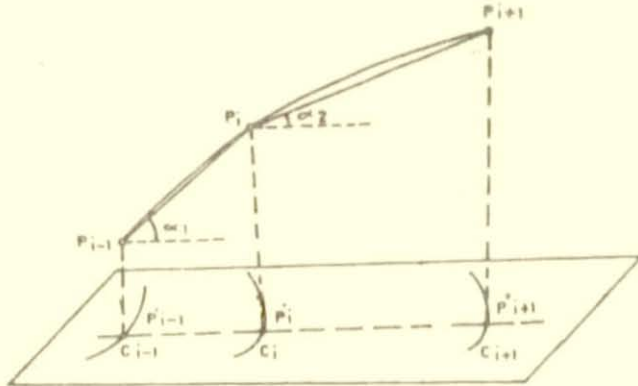
Düzeç eğrilerinin sonsuz sayıda noktalardan oluştuğu düşünülebilir. Gerçek konumdaki P'_{gi} noktasındaki en büyük eğim doğrultusunun, hatalı konumdaki C_h düzeç eğrisini kestiği P'_{hi} nokta-

sı, gerçek konumdaki P'_{gi} noktasının hatalı karşılığıdır. P'_{gi} ve P'_{hi} noktaları arasındaki uzunluk, ϵ_{li} konum hatasıdır. Arazinin eğiminden yararlanılarak ϵ_{li} konum hatası,

$$\epsilon_{hi} = \epsilon_{li} \tan \alpha \quad (2.5)$$

bağıntısı ile yükseklik hatasına dönüştürülebilir.

Arazinin bir noktadaki gerçek eğimi, en büyük eğim doğrultusunda alınan arakesit eğrisinin, o noktadaki teğetinin eğimidir. Uygulamalarda arazinin arakesit eğrisi yerine, yüksekliği bilinen noktaları birleştiren kirişlerden yararlanılır (şekil 4).



Şekil 4

Bu nedenle arazi eğimi denilince, en büyük eğim doğrultusundaki arazi kesit eğrilerinin kiriş eğimleri anlaşılır ve bu değer in iki düzleş eğrisi veya yüksekliği bilinen iki nokta arasında değişmez olduğu varsayılır. Buna göre, arazinin C_1 düzleş eğrisi üzerindeki bir P_1 noktasındaki en uygun eğiminin,

$$\tan \alpha_1 = \frac{1}{2} (\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) \quad (2.6)$$

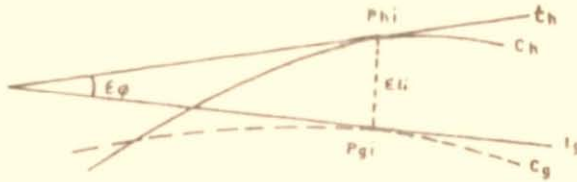
olduğu LINDIG tarafından gösterilmiştir (LINDIG, 1956 a: s.163).

2.22 BİÇİMSEL HATALAR

Biçimsel hatalar, arazinin topografik biçiminin doğru yansıtılmasına neden olur. Doğrultu ve eğrilik hatalarından oluşan biçimsel hatalar ilk kez 1955 yılında LINDIG tarafından tanımlanmış ve konum hatası türünden gösterilmiştir (LINDIG, 1956 b: s.245-248).

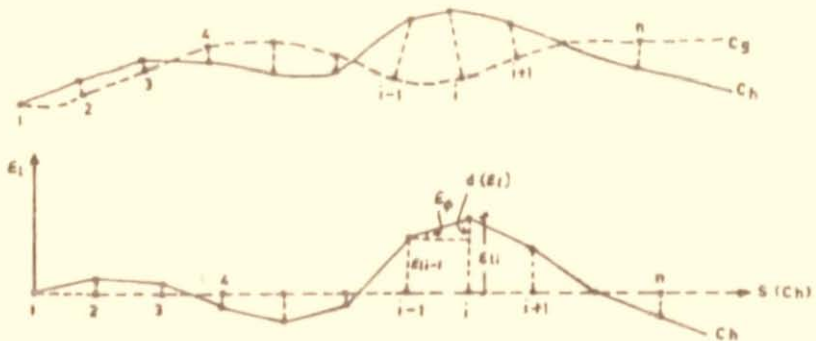
2.221 DOĞRULTU HATASI

Doğrultu hataları, düzeç eğrilerinin gerçek doğrultularından sapmalarını gösterir. Şekil 5, hatalı konumdaki C_h düzeç eğrisi ile gerçek konumdaki C_g düzeç eğrisini göstermektedir. Bu eğriler üzerindeki gerçek P_{gi} ve hatalı P_{hi} noktalardan çizilen teğetler arasında kalan ϵ_ϕ açısı doğrultu hatasını verir.



Şekil 5

Gerçek konumdaki C_g düzeç eğrisinin Şekil 6 'da görüldüğü gibi, düzeltildiği ve apsis ekseni olarak seçildiği düşünülürse, ϵ_{li} uzunlukları ordinatlar olarak alınabilir.



Şekil 6

Böyle bir koordinat sisteminde, hatalı konumdaki C_h düzeç eğrisinin ϵ_ℓ hataları, apsis eksenini seçilen doğru konumdaki, düzeltilmiş C_d düzeç eğrisinin s uzunluğunun,

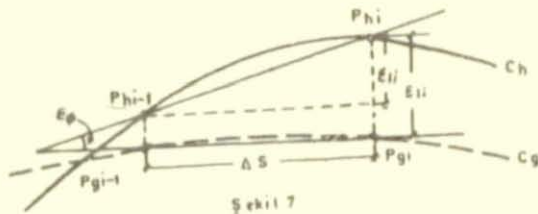
$$\epsilon_\ell = f(s) \quad (2.7)$$

biçiminde bir fonksiyonu olarak gösterilebilir. Bu fonksiyonun türevi alınırsa,

$$f'(s) = \frac{d(\epsilon_\ell)}{ds} = \tan \epsilon_\phi \approx \epsilon_\phi \quad (2.8)$$

doğrultu hatası bulunur. Görüldüğü gibi ϵ_ℓ doğrultu hatası, (2.7) eğrisinin birinci türevidir.

Uygulamalarda, doğrultu hatasının konum hatası türünden belirlenmesi için, gerçek konumdaki düzeç eğrisi üzerinde diferansiyel anlamda küçük ve eşit aralıklarda noktalar alınır. LINDIG çalışmalarında, Δs aralıklarının 5 veya 10 mm olarak alınmasının uygun olacağını belirtmiştir (LINDIG, 1956 b: s.247). Bu noktalardaki en büyük eğim doğrultularının gerçek konumdaki düzeç eğrilerini kestiği noktalar, gerçek konumdaki noktaların hatalı karşılığı ve aralarındaki uzunluk ϵ_ℓ konum hatalarıdır (Şekil 7).



Şekil 7

Şekil 7 'den görülebileceği gibi, noktalar birbirlerine diferansiyel anlamda yakın olduklarından, düzeç eğrileri üzerindeki kirişler, düzeç eğrilerinin teğetleri olarak düşünülebilir. Karşılıklı kirişler arasındaki açı, düzeç eğrisi noktalarındaki doğrultu hatasını gösterir. Şekil 7 'den; düzeç eğrisi üzerindeki P_{hi} noktasındaki doğrultu hatası, konum hatası türünden,

$$\epsilon_{\phi i} = \frac{\epsilon_{\ell i} - \epsilon_{\ell i-1}}{\Delta s} \rho = \frac{\dot{\epsilon}_{\ell i}}{\Delta s} \rho \quad (2.9)$$

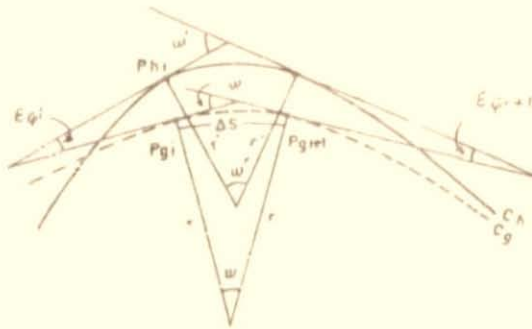
olarak elde edilir.

2.222 EĞRİLİK HATASI

Düzeç eğrisinin bir noktasındaki eğriliğin, gerçek eğriliğinden farkı, düzeç eğrisinin o noktadaki eğrilik hatasını gösterir. Eğrilik hatası (2.7) fonksiyonunun ikinci türevi alınarak,

$$\epsilon_K = f''(s) = \frac{d^2(\epsilon_{\ell})}{ds^2} \quad (2.10)$$

biçiminde gösterilebilir.



Şekil 8

Şekil 8 'deki gerçek ve hatalı konumlardaki C_g ve C_h düzeç eğrileri üzerinde bulunan Δs diferansiyel uzunluktaki $P_{g_i}P_{g_{i+1}}$ ve $P_{h_i}P_{h_{i+1}}$ yaylarının eğrilikleri,

$$K_{g_i} = \frac{1}{r} \quad , \quad K_{h_i} = \frac{1}{r'} \quad (2.11)$$

dir. Bu yayların eğrilikleri arasındaki fark,

$$\epsilon_{K_i} = K_{g_i} - K_{h_i} = \frac{1}{r} - \frac{1}{r'} \quad (2.12)$$

eğrilik hatasıdır.

$P_{g_i}P_{g_{i+1}}$ ve $P_{h_i}P_{h_{i+1}}$ yaylarının eğrilik yarıçapları olan r ve r' Şekil 8 'den,

$$r = \frac{\Delta s}{\omega} \rho \quad , \quad r' = \frac{\Delta s}{\omega'} \rho \quad (2.13)$$

olarak yazılabilir. Bu eşitlikler (2.12) eşitliğinde yerlerine konursa,

$$\epsilon_{K_i} = \frac{\omega - \omega'}{\Delta s \rho} \quad (2.14)$$

bulunur. Şekil 8 'den,

$$\omega - \omega' = \epsilon_{\phi_i} - \epsilon_{\phi_{i+1}} \quad (2.15)$$

olduğu kanıtlanabilir. ϵ_{ϕ_i} ve $\epsilon_{\phi_{i+1}}$, P_i ve P_{i+1} noktalarındaki doğrultu hatalarıdır. (2.15) eşitliği (2.14) eşitliğinde yerine konursa,

$$\epsilon_{K_i} = \frac{\epsilon_{\phi_i} - \epsilon_{\phi_{i+1}}}{\Delta s \rho} \quad (2.16)$$

eğrilik hatası, doğrultu hatası türünden belirlenmiş olur. Eğrilik hatasını, konum türünden göstermek için (2.16) bağıntısında

$\epsilon_{\phi i}$ ve $\epsilon_{\phi i+1}$ 'in (2.9) bağıntısındaki karşılıkları yazılırsa,

$$\epsilon_{Ki} = \frac{\dot{\epsilon}_{\xi i} - \dot{\epsilon}_{\xi i+1}}{\Delta s^2} = \frac{\ddot{\epsilon}_{\xi i}}{\Delta s^2} \quad (2.17)$$

elde edilir.

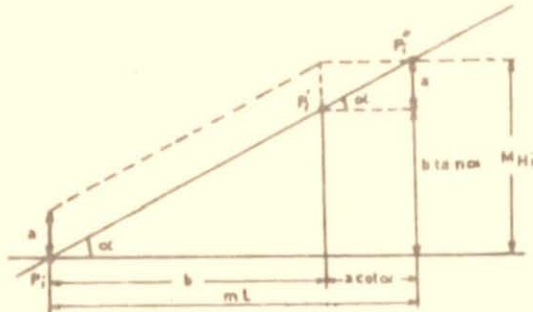
2.3 DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNU GÖSTERMEK İÇİN KULLANILAN BAĞINTILAR

Düzeç eğrilerinin yükseklik ve konum doğruluklarının arazi eğimine bağlı olduğunu gösteren,

$$m_H = \pm(a + b \tan \alpha) \quad (2.18 a)$$

$$m_L = \pm(b + a \cot \alpha) \quad (2.18 b)$$

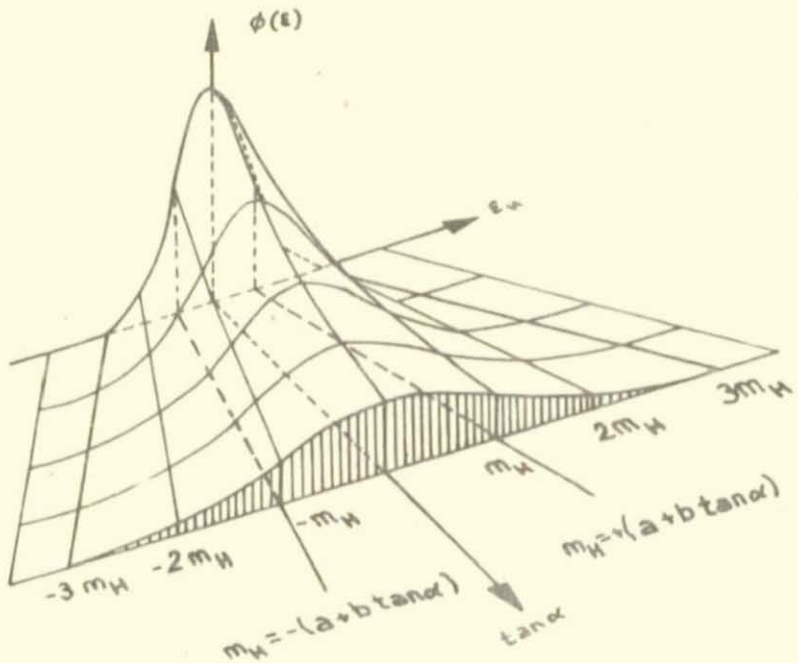
bağıntıları 1902 yılında C.KOPPE tarafından verilmiş ve günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. KOPPE 'nin formüllerinde, a yükseklik, b konum hatalarını gösteren katsayılardır. m_H yüksekliğin, m_L konumun karesel ortalama hataları, α ise arazinin eğim açısıdır.



Sekil 9

Şekil 9 'dan görüleceği gibi, α eğim açılı bir araziide P_1 noktası, b konum hatasından dolayı P_1' 'ne; a yükseklik hatasından dolayı da P_1'' 'ne ötelenir. Bu duruma göre, m_H yükseklik karesel ortalama hatasının (2.18 a); m_L konum karesel ortalama hatasının (2.18 b) bağıntılarına eşit olduğu görülebilir (KOÇAK, 1970: s.111).

Düzeç eğrilerinin doğruluğunu eğime bağlı olarak gösteren KOPPE formüllerinin istatistik yorumu Şekil 10 'da görülmektedir. Şekil 10 'da ϵ_h hata büyüklüğü, $\tan \alpha$ eğim, f yoğunluk (frekans) eksenleri olmak üzere belirlenen üç boyutlu bir dik koordinat sistemindeki hataların yoğunluk yüzeyi görülmektedir. Bu yorumda, yalnızca ϵ_h yükseklik hataları rastlantısal değişkenler



Şekil 10

olarak alınmıştır. $\tan \alpha$ arazi eğimleri rastlantısal değişkenler değildir. Bu yüzeyin, $\tan \alpha$ eksenine dik yönde alınan düşey kesitlerinde, ϵ_h hataları rastgele dağılmıştır. Bu kesit eğrileri, ortalaması 0, standart sapmaları $\tan \alpha$ ile değişen birer normal dağılım eğrisidir. Bu normal dağılım eğrilerinin standart sapmaları, karesel ortalama hataya karşılık gelir. KOPPE bağintıları, bu normal dağılım eğrilerinin standart sapmalarının geometrik yerini belirlerler.

Normal dağılımın yoğunluk fonksiyonu,

$$\phi(\epsilon) = \frac{1}{m\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\epsilon^2}{2m^2}}$$

olduğuna göre, m yerine (2.18 a) eşitliğindeki karşılığı yazılırsa,

$$\phi(\epsilon) = \frac{1}{(a + b \tan \alpha)\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\epsilon^2}{2(a + b \tan \alpha)^2}}$$

biçimini alır. n her bir normal dağılım eğrisinin altında kalan alan ve $\tan \alpha = 0$ ile T eğimleri arasında toplam hata sayısı $N = nT$ olduğuna göre, Şekil 10 'daki yoğunluk yüzeyinin altında kalan hacim,

$$V(\epsilon) = n \int_{\tan \alpha = 0}^T \int_{\epsilon = -\infty}^{\infty} \phi(\epsilon) d(\tan \alpha) d\epsilon = N$$

dir. $-m$ ile $+m$ arasında bu yüzeyin altında kalan hacim,

$$V(\epsilon) = n \int_{\tan \alpha = 0}^T \int_{\epsilon = -(a + b \tan \alpha)}^{a + b \tan \alpha} \phi(\epsilon) d(\tan \alpha) d\epsilon = 0.68 N$$

dir. Yani $-m$ ile $+m$ arasındaki hataların sayısı, toplam hata sayısının %68 'dir. $-2m$ ile $+2m$ arasında, bu yüzeyin altında kalan

hacim,

$$V(\epsilon) = \int_{\tan \alpha = 0}^T \frac{2(a + b \tan \alpha)}{f} \phi(\epsilon) d(\tan \alpha) d\epsilon = 0.95 N$$

dir.

KOPPE (2.18) bağıntılarının a ve b katsayılarını, çeşitli ölçekteki haritalar için deneysel olarak bulmuştur (IMHOF, 1965: s.33) Düzey eğrilerinin karesel ortalama hataları ve hata sınırları için,

$$m_H = \pm \sqrt{a + b \tan^2 \alpha} \quad (2.20 \text{ a})$$

$$m_L = \pm \sqrt{b + a \cot^2 \alpha} \quad (2.20 \text{ b})$$

biçimindeki bağıntılar da kullanılmaktadır (IMHOF, 1965: s.34).

Düzey eğrilerinin doğruluğunu göstermek için, katsayıları deneysel olarak bulunan bu bağıntılardan başka, kuramsal olarak belirlenmiş bağıntılar da kullanılabilir. 1935 yılında RAAB, kuramsal olarak belirlediği,

$$m_H = \pm \sqrt{m_h^2 + (m_\ell^2 + m_\zeta^2 M^2) \tan^2 \alpha} \quad (2.21 \text{ a})$$

$$m_L = \pm \sqrt{m_\ell^2 + m_\zeta^2 M^2 + m_h^2 \cot^2 \alpha} \quad (2.21 \text{ b})$$

bağıntılarını vermiştir (IMHOF, 1965: s.36). Burada,

m_h : Bir noktanın alımında yapılan yükseklik hatası,

m_ℓ : Bir noktanın alımında yapılan konum hatası,

m_ζ : Çizimin hatası,

M : Harita ölçeğinin paydasıdır.

1948 yılında MÜNCHBACH, klasik yöntemle yapılan haritalar için,

$$m_H = \pm (a + \sqrt{b + c \cos^4 \alpha} \tan \alpha) \quad (2.22 \text{ a})$$

$$m_L = \pm (\sqrt{b + c \cos^4 \alpha} + a \cot \alpha) \quad (2.22 \text{ b})$$

bağıntılarını vermiştir (SELÇUK, 1974: s.54). Burada,

$$a = 0.2 \text{ m,}$$

$$b = 2 \left(\frac{n-1}{4} + 1 \right) s^2 \frac{m_R^2}{\rho^2} + 3 m_{\zeta}^2 M^2,$$

$$c = 4 \left(\frac{n-1}{4} m_D^2 + m_{Dl}^2 \right)$$

olup,

s : Poligon kenarlarının ortalama uzunluğu,

m_R : Poligon kenarlarının doğrultu hatası,

m_{ζ} : Çizimin hatası,

m_D : Takeometrik alımda, dürbünün üst ve alt kilları arasında ölçülen asal sayının hatası,

m_{Dl} : Mira bölümlenmesinin hatası,

M : Harita ölçeğinin paydasıdır.

MÜNCHBACH, fotogrametrik yöntemle yapılan haritalardaki düzeç eğrileri için,

$$m_H = \pm \sqrt{a + b \tan^2 \alpha} \quad (2.23 \text{ a})$$

$$m_L = \pm \sqrt{b + a \cot^2 \alpha} \quad (2.23 \text{ b})$$

bağıntılarında,

$$a = \left(\frac{H}{b} \frac{H}{f} m_p \right)^2 \quad (2.23 \text{ c})$$

$$b = 2 \left(\frac{H}{f} m_{xL} \right)^2 + m_{\zeta}^2 M^2 \quad (2.23 \text{ d})$$

eşitliklerini kullanmıştır (SELÇUK, 1974: s.55). Burada,

H : Uçuş yüksekliği,

b : Baz uzunluğu,

f : Kamera sabiti,

m_p : Ortalama paralaks hatası,

m_{xL} : Ortalama apsis hatası,

m_{ζ} : Çizimin hatası,
 M : Harita ölçeğinin paydasıdır.

1961 yılında HAUPT klasik yöntem için, (2.23 a) ve (2.23 b) bağıntılarındaki katsayıları,

$$a = \frac{n+3}{2} s^2 \frac{m_w^2}{\rho^2} \quad (2.24 \text{ a})$$

$$b = \left(\frac{2n+7}{4} + \frac{n(n+1)}{384} \right) s^2 \frac{m_w^2}{\rho^2} + (n+3) m_s^2 + 6 m_{\zeta}^2 M^2 \quad (2.24 \text{ b})$$

biçiminde tanımlamıştır (SELÇUK, 1974: s.55). Burada,

s : Poligon kenarlarının ortalama uzunluğu,
 m_s : Poligon kenarlarının ortalama hatası,
 m_w : Poligon açılarının ortalama hatası,
 n : Poligon dizisindeki nokta sayısı,
 m_{ζ} : Çizimin hatası,
 M : Harita ölçeğinin paydasıdır.

1958 yılında BOL'SAKOV kare ağılı yüzey nivelmanı ile yapılmış 1/500, 1/1000 ve 1/2000 ölçekli haritalar için,

$$m_H = \pm \sqrt{\omega^2(\ell + I \cot \alpha) + m_{hp}^2 + m_k^2 M^2 \tan^2 \alpha} \quad (2.25)$$

bağıntısını önermiştir (BOL'SAKOV, 1960: s.306). Burada,

ω : Arazinin genelleştirme katsayısı (0.010 m/m - 0.015 m/m),
 ℓ : Kot noktaları arasındaki uzaklık,
 I : Eşyükseklik aralığı,
 m_{hp} : Kot noktalarının ortalama yükseklik hatası (0.026 mm - 0.043 mm),
 m_k : Yüksekliği haritadan alınan bir noktanın konum belirleminin ortalama hatası (0.9 mm) dir.

1973 yılında RICHARDUS, fotogrametrik yöntemle yapılan haritalardaki düzeç eğrilerinin doğruluğu için,

$$m_{H_i} = \pm \sqrt{(43.6 f + 0.31 \tan \alpha)^2 M_n^2 + 225(1 + c^2) \tan^2 \alpha M^2} \quad (\text{cm}) \quad (2.26 \text{ a})$$

$$m_L = \pm \sqrt{(43.6 f \cot \alpha + 0.31)^2 M_n^2 + 225(1 + c^2) M^2} \quad (\text{cm}) \quad (2.26 \text{ b})$$

bağıntılarını türetmiştir (RICHARDUS, 1973: s.101). Burada,

f : Kamera sabiti (metre biriminden),

c : Yer kontrol noktaları için katsayı (c=1),

M_n : Resim ölçeği paydasının binde biri,

M : Harita ölçeği paydasının binde biridir.

IMHOF, iyi yapılmış alımlar için Çizelge 1 'de gösterilen karesel ortalama hataları vermiştir (IMHOF, 1965: s.34).

Çizelge 1

Harita Ölçeği	Eşyükseklik aralığı (m)	m _H (m)	m _L (m)
1/1000	1	±(0.1 + 0.3 tan α)	±(0.3 + 0.1 cot α)
1/5000	5	±(0.4 + 3.0 tan α)	±(3.0 + 0.4 cot α)
1/10000	10	±(1.0 + 5.0 tan α)	±(5.0 + 1.0 cot α)
1/25000	10	±(1.0 + 7.0 tan α)	±(7.0 + 1.0 cot α)
1/50000	20	±(1.5 + 10 tan α)	±(10 + 1.5 cot α)

SCHWIDEFSKY'nin, hava fotogrametrisi ile yapılmış çeşitli ölçeklerdeki haritalarda, düzeç eğrilerinin karesel ortalama hataları için kuramsal olarak verdiği formüller Çizelge 2 'de gösterilmiştir (SCHWIDEFSKY, 1961: s.263).

Çizelge 2

Harita Ölçeği	Resim Ölçeği	Uçuş yüksekliği (m)	m _H (m)	m _L (m)
1/5000	1/14000	2800	±(0.7 + 1.0 tan α)	±(1.0 + 0.7 cot α)
1/10000	1/20000	4000	±(1.0 + 2.0 tan α)	±(2.0 + 1.0 cot α)
1/25000	1/32000	6400	±(1.6 + 5.0 tan α)	±(5.0 + 1.6 cot α)
1/50000	1/45000	9000	±(2.3 + 10 tan α)	±(10 + 2.3 cot α)

Büyük ölçekli topografik haritalardaki düzeç eğrilerinin doğrulukları için, çeşitli ülkelerde kullanılan karesel ortalama hata ve hata sınırı bağıntıları Çizelge 3 'de verilmiştir (IMHOF, 1965), (SELÇUK, 1974), (SCHULTZ, 1965), (LIPS, 1964), (EVINAY, 1959), (ÖZGEN, 1966), (T.Ş., 1958), (WEBER, 1961), (SONGU, 1975).

Çizelge 3: Büyük ölçekli topografik haritalardaki düzeç eğrilerinin doğrulukları için çeşitli ülkelerde kullanılan karesel ortalama hata (m) ve hata sınırı (d) bağıntıları

Ülke	Ölçek	Yükseklik (m)	Konum (m)
Türkiye	1/1000	$d_H = \pm (0.6 + 0.6 \tan \alpha)$	$d_L = \pm (0.6 + 0.6 \cot \alpha)$
Almanya	1/1000	$d_H = \pm (0.2 + 2.5 \tan \alpha)$	$d_L = \pm (2.5 + 0.2 \cot \alpha)$
İtalya	1/2000	$m_H = \pm (0.3 + 3.5 \tan \alpha)$	$m_L = \pm (3.5 + 0.3 \cot \alpha)$
Almanya	1/2500	$m_H = \pm (0.2 + 2.0 \tan \alpha)$	$m_L = \pm (2.0 + 0.2 \cot \alpha)$
Türkiye	1/5000	$m_H = \pm (0.4 + 5.0 \tan \alpha)$	$m_L = \pm (5.0 + 0.4 \cot \alpha)$
Türkiye	1/5000	$d_H = \pm (1.0 + 15 \tan \alpha)$	$d_L = \pm (15 + 1.0 \cot \alpha)$
İsviçre	1/5000	$m_H = \pm (1.0 + 3.0 \tan \alpha)$	$m_L = \pm (3.0 + 1.0 \cot \alpha)$
Almanya	1/5000	$m_H = \pm (0.4 + 5.0 \tan \alpha)$	$m_L = \pm (5.0 + 0.4 \cot \alpha)$

Düzeç eğrilerinin doğrultu ve eğrilik doğrulukları ilk kez LINDIG tarafından KOPPE modeline uygun biçimde,

$$m_\phi = \pm (b_1 + a_1 \cot \alpha) \quad (2.27 \text{ a})$$

$$m_K = \pm (b_2 + a_2 \cot \alpha) \quad (2.27 \text{ b})$$

bağıntıları ile gösterilmiştir (LINDIG, 1956 b: s.250). Burada, m_ϕ doğrultunun, m_K eğriliğin karesel ortalama hataları; b_1 , a_1 , b_2 , a_2 katsayılar ve α arazinin eğim açısıdır. Bu modele göre LINDIG, 1/5000 ölçekli Alman topografik haritalarındaki düzeç eğrilerinin doğrultu ve eğriliklerinin karesel ortalama hatalarının,

$$m_\phi = \pm (3.6 + 0.73 \cot \alpha) \quad \text{grad,}$$

$$m_K = \pm (3.7 + 0.90 \cot \alpha) \quad \text{m/m}$$

olduğunu deneysel olarak belirlemiştir (LINDIG, 1956 c: s.303).

2.4 DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNU DENEYSEL OLARAK BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

Topografik haritalardaki düzeç eğrilerinin doğruluğunun belirlenmesi için, harita alanının tümünün denetlenmesi ekonomik olmaz. Bu bakımdan, rastlantısal olarak seçilmiş örnekleme alanlarında denetim yapılır. Bu amaçla seçilen örnekleme alanlarında, eski ve yeniden oluşturulan sabit noktaların duyarlı ölçme teknikleri ile ölçülerek, denetlenecek haritanın koordinat sisteminde hesaplanması gerekir.

Düzeç eğrilerinin denetimi için iki durum söz konusudur. Yeni hesaplanan sabit noktalar yardımı ile ya,

+ Örnekleme alanlarında duyarlı yöntemlerle yapılan yükseklik ve konum ölçmeleri denetlenecek haritaya işlenerek,

ya da,

+ Örnekleme alanlarının daha büyük ölçekli bir düzeç eğrili haritası daha duyarlı yöntemlerle yapılarak, ölçme fotoğrafik yolla küçültüldükten sonra denetlenecek harita ile karşılaştırılarak denetim yapılır.

Birinci durumda,

a) Noktasal,

b) Kesit

yöntemlerinden birinin kullanılması uygun olur. İkinci durumda ise,

a) Yüzeysel,

b) Eşyükseklik,

c) Alansal

yöntemlerden biri kullanılır (ÖZGEN, 1966: s.57-59), (SELÇUK, 1974: s.58-78).

2.41 NOKTASAL YÖNTEM

Denetlenecek harita alanında, karakteristik veya rastlantısal olarak seçilmiş noktaların h_1 yükseklikleri ve konumları arazide yapılan duyarlı ölçmelerle belirlenir. Bu noktalardaki arazi eğimleri ölçülerden veya haritadaki düzeç eğrilerinden bulunabilir. Arazide ölçülen bu noktalar, ölçülerden yararlanılarak haritaya işlenir ve bu noktaların h'_1 harita yükseklikleri, düzeç eğrileri arasında doğrusal interpolasyon yapılarak belirlenir. Arazide ölçülen h_1 yükseklikleri ile haritadan alınan h'_1 yüksekliklerinden,

$$\epsilon_{h1} = h_1 - h'_1$$

gerçek hataları bulunur. Bu gerçek hatalar, eğimlere göre gruplandırılarak, her bir eğim gurubundaki karesel ortalama hata

$$m_{Hj} = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon_{h1}^2}{n_j}} \quad (2.28)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Burada m_{Hj} , j 'inci gurubun karesel ortalama hatası, n_j ise j 'inci guruptaki hataların sayısıdır. Hataların guruplandırılması için eğim gurubu aralığı,

$$\Delta(\tan \alpha) = \frac{\tan \alpha_{\max} - \tan \alpha_{\min}}{g} \quad (2.29)$$

bağıntısı ile elde edilebilir (LINDIG, 1956 b: s.181). Burada g, gurup sayısı olup, $5 < g < 10$ arasında seçilebilir.

Her bir gurubun eğim ortalaması,

$$\tan \bar{\alpha}_j = \frac{\sum \tan \alpha_i}{n_j}$$

bağıntısı ile elde edilir. Her bir gurubun eğim ortalamasından

ve karesel ortalama hatasından yararlanılarak uygun bir doğruluk modelinin katsayıları en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılarak hesaplanabilir. Düzey eğrilerinin yükseklik doğruluğu için bulunan bu bağıntı, (2.5) eşitliğine göre, $\cot \alpha$ ile çarpılarak konum doğruluğunu gösteren bağıntıya çevrilebilir. Sözelimi, yükseklik doğruluğu için,

$$m_H = \pm (a + b \tan \alpha)$$

biçiminde elde edilen bağıntı, $\cot \alpha$ ile çarpılarak düzey eğrilerinin konum doğruluğunu gösteren,

$$m_L = \pm (b + a \cot \alpha)$$

bağıntısına dönüştürülebilir.

2.42 KESİT YÖNTEMİ

Arazinin en büyük eğim doğrultularında eşit aralıklarda ve ayrıca bu doğrultulardaki karakteristik noktalarda nivelman veya başka duyarlı yöntemlerle yapılan yükseklik ölçmelerinden belirlenen h_1 gerçek yükseklikleri, bu noktaların düzey eğrileri arasında interpolasyon yapılarak haritadan bulunan h_1' yükseklikleri ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu elde edilen,

$$\epsilon_{h1} = h_1 - h_1'$$

gerçek hataları (2.29) eşitliğine göre eğim guruplarına ayrılarak, her bir gurubun eğim ortalaması ve (2.28) eşitliğine göre karesel ortalama hatası bulunduktan sonra, en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapıp uygun bir doğruluk modelinin katsayıları hesaplanır. Düzey eğrilerinin yükseklik doğruluğu için bulunan bu bağıntı, (2.41) Bölümünde anlatılan biçimde konum doğruluğu bağıntısına dönüştürülebilir.

2.43 YÜZEYSEL YÖNTEM

Bu yöntemde, örnekleme alanlarının daha büyük ölçekte ve daha duyarlı yöntemlerle yapılan düzeç eğrili haritaları, fotografik yolla denetlenecek harita ölçeğine küçültülür. Denetim için gerekli noktalar, her iki haritada ölçeğe uygun ve birbirine tamamen uyan iki kareler ağının özenli bir biçimde çakıştırılması ile elde edilir. Her iki haritada, kareler ağının köşelerine ait yükseklikler ve eğimler düzeç eğrileri yardımı ile bulunur. Bu noktalardaki,

$$dh_1 = h_1 - h'_1$$

farklarından, (2.29) eşitliğine göre oluşturulan eğim guruplarının karesel ortalama hataları hesaplanır. Karesel ortalama hata hesaplanırken, denetim haritasındaki ve denetlenen haritadaki düzeç eğrilerinin doğrulukları arasındaki,

$$\bar{m} = k m$$

bağıntısının gözönünde bulundurulmasının gerekliliği, 1940 yılında İtalyan A.PAROLI tarafından belirtilmiştir (SCHERMERHON, 1961). Burada \bar{m} denetim haritasının, m denetlenen haritadaki düzeç eğrilerinin doğruluğu, k ise, 0 ile 1 arasında tahmin edilen bir katsayıdır. Haritaların karşılaştırılmasından bulunacak dh_1 yükseklik farkları yardımı ile her bir eğim gurubunun karesel ortalama hataları,

$$m_{Hj} = \pm \sqrt{\frac{\sum dh_1^2}{n_j (1 + k^2)}} \quad (2.31)$$

eşitliği ile hesaplanır. İki haritanın düzeç eğrilerinin doğrulukları birbirine eşitse $k = 1$ alınmaktadır. Denetim haritası yersel, denetlenen harita fotogrametrik yöntemle yapılmışsa $k = 0$ alınarak, elde edilen dh_1 farkları, gerçek hatalar gibi işlem görmektedir.

k katsayısının tahmininde yapılan hatanın sonuca etkisi, (2.31) eşitliğinin k 'ya göre türevi alınarak elde edilen,

$$\frac{dm}{m} = - \frac{k^2}{1+k^2} \frac{dk}{k} \quad (2.32)$$

bağıntısı ile oransal olarak elde edilebilir. k katsayısı %25 bir hata ile tahmin edilmiş olsa, karesel ortalama hata hesaplarında k=1 için %12.5; k=0.5 için %5 bir yanılğıya düşülmüş olur. Görüldüğü gibi, k katsayısının karesel ortalama hataya etkisi çok sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle k katsayısının kabaca tahmin edilmesi sonuç için yeterli olmaktadır.

Eğim gurupları için eğim ortalamaları ve (2.31) eşitliğine göre karesel ortalama hatalar elde edildikten sonra, önceki bölümlerde açıklanan biçimde doğruluk bağıntıları hesaplanır.

2.44 EŞYÜKSEKLİK YÖNTEMİ

Örnekleme alanlarında, denetlenecek haritanın düzeç eğrilerine karşılık gelen eşyüksekliklere ait eşit aralıklardaki noktalar, duyarlı ölçme yöntemleri ile belirlenerek konumları bulunur. Bu noktalar haritaya işlenir. Böylece, düzeç eğrilerine ait noktaların doğru konumları haritada gösterilmiş olur. Ancak eşyüksekliklerin arazide aranması oldukça yorucu ve zaman alıcı olduğundan ekonomik değildir. Bunun yerine, örnekleme bölgelerinin daha büyük ölçekli bir düzeç eğrili haritasının duyarlı yöntemlerle yapılarak, denetlenecek harita ölçeğine küçültülmesi ve her iki haritanın koordinatlara göre karşılaştırılarak düzeç eğrilerinin karşılaştırılması daha uygundur.

İki harita koordinat ağına göre karşılaştırıldıktan sonra, doğru

kabul edilen düzeç eğrileri üzerinde (2.221) Bölümünde açıklan-
dığı gibi, eşit aralıklarda alınan noktalardaki en büyük eğim
doğrultularının hatalı düzeç eğrisini kestiği noktalar, bu nok-
taların hatalı karşılıklarını; diklerin boyu da, $d\ell_1$ konum fark-
larını gösterir. Şekil 7 'deki ϵ_{ℓ_1} gerçek hataları $d\ell_1$ konum
farklarına karşılıktır. $d\ell_1$ konum farkları eğim guruplarına
ayrıldıktan sonra, her bir gurubun karesel ortalama hatası he-
saplanır. Karesel ortalama hata hesaplanırken PAROLI tarafın-
dan önerilen,

$$m_{Lj} = \pm \sqrt{\frac{\sum d\ell_1^2}{n_j (1 + k^2)}} \quad (2.33)$$

bağıntısının kullanılması uygun olur. Burada k , (2.43) Bölümünde
değinildiği gibi, iki haritanın doğruluklarının oranı olarak
tahmin edilen $0 < k < 1$ arasında bir katsayıdır.

Her bir eğim gurubunun karesel ortalama hataları ve eğim orta-
lamalarının tersi ($\cot \bar{\alpha}$) yardımı ile önceki bölümlerde açıkla-
nan biçimde düzeç eğrilerinin konum doğruluğu için uygun bir
modelin katsayıları hesaplanır. Düzeç eğrilerinin yükseklik
doğruluğunu gösteren bağıntıyı elde etmek için, hesaplanan
konum doğruluğuna ait bağıntının (2.6) eşitliğinden dolayı $\tan \alpha$
ile çarpılması gerekir. Sözgelimi, düzeç eğrilerinin konum
doğruluğu için,

$$m_L = \pm (b + a \cot \alpha)$$

biçiminde elde edilen bir bağıntı, $\tan \alpha$ ile çarpılarak düzeç
eğrilerinin yükseklik doğruluğunu gösteren,

$$m_H = \pm (a + b \tan \alpha)$$

bağıntısına dönüştürülebilir.

Bu yöntemde, düzeç eğrilerinin m_ϕ doğrultu ve m_K eğrilik hata-

ları da (2.22) Bölümünde açıklandığı gibi bulunabilir. Doğrultu ve eğrilik hataları (2.22) Bölümünde gerçek konum hatalarından yararlanılarak elde edilmiştir. Denetim iki haritanın karşılaştırılması biçiminde yapılıyorsa, ϵ_{21} gerçek konum hataları yerine $d\lambda_1$ farklarından yararlanılır. Bu durumda i noktasındaki doğrultu hatası (2.9) eşitliğine göre,

$$d\phi_1 = \frac{d\lambda_1 - d\lambda_{1-1}}{\Delta s} \rho = \frac{\dot{d}\lambda_1}{\Delta s} \rho \quad (2.34)$$

ve eğrilik hatası (2.17) eşitliğine göre,

$$d\kappa_1 = \frac{\dot{d}\lambda_1 - \dot{d}\lambda_{1+1}}{\Delta s^2} = \frac{\ddot{d}\lambda_1}{\Delta s^2} \quad (2.35)$$

olarak yazılabilir.

Bu hatalar eğim guruplarına ayrılarak, her bir gurubun doğrultu ve eğriliklerinin karesel ortalama hataları,

$$m_{\phi j} = \pm \frac{\rho}{\Delta s} \sqrt{\frac{I \dot{d}\lambda_1^2}{n_j (1+k^2)}}, \quad m_{\kappa j} = \pm \frac{1}{\Delta s^2} \sqrt{\frac{I \ddot{d}\lambda_1^2}{n_j (1+k^2)}} \quad (2.36 \text{ a,b})$$

bağıntıları ile elde edilir. Düzey eğrilerinin doğrultularının ve eğriliklerinin karesel ortalama hatası için, (2.27 a) ve (2.27 b) modellerinin veya başka uygun modellerin, her bir eğim gurubunda hesaplanan karesel ortalama hatalardan ve eğim ortalamalarının tersinden ($\cot \bar{\alpha}$) yararlanılarak katsayıları en küçük kareler yöntemine göre dengelenerek bulunur.

Bu yöntem LINDIG tarafından önerilmiştir (LINDIG, 1956 b), (LINDIG, 1956 c).

2.45 ALANSAL YÖNTEM

Örnekleme alanlarının daha büyük ölçekte ve daha duyarlı yöntemlerle yapıлып denetlenecek harita ölçeğine fotografik yolla küçültülen düzeç eğrili haritası, denetlenecek harita ile koordinat ağına göre karşılaştırılır. Denetim yine, düzeç eğrilerinin karşılaştırılması biçiminde yapılır. Ancak karşılaştırmada, hatasız konumdaki düzeç eğrileri ile bunların karşılığı olan hatalı konumdaki düzeç eğrilerinin arasında kalan alanlardan yararlanılır.

LINDIG 'in "planimetre yöntemi" olarak adlandırdığı bu yöntemde önerdiği yol aşağıda açıklanmıştır (LINDIG, 1956 d).

Düzeç eğrisi üzerindeki bir P_1 noktasının yükseklik hatası, konum hatası türünden,

$$dh_1 = d\ell_1 \tan \alpha_1 = d\ell_1 \frac{2 I}{\ell_1} \quad (2.37)$$

dir. Burada, $d\ell_1$ konum hatası, ℓ_1 denetlenecek düzeç eğrisi noktasının yukarısında ve aşağısında bulunan düzeç eğrileri arasında, α noktadaki en büyük eğim doğrultusunda ölçülen yatay uzunluk; I eşyükseklik aralığıdır. Aynı eğim gurubundaki hataların mutlak hatalar ortalaması,

$$t_{Hj} = \frac{1}{n_j} \sum \frac{2 I d\ell_1}{\ell_1} = \frac{2 I}{n_j} \sum \frac{d\ell_1}{\ell_1} \quad (2.38)$$

olup, burada n_j , j 'inci eğim gurubundaki hataların sayısını göstermektedir. Bu eğim gurubundaki $d\ell_1$ ve ℓ_1 'lerin aritmetik ortalaması,

$$U = \frac{1}{n_j} \sum d\ell_1, \quad V = \frac{1}{n_j} \sum \ell_1 \quad (2.39)$$

dir. $d\ell_1$ ve ℓ_1 'ler ortalama değere göre yazılırsa,

$$d\ell_i = U + u_i, \quad \ell_i = V + v_i \quad (2.40)$$

olur. Bu değerler, (2.38) eşitliğinde yerlerine konursa,

$$t_{Hj} = \frac{2I}{n_j} \frac{U}{V} \left\{ \frac{1 + \frac{u_1}{U}}{1 + \frac{v_1}{V}} + \dots + \frac{1 + \frac{u_n}{U}}{1 + \frac{v_n}{V}} \right\} \quad (2.41)$$

bulunur. Aynı eğim gurubundaki ℓ_i 'ler birbirlerine çok yakın değerler olduğundan, v_i 'lerin çok küçük olacağı açıktır. Bu nedenle, $1/(1+v_i/V)$ seriye açılıp, ikinci dereceden sonraki terimler atılırsa,

$$\frac{1}{1 + \frac{v_1}{V}} = 1 - \frac{v_1}{V} + \frac{v_1^2}{V^2}$$

biçimini alır. (2.41) eşitliğinde yerine yazılıp, ikinci dereceden büyük terimler atılırsa,

$$\begin{aligned} t_{Hj} &= \frac{2I}{n_j} \frac{U}{V} \left\{ 1 - \frac{v_1}{V} + \frac{v_1^2}{V^2} + \frac{u_1}{U} - \frac{u_1 v_1}{UV} + \dots + 1 - \frac{v_n}{V} + \frac{v_n^2}{V^2} + \frac{u_n}{U} - \frac{u_n v_n}{UV} \right\} \\ &= \frac{2I}{n_j} \frac{U}{V} \left\{ n_j - \frac{\sum v_i}{V} + \frac{\sum v_i^2}{V^2} + \frac{\sum u_i}{U} - \sum \frac{u_i v_i}{UV} \right\} \\ &= \frac{2I}{n_j} \frac{U}{V} \left\{ n_j - 0 + \frac{\sum v_i^2}{V^2} + 0 - \sum \frac{u_i v_i}{UV} \right\} \\ &= 2I \frac{U}{V} \left\{ 1 + \frac{1}{n_j} \sum \frac{v_i^2}{V^2} - \frac{1}{n_j} \sum \frac{u_i v_i}{UV} \right\} \end{aligned}$$

bulunur. Burada, parantez içindeki birinci terimden sonraki terimlerin toplamı yaklaşık olarak sıfır olduğundan,

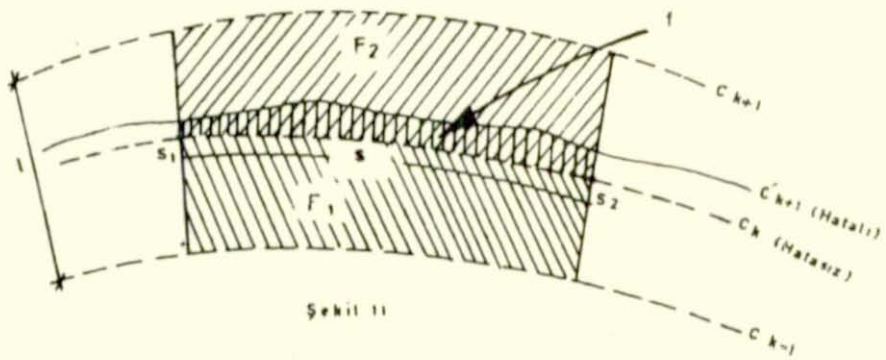
$$t_{Hj} = 2 I \frac{U}{V} = 2 I \frac{\frac{1}{n_j} \sum d \ell_i}{\frac{1}{n_j} \sum \ell_i} = 2 I \frac{\sum d \ell_i}{\sum \ell_i}$$

yazılabilir. Burada t_{Hj} mutlak hatalar ortalaması, n_j nokta sayısına bağlı değildir. Şekil 11 'de hatalı konumdaki C'_k düzeç eğrisi ile doğru konumlardaki C_{k-1} , C_k ve C_{k+1} düzeç eğrileri görülmektedir. C_k düzeç eğrisi üzerindeki S_1 ve S_2 noktaları arasındaki s aralığında C_k düzeç eğrisini belirleyen noktaların sonsuz sayıda olduğu düşünülürse,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Delta s \int_{S_1}^{S_2} d \ell_i = \int_{S_1}^{S_2} d \ell ds = f \quad (2.43 a)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \Delta s \int_{S_1}^{S_2} \ell ds = F_1 + F_2 = F \quad (2.43 b)$$

alanları bulunur.



Şekil 11

(2.43 a) ve (2.43 b) eşitlikleri, (2.42) eşitliğinde yerlerine konursa,

$$t_{Hj} = 2 I \frac{f}{F} \quad (2.44)$$

elde edilir. Eğim ortalaması,

$$\tan \bar{\alpha} = 2 I \frac{s}{F} \quad (2.45)$$

bağıntısı ile elde edilebilir. Burada s, F alanının C_k düzeç eğrisi boyunca olan uzunluğudur.

(2.44) eşitliği, (2.6) eşitliği ile gösterilen ortalama arazi eğimine göre de,

$$t_{Hj} = \frac{I f}{2} \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) \quad (2.46)$$

biçiminde kullanılabilir. Bu durumda eğim ortalaması,

$$\tan \bar{\alpha} = \frac{I s}{2} \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) \quad (2.47)$$

olur.

Mutlak hatalar ortalaması ile karesel ortalama hata arasında,

$$m = \pm \sqrt{\frac{n}{2}} t = \pm 1.25 t \quad (2.48)$$

bağıntısı bulunduğundan (ULSOY, 1963), (2.44) eşitliğinden,

$$m_{Hj} = \pm 1.25 t_{Hj} = \pm 2.5 I \frac{f}{F} \quad (2.49)$$

ve (2.47) eşitliğinden,

$$m_{Hj} = \pm 1.25 t_{Hj} = \pm 0.625 I f \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) \quad (2.50)$$

elde edilir.

Uygulamalarda, aynı eğim gurubunda birçok alanlar oluşacağından, (2.49) bağıntısı,

$$m_{Hj} = \pm 2.5 I \frac{\sum f}{\sum F} \quad (2.51)$$

ve (2.50) bağıntısı,

$$m_{Hj} = \pm 0.625 I \Sigma f \left(\frac{1}{\Sigma F_1} + \frac{1}{\Sigma F_2} \right) \quad (2.52)$$

biçimlerinde kullanılır. Bu durumda eğim guruplarının eğim ortalaması için verilen (2.45) bağıntısı,

$$\tan \bar{\alpha}_j = 2 I \frac{\Sigma s}{\Sigma F} \quad (2.53)$$

ve (2.47) bağıntısı,

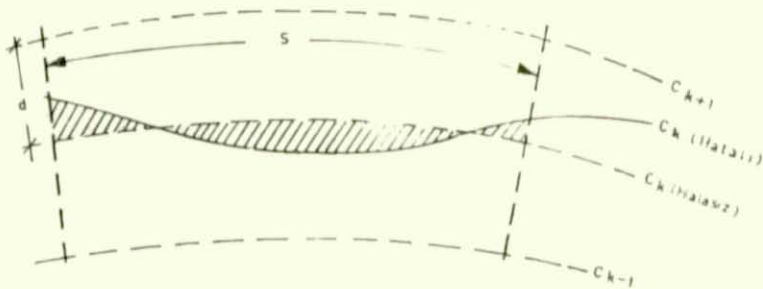
$$\tan \bar{\alpha}_j = \frac{I \Sigma s}{2} \left(\frac{1}{\Sigma F_1} + \frac{1}{\Sigma F_2} \right) \quad (2.54)$$

olur. Her bir eğim gurubu için, (2.51) veya (2.52) eşitliklerinden elde edilen karesel ortalama hatalar ve (2.53) veya (2.54) eşitliklerine göre bulunacak eğim ortalamalarından yararlanılarak uygun bir doğruluk modelinin katsayıları önceki bölümlerde anlatıldığı biçimde hesaplanabilir.

PAROLI ise, Şekil 12 'de görüldüğü gibi, düzeç eğrisi boyunca s uzunluklarındaki, doğru ve hatalı konumlardaki düzeç eğrileri arasında kalan f alanlarından yararlanılarak karesel ortalama hatayı,

$$m_{Hj} = \pm \frac{1.25 I}{\sqrt{1+k^2}} \frac{\Sigma \frac{f}{d}}{\Sigma s} \quad (2.55)$$

biçiminde elde etmektedir (SCHERMERHON, 1961). Şekil 12 'de gö-



Şekil 12

rüldüğü gibi, d iki düzeç eğrisi arasında kalan ortalama yatay uzunluk; s, f alanının C_k düzeç eğrisi boyunca olan uzunluğudur. PAROLI her bir f alanındaki d uzunluklarını ortalama bir değer olarak sabit varsaymıştır.

3 KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEC EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNUN KURAMSAL OLARAK BELİRLENMESİ

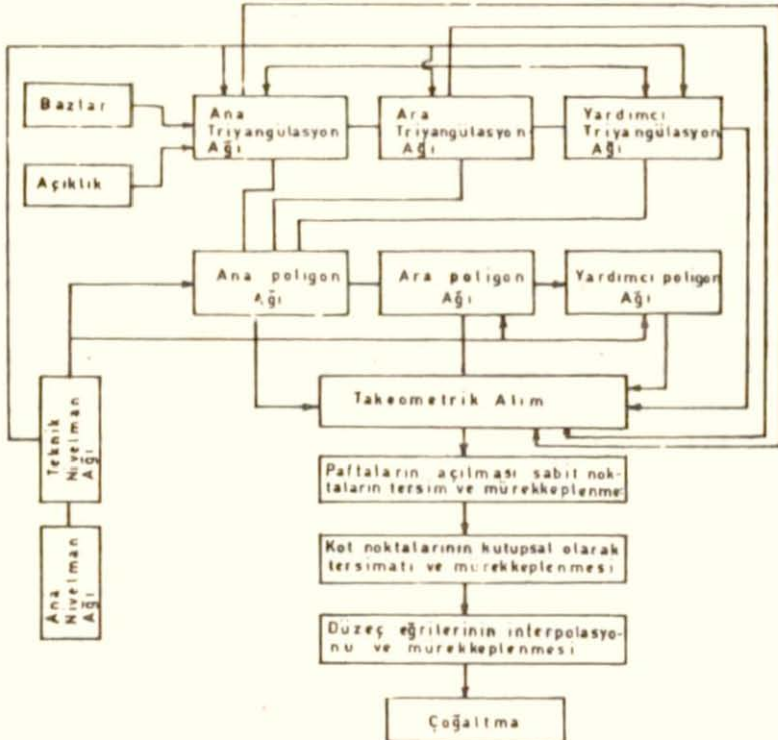
3.1 GENEL

Kentlerin imar planlarının, elektrik, su, kanalizasyon ve yol gibi alt yapı hizmetlerinin etüd, projelendirme ve aplikasyon çalışmalarında yararlanılmakta ve bu hizmetlerde altlık olarak kullanılmakta olan 1/1000 ölçekli kent haritaları, 23.6.1945 tarih ve 4759 Sayılı Yasa'ya göre İller Bankası tarafından yapılmakta veya yüklenicilere yaptırılmakta ve İmar ve İskan Bakanlığı Belediye Teknik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığınca denetlenmekte ve onaylanmaktadır (KOÇAK, 1974: s.5). Bu haritalar, "1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapılmasına Ait Teknik Yönetmelik" kurallarına göre yapılmaktadır. Bu yönetmelik, büyük ölçekli harita yapan veya yaptıran kamu kurumları ile özel ve tüzel kurumlar arasında, harita standartları ve ölçü duyarlılığı bakımından birlik sağlayarak, haritası yapılmış bölgelerde yeniden harita yapımını önlemek, böylece çeşitli kuruluşlarca yapılan veya yaptırılan haritalardan ve sabit noktalardan ortaklaşa yararlanmak amacı ile düzenlenmiş ve 10.4.1974 tarih ve 14854 Sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (T.Y.: Md.1). Bu yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden önceki kent haritaları, 5.6.1958 tarih ve 9924 Sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Şehir ve Kasabaların Halihazır Haritalarının Yapılmasına Ait Umumi Talimatname" uyarınca, buna ekli Teknik Şartname kurallarına göre yapılmaktaydı.

Yürürlükteki yönetmeliğin eski şartnameden en önemli farkı, haritası yapılacak arazilerin guruplandırılması ve bu arazi guruplarına göre yapılan haritaların triyângülasyon, poligon ve nivelman ölçülerinde farklı duyarlıklar istenmesidir. Ayrıntılar ölçülmesi, çizim ve çoğaltma işleri eski şartnamede

olduğu gibidir. Bu yeni yönetmelikle triyângülasyon, poligon ve nivelman ölçüleri için istenen farklı duyarlıklar, paftaların çizim doğruluğunu etkilemediğinden ve ayrıca hata incelemeleri 1974 yılından önce yapılmış haritalar üzerinde yapıldığından, bu çalışmadaki kuramsal bağıntılar eski şartname kuralına uyularak geliştirilecektir.

1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin doğruluğunun kuramsal olarak belirlenmesi için, üretim evrelerindeki hata kaynaklarının göz önünde bulundurulması gerekir. Bu üretim evrelerinin birbirleriyle olan ilişkileri Şekil 13 'de görülmektedir. Her üretim evresi, kendinden sonraki üretim evrelerinin doğruluğunu etkiler. Üretim evrelerindeki hata kaynakları ve hataların büyüklükleri aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.



Şekil 13

3.2 TRIYANGÜLASYON AĞLARI

Alanı 50 hektarı geçen kent haritaları için bağımsız bir triyangülasyon ağının kurulması gereklidir (T.Ş.: Md.1). Triyangülasyon ağı ana, ara ve tamamlayıcı noktalardan oluşur.

Ana triyangülasyon ağı, üçgen veya köşegenli dörtgenlerin oluşturduğu merkez veya zincirler biçiminde harita alanını kaplar. Ana triyangülasyon ağlarında ölçülecek baz sayısı, ağın şekline ve kapladığı alana göre belirlenir. 500 hektara kadar olan alanlarda ve merkez biçimindeki ağlarda bir baz yeterlidir. Ağın kapladığı alan, 500 hektardan büyükse ve ağ zincir biçiminde ise baz sayısı arttırılır (T.Ş.: Md.33). Bazların bağıl hataları, 1000 hektardan büyük harita alanlarında $1/150000$ 'i; 1000 hektardan küçük harita alanlarında ise $1/75000$ 'i geçemez (T.Ş.: Md.47,48). Ölçülüp hesaplanan bazlar deniz düzeyine indirgenmez (T.Ş.: Md.45).

Açı ölçmeleri, seri yöntemine göre, optik tambur bölümleri 1^{CC} veya 2^{CC} olan teodolitlerle yapılır. Kenar uzunlukları 5 km 'den büyük olan triyangülasyon ağlarında 1^{CC} doğrudan doğruya ölçen teodolitlerin kullanılması zorunludur (T.Ş.: Md.53).

Ana triyangülasyon ağı en küçük kareler yöntemi ile doğrultulara göre toptan dengelenir. Kenar koşulları kapanma hataları, 1000 hektardan büyük alanlarda logaritmanın 6 ncı ondaliğı türünden 25, 1000 hektardan az olan alanlarda 35 'i geçemez. Bu logaritma farklarının karşılık geldiği bağıl hatalar 1000 hektardan büyük alanlarda $1/17400$, 1000 hektardan küçük alanlarda ise, $1/12400$ 'dir. Yani dengeleme yapılmamış olsa bile, ana triyangülasyon ağının kenarlarından herhangi birisinin bağıl hatası en kötü durumda $1/12400$ alınabilir.

Ara triyangülasyon noktaları, ana noktalardan çıkış alan ve koordinatlara göre dengelenmiş noktalardır. Dengelenmiş bir

noktanın m_y ve m_x koordinat ortalama hataları ± 7 cm 'yi geçemez (T.Ş.: Md.63).

Tamamlayıcı triyangülasyon noktaları, poligon ağlarının gerektirdiği nokta sıklığını gerçekleştirmek amacı ile kestirme yöntemleriyle oluşturulur. Üzerinde gözlem yapılmış tamamlayıcı noktalar en az üç, önden kestirilmiş tamamlayıcı noktalar dört doğrultudan hesaplanırlar. Bir tamamlayıcı noktanın her doğrultudan bulunan koordinat değerlerinin en küçüğü ile en büyüğü arasındaki fark ± 10 cm 'den büyük olamaz (T.Ş.: Md.64).

1/1000 ölçekli kent haritaları 60 cm x 80 cm 'lik paftalara çizildiğinde, triyangülasyon noktalarının 600 m x 800 m 'lik bir alandaki doğruluğu sözkonusudur. Bu alan içindeki triyangülasyon noktalarının bağıl doğruluğu, yukarıda verilen ölçütler düşünüldüğünde, ± 0.2 mm (arazide ± 20 cm) olan çizim doğruluğunun çok altında kalır. Dolayısıyla, triyangülasyon noktalarının ölçme ve hesaplanmasından oluşan bir hata kaynağı düzeç eğrilerinin doğruluğunu etkilemez.

3.3 POLİGON AĞLARI

Poligon ağları ana, ara ve yardımcı poligon dizilerinden oluşur. Ana poligon dizileri, triyangülasyon noktalarını veya gerektiğinde triyangülasyon noktasından sonraki ilk ana poligon noktalarını birbirlerine bağlayan ve uzunluğu 1300 m 'yi geçmeyen dizilerdir. Ara poligon dizileri, ana poligon dizilerinin ayırmış olduğu bölgeler içinde ana ve ara poligon noktalarını birbirlerine bağlayan ve uzunluğu 900 m 'yi geçmeyen dizilerdir. Yardımcı poligon dizileri ise, bir tek uçtan ana veya ara poligon noktalarına bağlı olup, uzunlukları 200 m 'yi geçmez (T.Ş.: Md.86).

Poligon kenarları 20 m'lik duyarlı ve ayarlı çelik şeritlerle

ölçülür. Poligon kenarlarının uzunlukları yerleşme bölgelerinde 200 m 'yi ve kırsal bölgelerde 300 m 'yi geçmez (T.Ş.:Md.85, 121). Poligon kenar ölçüleri gidiş geliş olmak üzere iki kez yapılır ve iki ölçü arasındaki fark,

$$d_s = \pm(0.005\sqrt{s} + 0.00015s + 0.015) \quad (\text{metre}) \quad (3.1)$$

bağıntısı ile bulunacak değerden büyük olamaz (T.Ş.:Md.128). Burada s, metre biriminden poligon kenarının uzunluğudur.

Ana poligon noktalarında açı gözlemleri 2^{CC} doğrudan ölçen teodolitlerle, ara ve yardımcı poligon noktalarında 10^{CC} tahmin edilebilen teodolitlerle iki yarım seri olarak yapılır (T.Ş.: Md.117,118).

Poligon hesaplarında, f_β açı kapanma hataları noktaların kırılma açılarına eşit; f_y ve f_x koordinat kapanma hataları ise noktaların hesaplanan koordinat farklarına kenarlarının uzunlukları ile orantılı olarak dağıtılır.

3.31 POLİGON NOKTALARININ KONUMLARININ KURAMSAL DOĞRULUĞU

1/1000 ölçekli 60 cm x 80 cm boyutlarındaki bir paftada birçok poligon noktası vardır. Pafta üzerindeki ayrıntılar, bu poligon noktalarından ölçüldüğü için ayrıntı noktalarının bağıl doğrulukları poligonların bağıl doğruluğuna bağlıdır. İki ucundan dayalı, gergin ve eşit kenarlı bir poligon dizisinin ortasındaki bir nokta için konum hatası,

$$m_{pk} = \pm \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} \frac{L^3}{192s} + m_s^2 \frac{L}{4s}} \quad (3.2)$$

dir (GRUBER, 1963: s.213). Burada m_β poligon kırılma açılarının, m_s poligon kenarlarının karesel ortalama hataları, s poligon kenar uzunluğu, L poligon dizisinin uzunluğudur.

Poligon dizilerinin kırılma açıları 10^{CC} okunabilen teodolitlerle iki yarım seri olarak ölçüldüğünde, $m_{\beta} = \pm 40^{\text{CC}}$ alınabilir (GRUBER, 1963: s.232).

Poligon kenarlarının en kötü koşullardaki karesel ortalama hatasını tahmin edebilmek için (3.1) bağıntısında poligon kenarlarının en büyük uzunluğu olan 300 m değeri kullanılırsa, $d_s = \pm 15$ cm bulunur. Bu sınır değer, iki ölçü arasındaki farkların standart sapmasının üç katı olduğu düşünülürse, $\sigma = \sqrt{2} m_s = \pm 5$ cm olur. Bu duruma göre, en kötü koşullarda, bir poligon kenarının karesel ortalama hatası $m_s = \pm 4$ cm alınabilir.

Poligon dizisinin uzunluğu 1300 m, kenar uzunlukları ortalama 150 m. kırılma açılarının karesel ortalama hatası $m_{\beta} = \pm 40^{\text{CC}}$ ve poligon kenarlarının karesel ortalama hatası $m_s = \pm 4$ cm alınıp, bu değerler (3.2) bağıntısında yerlerine konursa, dizinin orta noktasının konumunun karesel ortalama hatası $m_{pk} = \pm 0.06$ m bulunur.

3.32 POLİGON NOKTALARININ KONUM DOĞRULUĞUNUN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

1/1000 ölçekli kent haritalarındaki poligon noktalarının konum doğruluğunun deneysel olarak belirlenmesi için İmar ve İskan Bakanlığınca yapılan denetim ölçülerinden yararlanılmıştır.

İmar ve İskan Bakanlığı denetim ekiplerince, poligon noktalarının doğruluğunu denetlemek için triyagülasyon noktalarına dayalı, poligon noktalarının bir bölümünü içeren yeni poligon dizileri oluşturulmakta ve bu diziler aynı duyarlıkta yeniden ölçülmektedir. Bu poligon noktalarının koordinatları yeni ölçülere göre hesaplanarak harita koordinatları ile karşılaştırılmaktadır.

Bu bölümde, yukarıda anlatılan biçimde yapılan denetimlere ait

539 poligon noktasının denetim ve harita koordinatları arasındaki farklar incelenmiştir. Y_d , X_d denetim ve Y_h , X_h harita koordinatları olmak üzere,

$$d_y = Y_h - Y_d, \quad d_x = X_h - X_d$$

farkları ile her iki eksen yönündeki d_{yx} farklarının histogramları Şekil 14-16 'da görülmektedir.

d_y , d_x ve d_{yx} farklarının oluşturduğu üç ayrı örnek kümede,

- Sistemik hata araştırması,
- χ^2 uyum testi,
- Çarpıklık ve eknes testi uygulanmıştır.

Sistemik hata testinde üç rastlantı ölçütü kullanılmıştır.

- 1) E_d , d farklarının işaret gözetilerek toplamı olmak üzere, farklarda önemli bir sistemik hata olmaması durumunda,

$$s = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{N} - \left(\frac{\sum d}{N}\right)^2} \quad (3.3)$$

olduğuna göre, %95 istatistik güven için,

$$|\sum d| < 2 s \sqrt{N} \quad (3.4)$$

olmalıdır (WOLF, 1968: s.506). Burada N , örnek kümedeki farkların toplam sayısıdır.

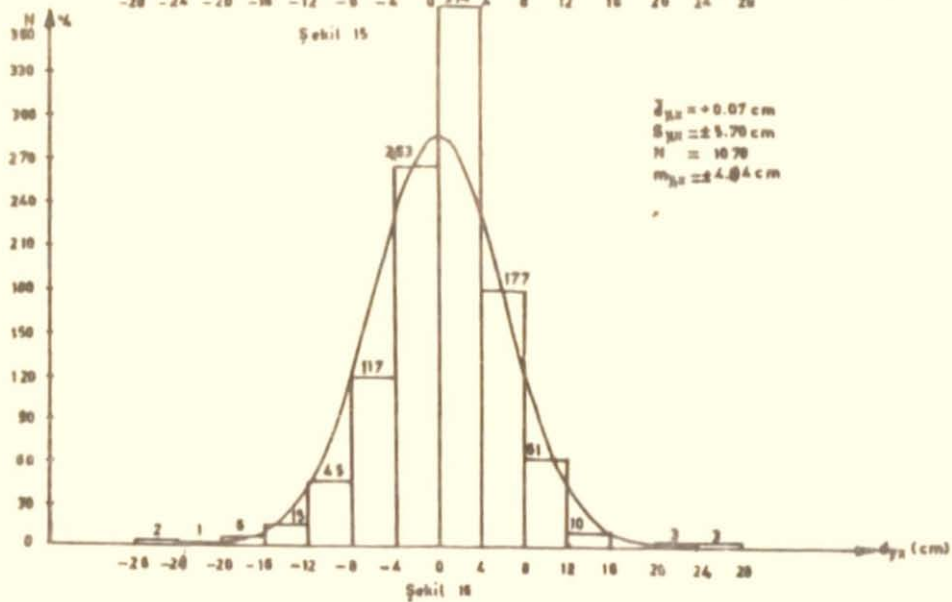
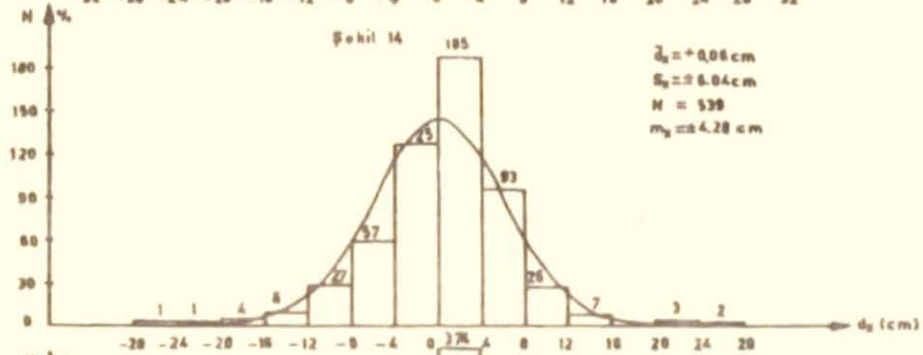
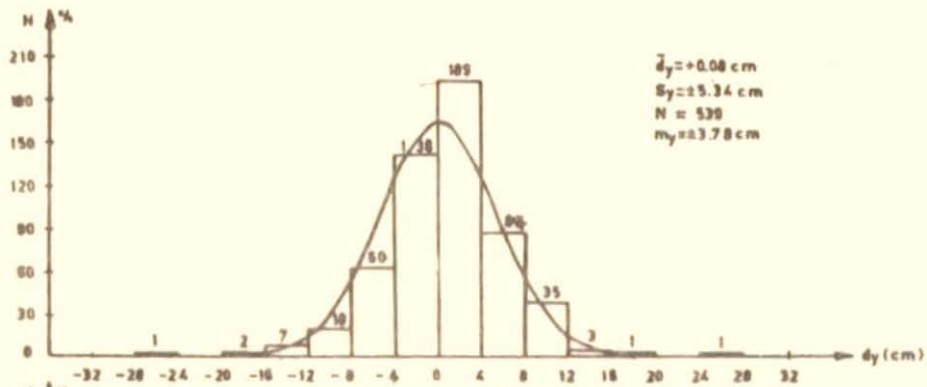
- 2) W , farkların (+) ve (-) işaret sayısı toplamının farkı olduğuna göre, örnek kümede sistemik hata olmaması durumunda, %95 istatistik güven için,

$$W < 2\sqrt{N} \quad (3.5)$$

olmalıdır (WOLF, 1968: s.506).

- 3) M , (+) işaretli farkların karelerinin toplamı ile (-) işaretli farkların karelerinin toplamının farkının mutlak

ARAZİ DENETLEMESİ SONUCU POLİGONLARIN KOORDİNATLARINDA
BULUNAN FARKLARI GÖSTEREN HİSTOGRAMLAR



değeri olduğuna göre sistematik hata olmaması durumunda %95 istatistik güven için,

$$M < 2\sqrt{\Sigma d^2} \quad (3.6)$$

olmalıdır (WOLF, 1968: s.506).

χ^2 uyum testinde, sözü edilen örnek kümelerin,

$$\bar{d} = \frac{\Sigma d}{N} \quad (3.7)$$

ile ortalama değerleri, (3.3) bağıntısı ile standart sapmaları hesaplanmış ve $\Delta=4$ cm sınıf aralığında sınıflandırılmışlardır. Her bir sınıftaki farkların q_j kuramsal yığılım sayısı hesaplanmış ve N_j deneysel yığılım sayısı belirlenerek,

$$\chi^2 = \sum_0^k \frac{(N_j - q_j)^2}{q_j} \quad (3.8)$$

ile verilen test büyüklüğü hesaplanmıştır. k sınıf sayısı olmak üzere, $v=k-3$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile χ^2 çizelgesinden alınacak $\chi_{\alpha, v}^2$ değerinin, hesaplanan χ^2 değerinden büyük olması durumunda örnek kümenin normal dağılımda olduğu; tersi durumda normal dağılımda olmadığı anlaşılır.

Örnek kümelerin, j 'inci sınıfındaki q_j kuramsal yığılım sayıları; sınıf sınır değerleri,

$$z_j = \frac{d - \bar{d}}{s}$$

normlandırılmış değişkenler olmak üzere, bu değişkenlere karşılık gelen

$$\Phi(z_j) = \int_{-\infty}^{z_j} \phi(z) dz$$

normal dağılımın dağılım fonksiyonundan bulunacak $\Phi(z_{j-1})$ ve

$\Phi(z_j)$ değerlerinden yararlanarak,

$$q_j = N(\Phi(z_j) - \Phi(z_{j-1})) = N f_j \quad (3.10)$$

eşitliği ile bulunur.

Çarpıklık ve eknes testleri için her bir örnek kümenin,

$$m'_1 = \frac{\sum d}{N}, \quad m'_2 = \frac{\sum d^2}{N}, \quad m'_3 = \frac{\sum d^3}{N}, \quad m'_4 = \frac{\sum d^4}{N} \quad (3.11)$$

momentleri hesaplanmış, bunlardan yararlanarak,

$$m_2 = m'_2 - m_1'^2 \quad (3.12 a)$$

$$m_3 = m'_3 - 3 m'_1 m'_2 + 2 m_1'^3 \quad (3.12 b)$$

$$m_4 = m'_4 - 4 m'_1 m'_3 + 6 m_1'^2 m_2' - 3 m_1'^4 \quad (3.12 c)$$

merkezsel momentleri hesaplanmıştır (GOODMAN, 1970: s.31).

Her bir örnek küme için çarpıklık,

$$g_1 = \frac{m_3}{\sqrt{m_2^3}} \quad (3.13)$$

ve eknesi,

$$g_2 = \frac{m_4}{m_2^2} - 3 \quad (3.14)$$

ile hesaplanarak, bunlara ait kıyaslama büyüklükleri,

$$\lambda_1 = \frac{g_1}{s_{g1}}, \quad \lambda_2 = \frac{g_2}{s_{g2}} \quad (3.15)$$

eşitlikleri ile bulunmuştur. Burada,

$$s_{g1} = \pm \sqrt{\frac{6N(N-1)}{(N-2)(N+1)(N+3)}} \quad (3.16 a)$$

$$s_{g_2} = \pm \sqrt{\frac{24 N(N-1)^2}{(N-3)(N-2)(N+3)(N+5)}} \quad (3.17 \text{ b})$$

dır (WOLF, 1968: s.515). λ_1 ve λ_2 test büyüklükleri, $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile normal dağılım cetvelinden bulunacak $z=1.96$ değeri ile karşılaştırılır.

$$|\lambda_1| < 1.96, \quad |\lambda_2| < 1.96$$

olması durumunda örnek kümenin normal dağılımda olduğu anlaşılır. λ_1 test büyüklüğünün z değerinden büyük olması durumunda kümenin çarpık olduğu anlaşılır. g_1 'in ön işareti (+) ise sağa çarpık, (-) ise sola çarpıktır. λ_2 test büyüklüğünün z değerinden büyük olması, örnek dağılımın normal dağılıma göre daha sivri veya yayvan olduğu anlamına gelir. g_2 değerinin ön işareti (+) ise örnek küme normal dağılıma göre daha sivri, (-) ise normal dağılıma göre daha basıktır.

Test sonuçlarının özetini gösteren Çizelge 4 'den anlaşılacağı gibi, d_y , d_x ve d_{yx} örnek kümelerinde önemli bir sistematik hata yoktur.

Uygulanan χ^2 testlerinde, örnek kümelerin normal dağılımda olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Çarpıklık ve eksis testlerinde; kümelerin sola çarpık olduğu ve yalnızca d_x kümesinin çarpıklığının önemli olmadığı anlaşılmıştır. d_y ve d_{yx} kümelerinin çarpıklıkları istenilen yanılma olasılığının dışında kalmıştır. Bu üç kümenin eksisleri ise, (+) işaretli değerler olarak bulunduğu normal dağılıma göre daha sivri oldukları anlaşılmıştır.

Kümelerin normal dağılımı sağlamamaları üzerine kaba hatalar araştırılmıştır.

α yanılma olasılığı ile,

Çizelge 4 Test sonuçlarının özeti

Test	(dy) Kumesi		(dx) Kumesi		(dyx) Kumesi	
	Kumeden Hesaplanan	% 95 İstatistik güvende olması gereken	Kumeden Hesaplanan	% 95 İstatistik güvende olması gereken	Kumeden Hesaplanan	% 95 İstatistik güvende olması gereken
χ^2	22.21	9.49	36.07	11.07	50.91	11.07
Çarpıklık g_1/Sg_1	- 2.67	1.96	1.43	1.96	2.80	1.96
Ekses: g_2/Sg_2	9.67	1.96	12.52	1.96	16.53	1.96
Sistematik hata	[d]	43	32	281	75	375
	W	31	33	46	64	66
	M	1025	2973	600	4030	1625

$$\frac{\ln(1 - \alpha)}{N} = \ln \Phi(z_\alpha) \quad (3.18)$$

bağıntısından bulunacak $\Phi(z_\alpha)$ dağılım fonksiyonu değerine, normal dağılım çizelgesinde karşılık gelen z_α değerinden yararlanarak, örnek kümedeki elemanların en büyük değeri,

$$d_{\max} = \bar{d} + z_\alpha s \quad (3.19 a)$$

ve en küçük değeri,

$$d_{\min} = \bar{d} - z_\alpha s \quad (3.19 b)$$

bağıntılarından hesaplanır (WINTER, 1978: s.71). Burada \bar{d} , örnek kümenin ortalama değeri, s ise standart sapmasıdır.

Örnek kümede, bu sınırlar dışında kalan elemanlar atılarak, geri

alan elemanlar ve yeni örnek küme büyüklüğü ile örnek kümenin yeni ortalama değeri ve standart sapması hesaplandıktan sonra test tekrarlanır. Bu işlemlere kümenin bütün elemanları (3.19 a) ve (3.19 b) sınırları içinde kalıncaya kadar devam edilir. Böylece kümedeki kaba hatalar ayıklanmış olur.

d_y , d_x ve d_{yx} örnek kümelerindeki kaba hatalar yukarıda açıklanan biçimde ayıklanarak, dağılımlar yeniden yoklanmış ve bu dağılımların yine de normal dağılımda olmadıkları yapılan χ^2 , ekse ve çarpıklık testlerinden anlaşılmıştır.

Kümelerin normal dağılmaması, dağılımların homojen olmadıklarını, yani farklı koşul ve incelikteki ölçmelerden oluşuklarını göstermektedir (ROMANOWSKI, 1964). Gerçekten de değerlendirilen örnek kümeler 9 ayrı kentin farklı duyarlıktaki ana ve ara poligon noktalarının denetlenmesi ile elde edilmiştir.

Normal dağılmamasına karşın, poligon noktalarının konum doğruluğu hakkında bilgi verebilecekleri düşüncesi ile, içlerinde kaba hataların da bulunduğu üç ayrı örnek kümede,

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum d^2}{2N}} \quad (3.20)$$

eşitliği yardımı ile y eksenini doğrultusundaki karesel ortalama hata $m_y = \pm 3.78$ cm, x eksenini doğrultusundaki karesel ortalama hata $m_x = \pm 4.28$ cm, herhangi bir eksen doğrultusundaki karesel ortalama hata $m_{yx} = \pm 4.04$ cm olarak bulunmuştur. Herhangi bir poligon noktasının konumunun karesel ortalama hatası için,

$$m_{pk} = \pm \sqrt{m_y^2 + m_x^2} = \pm \sqrt{2} m_{yx} = \pm 5.71 \text{ cm} \approx \pm 6 \text{ cm}$$

elde edilmiştir.

Bu değer (3.31) Bölümünde kuramsal olarak bulunan değere eşittir. Buradan, herhangi bir poligon noktasının konumunun kare-

sel ortalama hatası için ± 6 cm alınabileceği anlaşılır. Bu durumda poligon noktalarının konum doğruluğu, 1/1000 ölçekte çizim doğruluğu olan ± 20 cm değerinin çok altında kaldığından, çizim hataları tarafından örtülecektir. Bu nedenle poligon noktalarının ölçülmesinden dolayı oluşan hatalar haritanın çizim doğruluğunu etkilemeyecektir.

3.4 NİVELMAN VE POLİGON AĞLARININ YÜKSEKLİK DOĞRULUĞU

1/1000 ölçekli kent haritalarında nivelman ağı, ana ve teknik nivelman noktalarından oluşur. Ana nivelman ağı, bütün harita alanını kaplayan, birbirlerinden yaklaşık birer kilometre uzaklıkta noktalardır. Teknik nivelman ağı ise, yerleşme bölgelerinde 200-300 m, kırsal bölgelerde en fazla 500 m uzaklıkta olacak biçimde ana nivelman noktaları arasında oluşturulan nivelman noktalarıdır.

Nivelman ölçüleri gidiş ve geliş olmak üzere iki kez yapılır. Nivelman noktalarının gidiş ve geliş iki ölçüsü arasındaki fark, ana nivelman ağına,

$$d_h = \pm(0.02\sqrt{L} + 0.00015 \Delta h) \quad \text{metre} \quad (3.21 \text{ a})$$

teknik nivelmanda,

$$d_h = \pm(0.025\sqrt{L} + 0.003 \Delta h) \quad \text{metre} \quad (3.21 \text{ b})$$

bağıntılarının verdikleri değerlerden büyük olamaz (T.Ş.:Md.154). Burada L, kilometre biriminden iki nokta arasındaki uzaklık, Δh ise metre biriminden iki nokta arasındaki yükseklik farkıdır.

Harita alanları 1000 hektardan büyük olan kentlerin tümünde ana nivelman ağı, en küçük kareler yöntemine göre dengelenerek hesaplanır. Daha küçük alanlarda, nivelman çokgenleri bölüm bölüm kapatılarak, kapanma hataları nivelman kenarlarının uzun-

lukları ile orantılı olarak noktaların yüksekliklerine dağıtılır (T.Ş.:Md.156).

Nivelman ağının oluşturulmasından sonra, triyagülasyon ve poligon noktalarının yükseklikleri de nivelman noktalarına dayanarak, gidiş ve dönüş nivelmanla belirlenir. Gidiş ve dönüş arasındaki farklar (3.21 b) bağıntısının verdiği değerden büyük olamaz (T.Ş.:Md.155).

1/1000 ölçekli 60 cm x 80 cm boyutlarındaki bir paftada en büyük uzunluk 1 km olduğuna göre, $L=1$ km ve $\Delta h=200$ m alınarak, ölçüler arasındaki en büyük fark (3.21 b) bağıntısı ile $d_h = \pm 8.5$ cm bulunur. Bu değer, normal dağılmış farkların standart sapmasının üç katı olduğu düşünülürse, $s = \pm \sqrt{2} m_{ph} = \pm d_h / 3 = \pm 2.8$ cm bulunur. Buradan, poligon ve triyagülasyon noktalarının yüksekliklerinin bağıl doğruluğu için ortalama bir değer olarak $m_{ph} = \pm 2$ cm alınabilir.

Poligon ve triyagülasyon noktalarının yükseklik doğruluğu için tahmin edilen bu değer oldukça küçüktür ve takeometrik alım ve çizim hataları tarafından kolayca örtüleceğinden dolayı düzeç eğrilerinin kuramsal doğruluğunun hesaplanmasında dikkate alınmayacaktır.

3.5 TAKEOMETRİK ALIM

1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrileri, yükseklik ve konumları takeometrik alımla belirlenmiş ve yükseklikleri paftaya işlenmiş noktalara dayanarak çizilir. Bu bakımdan takeometrik alımla belirlenen yükseklik noktalarının (kot noktaları) konum ve yüksekliklerinin bağıl doğruluğunun bilinmesi gerekir.

3.51 TAKEOMETRİK ALIMDA HATA KAYNAKLARI

Takeometrik alım, koordinat değerleri belli ve yükseklikleri nivelmanla saptanmış poligon ve triyângülasyon noktaları üzerinden, sabit paralaks açılı veya redüksiyon takeometrelerle yapılır. Düşey ve yatay açılar 1^c 'ya kadar okunur. Küresel düzeçli ve santimetre bölümlü miralar kullanılır. Dürbünün üst kılı mirada herhangi bir desimetre çizgisine çakıştırılarak, her üç kıl santimetre biriminden okunur. Kot noktalarının alım yapılan sabit noktalara uzaklığı 150 m 'yi geçmez (T.Ş.: Md.178-182).

Alım sırasında sabit paralaks açılı bir takeometre kullanıldığına göre, yükseklik farkı,

$$\Delta h = i + \frac{1}{2} k l \sin 2\alpha - t \quad (3.22)$$

yatay uzunluk,

$$s = k l \cos^2 \alpha \quad (3.23)$$

bağıntıları ile bulunur. Burada i alet yüksekliği, k sabit ($k=100$), l üst ve alt kıllar arasındaki mira uzunluğu olan ana sayı, t orta kıl okuması, α eğim açısıdır. Yükseklik farkının ve yatay uzunluğun karesel ortalama hatası, hataların yayılma kuralı uygulanarak,

$$m_{\Delta h} = \pm \sqrt{m_i^2 + \frac{1}{4} k^2 \sin^2 2\alpha m_l^2 + k^2 l^2 \cos^2 2\alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho^2} + m_t^2} \quad (3.24)$$

ve

$$m_s = \pm \sqrt{k^2 \cos^4 \alpha m_l^2 + k^2 l^2 \sin^2 2\alpha \frac{m_\alpha^2}{\rho^2}} \quad (3.25)$$

biçiminde elde edilir. Bağıntılar elde edilirken, değişkenler arasında korelasyon olmadığı düşünölmüştür. Burada, $m_{\Delta h}$ yükseklik farkının, m_s yatay uzunluğun, m_i alet yüksekliğinin, m_l mira-

da ölçülen ana sayı l 'nin, m_{α} eğim açısının, m_t orta kıl okumasının karesel ortalama hatalarıdır. (3.24) ve (3.25) bağıntılarında geçen karesel ortalama hataların büyüklüklerinin belirlenmesi gerekir.

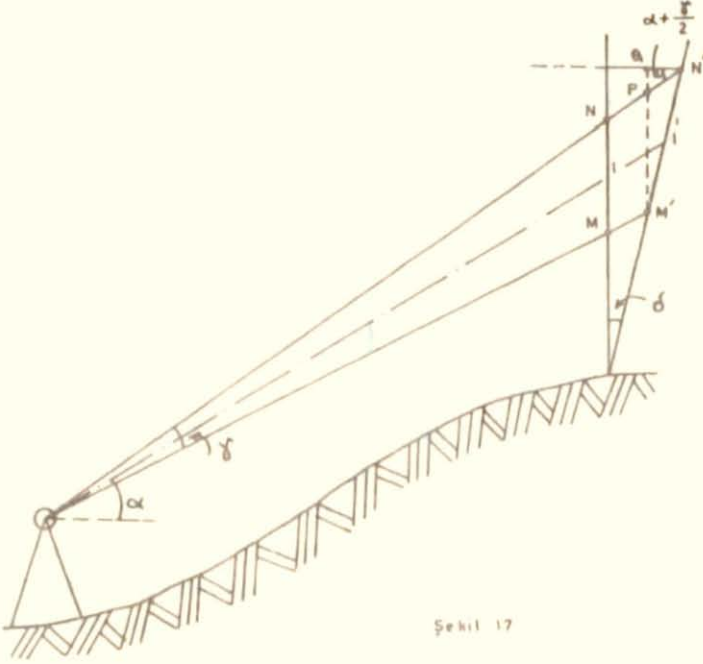
- 1) Alet yüksekliği çelik şerit metrelerle ölçüldüğünden $m_i = \pm 0.01$ m olarak alınabilir. Sistemik karakterdeki bu hata, diğer hataların yanında dikkate alınmayacak kadar küçüktür.
- 2) Eğim açısının okuma hatası m_{α} en çok $\pm 1^c$ olarak düşünülebilir. 1^c 'lık düşey açı okuma hatasının $m_{\Delta h}$ ve m_s 'e katkısı, $l=1.5$ m, $k=100$, $\alpha=0^g$ ve 100^g alınırca ± 0.02 m olur ki, bu hata da dikkate alınmayabilir.
- 3) m_t orta kıl okuma hatasının iki bileşeni vardır. Birisi tahmin hatası olup, ± 0.005 m olarak alınabilir. Diğeri ise, miranın eğik tutulmasından dolayı orta kılın kayma hatasıdır. Küresel düzeçli serbest elle tutulan miralar için eğik tutma hatası $m_{\delta} = \pm 1/100$ radyan alınırca (GRUBER, 1963: s.172), mira ortalarında yapılan orta kıl okumaları için, bu hata ± 0.01 m 'yi geçmez. Bu durumda m_t orta kıl okuması ihmal edilebilir.
- 4) Dürbünün üst ve alt kolları arasında kalan ana sayının m_l karesel ortalama hatasının iki bileşeni vardır:
 - a) m_{lk} , l uzunluğunun ölçülmesinde yapılan tahmin hatası olup, üst kıl miranın herhangi bir desimetre bölümüne çakıştırıldığından, yalnızca alt kılın tahmin hatasını içerir. Mira santimetre bölümlü olduğu ve okumalar santimetreye kadar yapıldığı için $m_{lk} = \pm 0.005$ m alınabilir.
 - b) m_{le} , miranın eğik tutulmasından dolayı oluşan karesel ortalama hatadır.

Dürbünün üst ve alt kolları arasında ölçülen ana sayı l 'nin, bu iki bileşen türünden karesel ortalama hatası,

$$m_{\ell} = \pm \sqrt{m_{\ell k}^2 + m_{\ell e}^2}$$

(3.26)

dir.



Şekil 17

Miranın eğik tutulma hatasından dolayı mirada ölçülen ana sayı ℓ 'nin $m_{\ell e}$ karesel ortalama hatası aşağıda açıklandığı gibi bulunabilir:

Takeometre dürbününün bakış doğrultusundan geçen düşey düzlem içinde, düşey doğrultudan δ açısı kadar eğik tutulmuş bir mira üzerinde ℓ uzunluğu yerine, ℓ' uzunluğu ölçülür. $\Delta\ell = \ell - \ell'$ büyüklüğü miranın eğik tutulmasından dolayı ℓ uzunluğunun hatasını verir. Şekil 17'den,

$$\ell = \overline{MN} = \overline{M'P}, \quad \ell' = \overline{M'N'} = \overline{M'Q}$$

$$\Delta \ell = \overline{M'P} - \overline{M'Q} = \overline{QP} = \ell' \sin \delta \tan\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)$$

dir. δ açısı çok küçük olduğundan $\sin \delta = \delta$, $\ell' = \ell$ olarak düşünülür ve çok küçük olan $\gamma/2$ açısı da dikkate alınmazsa,

$$\Delta \ell = \ell \delta \tan \alpha \quad (3.27)$$

olur. Buradan karesel ortalama hataya geçilirse,

$$m_{\ell e} = \ell \tan \alpha \frac{m_{\delta}}{\rho} \quad (3.28)$$

bulunur (GRUBER, 1963: s.169).

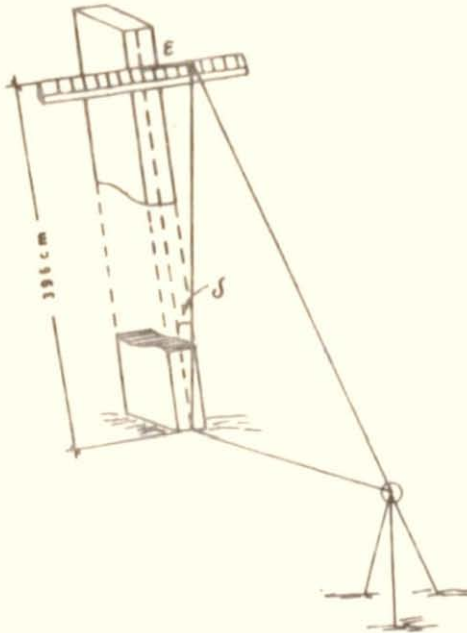
Takeometrik alımda en önemli hata kaynağı, mirada ölçülen ana sayı ℓ 'nin hatası olup, diğer hata kaynaklarını örter. Özellikle miranın santimetreye kadar okunması, $k=100$ sabiti ile çarpılacak olan ℓ 'nin tahmin hatasının ± 0.005 m olmasına neden olmaktadır. Yalnızca bu hata, 0^g eğim açısı ile yapılan bir alımda, yatay uzunluğun ± 0.5 m hatalı olmasına yol açar. Eğim açısı büyüdükçe, miranın eğik tutulma hatasının etkisi de ℓ uzunluğunda görülmeye başlanır. Bu bakımdan miranın dik tutulma doğruluğunun belirlenmesi gerekir.

3.52 MİRANIN DİK TUTULMA DOĞRULUĞU

Takeometrik ölçmelerde, gözlem doğrultusundan geçen düşey düzleme dik doğrultudaki mira eğiklikleri dürbünün düşey kılı yardımı ile alet operatörü tarafından denetlenebilmektedir. Gözlem doğrultusundan geçen düşey düzlemdeki mira eğiklerinin ise denetleme olanağı yoktur. Bu nedenle kent haritalarının yapımında küresel düzeçli miraların kullanılması zorunludur (T.Ş.:Md.179). Ancak, uygulamalarda düzeci olmayan miraların da kullanıldığı gözlenmektedir.

Mira düzeçli olsa bile, serbest elle tutulduğundan en azından rastlantısal hatalarla yüklüdür. Bu çalışmada, küresel düzeçli ve düzeçsiz miralarda gözlem doğrultusundan geçen düşey düzlemdaki mira eğikliği hatasını tahmin edebilmek için deneyler yapılmıştır. Sistematik bir etkinin olmaması için, küresel düzeçli miranın düzecinin doğru olduğu ve miranın belverme hatasının olmadığı görüldükten sonra deneylere başlanmıştır. Düzeçsiz mira için yapılan deneylerde, belverme hatası bulunmayan bir mira seçilmiştir.

Deneyler için miraların 3.96 m bölüm çizgisine rastlayan bir yan kenarına milimetre bölümlü bir cetvel miraya dik olacak biçimde takılmış ve miranın bu yan kenarının tam ortasına gelen cetvel bölümü belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18

Araziye bir Wild T1 takeometre aleti kurularak duyarlı bir biçimde düzeçlenmiş ve mira, miraya takılan cetvel gözlem doğrultusundan geçen düşey düzleme dik olacak biçimde arazinin çeşitli eğimlerinde serbest elle tutturulmuştur. Rüzgarın sistematik etkisini ortadan kaldırmak için, mira tutulan noktaların alet kurulan noktayı çevreleyecek biçimde olmasına özen gösterilmiştir.

Mira eğikliği hataları aşağıda anlatıldığı gibi bulunmuştur: Takeometre dürbününün düşey kılı miranın sıfır bölüm çizgisine rastlayan yan kenarının ortasına getirilmiş ve dürbünün yalnızca düşey hareketi ile, miraya takılan cetvele bakılmış, cetvelin dürbünü düşey kılı ile kesişen bölüm çizgisi gözlenmiştir. Cetvelde okunan bölüm çizgisi s_1 ve mira yan kenarının ortasına gelen cetvel bölümü s_0 olduğuna göre, miranın 3.96 m bölümünün düşeyden sapması,

$$\epsilon_1 = s_1 - s_0$$

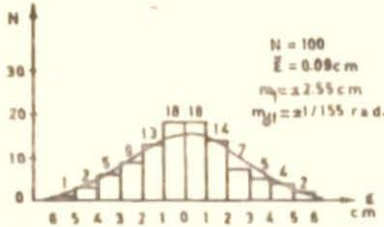
olur. ϵ_1 hataları, δ_1 mira eğiklik açısı ve cetvelin miranın sıfır bölüm çizgisinden olan uzaklığı türünden,

$$\epsilon_1 = \frac{\delta_1}{\rho} 396 \quad \text{cm}$$

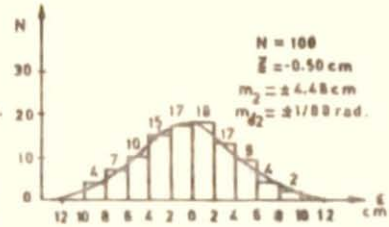
biçiminde gösterilebilir.

Yukarıda anlatıldığı gibi, düzeçli ve düzeçsiz miralarla durgun ve rüzgarlı havalarda yapılan deneylerin her birinde mira, 100'er kez gözlenmiştir. Böylece iki değişik hava koşulu için, düzeçli ve düzeçsiz miralara ait örnek büyüklüğü 100 olan ikişer ϵ_1 hata kümesi elde edilmiştir.

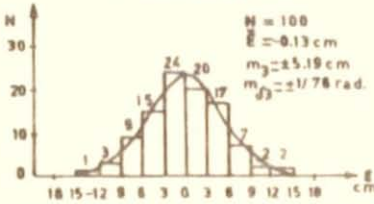
Düzeçli mira ile durgun havada elde edilen 1 No.lu, rüzgarlı havada elde edilen küme 2 No.lu; düzeçsiz mira ile durgun havada elde edilen küme 3 No.lu, rüzgarlı havada elde edilen küme 4 No.



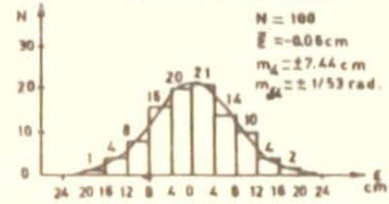
Şekil 19: Durgun havada küresel düzeçli serbest elle tutulan mira eğikliklerinin dağılımı (1 nolu örnek küme)



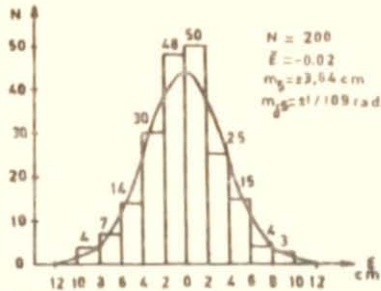
Şekil 20: Rüzgarlı havada serbest elle tutulan küresel düzeçli mira eğikliklerinin dağılımı (2 nolu örnek küme)



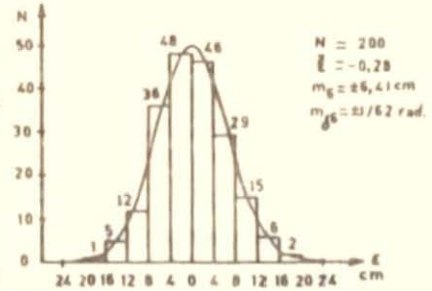
Şekil 21: Durgun havada serbest elle tutulan düzeçsiz mira eğikliği hatalarının dağılımı (3 nolu örnek küme)



Şekil 22: Rüzgarlı havada serbest elle tutulan düzeçsiz mira eğikliği hatalarının dağılımı (4 nolu örnek küme)



Şekil 23: Ortalama hava koşullarında serbest elle tutulan küresel düzeçli mira eğikliği hatalarının dağılımı (5 nolu örnek küme)



Şekil 24: Ortalama hava koşullarında serbest elle tutulan düzeçsiz mira eğikliği hatalarının dağılımı (6 nolu örnek küme)

lu örnek kümeler olarak adlandırılmıştır. Ortalama hava koşulları için, düzeçli miralarla elde edilen 1 ve 2 No.lu örnek kümeler birleştirilerek 5 No.lu, düzeçsiz mira ile elde edilen 3 ve 4 No.lu örnek kümeler birleştirilerek 6 No.lu örnek küme oluşturulmuştur. Örnek kümelerin dağılımı Şekil 19-24 'de görülmektedir.

Bu örnek kümelerde,

- a) Sistemantik hata,
- b) χ^2 uyum,
- c) Çarpıklık ve ekse

testleri uygulanmıştır. Test sonuçlarının özeti Çizelge 5 'de verilmiştir. Çizelge 5 'den görüleceği gibi, kümelerde %5 yanılma olasılığı ile bir sistemantik hatâ yoktur. χ^2 uyum, çarpıklık ve ekse testlerinden kümelerin %5 yanılma olasılığı ile normal dağıldığı görülmüştür.

Serbest elle tutulan küresel düzeçli miranın 3.96 m bölümünün düşeyden sapmasının karesel ortalama hatası durgun hava koşulundaki 1 No.lu örnek kümeden $m_1 = \pm 2.55$ cm, rüzgarlı hava koşulundaki 2 No.lu örnek kümeden $m_2 = \pm 4.48$ cm olarak bulunmuştur.

Ortalama hava koşullarındaki bir doğruluk tahmini, durgun hava koşulundaki 1 No.lu örnek küme ile rüzgarlı hava koşulundaki 2 No.lu örnek kümenin birleştirilmesi ile elde edilen 5 No.lu örnek kümeden yapılmıştır. Ortalama hava koşulları için 5 No.lu örnek kümeden, serbest elle tutulan düzeçli miranın 3.96 m bölümünün düşeyden sapmasının karesel ortalama hatası $m_s = \pm 3.64$ cm bulunmuştur. Bu değer açı türünden,

$$m_{\delta_s} = \pm \frac{3.64}{396} = \pm \frac{1}{108.79} \text{ radyan}$$

dır.

Deneylerden elde edilen bu karesel ortalama hataya göre, kuramsal

Çizelge 5: Test sonuçlarının özeti

	Düzeçli mira		Düzeşiz mira		Düzeçli mira		Düzeşiz mira					
	1 No.lu küme	2 No.lu küme	3 No.lu küme	4 No.lu küme	5 No.lu küme	6 No.lu küme	7 No.lu küme	8 No.lu küme				
χ^2	2.36	14.07	0.21	12.59	1.08	7.82	0.44	11.07	5.23	11.07	6.41	11.07
Çarpıklık $\lambda_1 = s_1/s_{g1}$	0.02	1.96	0.29	1.96	0.85	1.96	0.62	1.96	0.342	1.96	1.084	1.96
Ekleme $\lambda_2 = s_2/s_{g2}$	0.30	1.96	1.17	1.96	0.50	1.96	0.88	1.96	0.283	1.96	0.048	1.96
$ E $	8.6	51.0	-50.1	89.6	-12.7	103.8	6.1	148.8	41.5	105.6	6.6	181.4
W	0	20	6	20	4	20	2	20	6	28	4	28
M	38.08	220.08	328.23	625.69	38.27	890.93	321.23	1811.55	290.15	663.27	359.50	2016.76

karesel ortalama hata m_δ 'nın sınırları χ^2 dağılımından yararlanarak,

$$\frac{v m_{\delta 5}^2}{\chi_{P_1}^2} < m_\delta^2 < \frac{v m_{\delta 5}^2}{\chi_{P_2}^2} \quad (3.29)$$

ile bulunur (HALD, 1952: s.286). Burada, $\chi_{P_1}^2$ ve $\chi_{P_2}^2$; $v=N-1$ serbestlik derecesi ve P_1 ve P_2 üst ve alt güven sınırlarına göre, χ^2 dağılım çizelgesinden alınacak değerlerdir. Bu durumda güven sınırı iki taraflı test için,

$$P=P_1 - P_2$$

olur.

$v=199$, %95 güven sınırı için $P_1=0.975$, $P_2=0.025$ alınarak, 5 No.lu örnek kümenin kuramsal karesel ortalama hatasının,

$$\frac{1}{119} < m_\delta < \frac{1}{98}$$

sınırları arasında olduğu anlaşılır.

Serbest elle tutulan düzeçli miraların kuramsal eğiklik hatası $m_\delta = \pm 1/100$ radyan olarak verilmektedir (GRUBER, 1963: s.170). Ortalama hava koşulları için 5 No.lu örnek kümeden elde edilen kuramsal karesel ortalama hata sınırları, $m_\delta = \pm 1/100$ radyan değerini kuramsal karesel ortalama hata olarak kabul etmektedir. Bu durumda ortalama hava koşulları için kabul edilen 5 No.lu örnek kümenin kuramsal karesel ortalama hatası olarak $m_\delta = \pm 1/100$ radyan değerinin geçerli olabileceği anlaşılır.

Serbest elle tutulan düzeçsiz miranın 3.96 m bölüm çizgisinin düşeyden sapmasının karesel ortalama hataları, durgun hava koşulundaki 3 No.lu örnek kümeden $m_s = \pm 5.19$ cm, rüzgarlı hava koşulundaki kümeden $m_u = \pm 7.44$ cm bulunmuştur.

Ortalama hava koşullarındaki doğruluk tahmini, durgun hava koşu-

lundaki 3 No.lu örnek küme ile rüzgarlı hava koşulundaki 4 No.lu örnek kümenin birleştirilmesi ile elde edilen 6 No.lu örnek kümeden yapılmıştır. Ortalama hava koşulları için 6 No.lu örnek kümeden, serbest elle tutulan düzeçsiz miranın 3.96 m bölümünün düşeyden sapmasının karesel ortalama hatası $m_{\delta} = \pm 6.41$ cm bulunmuştur. Bu değer açı cinsinden,

$$m_{\delta} = \pm \frac{6.41}{396} = \pm \frac{1}{61.78} \text{ radyan}$$

dır.

6 No.lu örnek kümenin kuramsal karesel ortalama hatasının sınırları $v=199$ ve 95 güven düzeyi için, $P_1=0.975$, $P_2=0.025$ ile χ^2 dağılımından yararlanarak,

$$\frac{1}{68} < m_{\delta} < \frac{1}{56}$$

olarak bulunur. Bu durumda, serbest elle tutulan düzeçsiz miraların dik tutulma doğruluğu için, yuvarlatılmış bir değer olarak $m_{\delta} = \pm 1/60$ radyan alınabilir.

3.53 TAKEOMETRİK ALIMIN DOĞRULUĞU

Takeometrik alımın doğruluğunda, (3.51) Bölümünde incelenen hata kaynaklarından çoğunun çok küçük etkisi olduğu ve yalnızca dürbünün üst ve alt kolları arasında ölçülen ana sayı l 'nin m_{δ} karesel ortalama hatasının egemen olduğu görülmüştür. Bu bakımdan, doğruluk bağıntısı elde edilirken yalnızca mirada ölçülen l uzunluğunun m_{δ} karesel ortalama hatası dikkate alınacaktır.

(3.26) bağıntısında m_{δ} yerine (3.52) Bölümünde düzeçli miralar için bulunan $\pm 1/100$ radyan değerini yazıp, $m_{\delta k} = \pm 0.005$ m olarak,

$$m_{\delta} = \pm 0.005 \sqrt{1 + 4 l^2 \tan^2 \alpha} \quad \text{metre} \quad (3.30)$$

bulunur.

Takeometrik olarak ölçülen yükseklik farkının karesel ortalama hatası için (3.24) bağıntısından dikkate alınmayan değişkenler çıkartılırsa,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{2} k \sin 2\alpha m_{\ell} \quad (3.31)$$

elde edilir. (3.30) bağıntısı (3.31) bağıntısında yerine yazılır ve $k=100$ alınırsa, düzeçli mira kullanılan takeometrik alımlarda ölçülen yükseklik farkının karesel ortalama hatası,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 4 \ell^2 \tan^2 \alpha} \quad \text{metre} \quad (3.32)$$

biçiminde elde edilir.

Takeometrik olarak ölçülen yatay uzunluğun karesel ortalama hatasını bulabilmek için, (3.25) eşitliğinden dikkate alınmayan değişkenler çıkartılırsa,

$$m_s = \pm k \cos^2 \alpha m_{\ell} \quad (3.33)$$

olur. m_{ℓ} yerine, (3.30) bağıntısındaki karşılığı yazılırsa, düzeçli mira kullanılan takeometrik alımlarda ölçülen yatay uzunluğun karesel ortalama hatası için,

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + 4 \ell^2 \sin^2 \alpha} \quad \text{metre} \quad (3.34)$$

bulunur. Düzeçli miralarla ölçülen yükseklik farkının ve yatay uzunluğun karesel ortalama hataları için belirlenen (3.32) ve (3.34) bağıntılarının grafikleri Şekil 25 'de görülmektedir.

Alım sırasında düzeçsiz mira kullanılıyorsa, (3.26) bağıntısında $m_{\delta} = \pm 1/60$ radyan alınabilir. $m_{\ell k} = \pm 0.005$ m ve $m_{\delta} = \pm 1/60$ radyan değerlerinin kullanılması ile (3.26) bağıntısı,

$$m_{\ell} = \pm 0.005 \sqrt{1 + \frac{1}{0.09} \ell^2 \tan^2 \alpha} \quad (3.35)$$

biçimini alır. (3.35) bağıntısı, (3.31) bağıntısında yerine yazılır ve $k=100$ alınır, düzeçsiz mira kullanılan alımlarda ölçülen yükseklik farkının karesel ortalama hatası için,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + \frac{1}{0.09} \ell^2 \tan^2 \alpha} \quad (3.36)$$

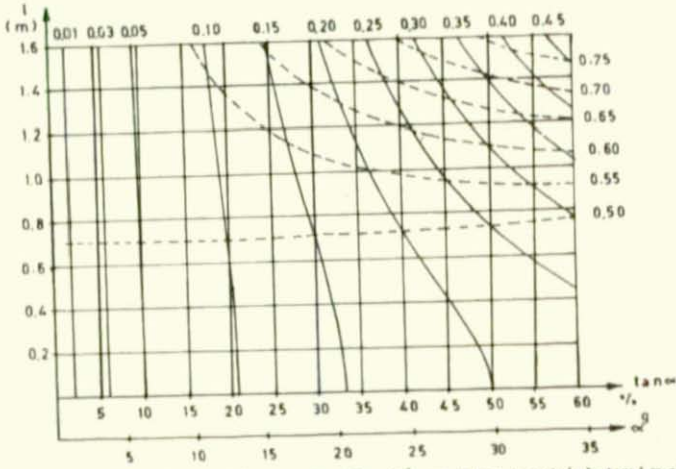
bağıntısı elde edilir.

Düzeçsiz mira kullanılan ölçmelerde yatay uzunluğun karesel ortalama hatasını bulabilmek için, (3.33) eşitliğindeki m_ℓ yerine (3.35) bağıntısı yazılır ve $k=100$ alınır,

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + \frac{1}{0.09} \ell^2 \sin^2 \alpha} \quad (3.37)$$

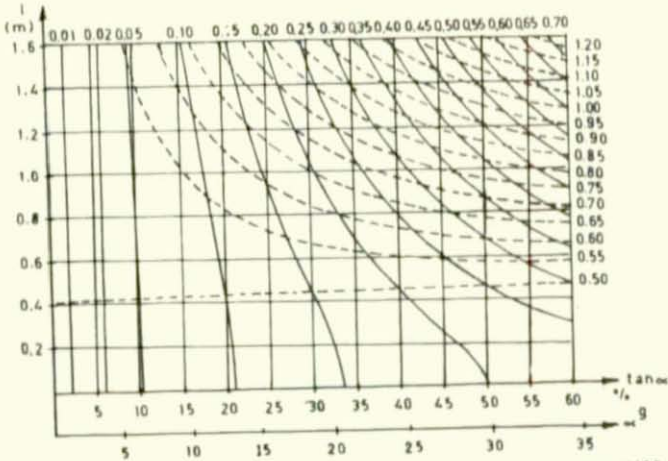
bulunur. Düzeçsiz miralarla ölçülen yükseklik farkının ve yatay uzunluğun karesel ortalama hataları için belirlenen (3.36) ve (3.37) bağıntılarının grafikleri Şekil 26 'da görülmektedir.

Şekil 25 ve 26 'da ölçülen yükseklik farkının ve yatay uzunluğun karesel ortalama hataları, $\tan \alpha$ veya α açısına ve mirada ölçülen ana sayı ℓ uzunluğuna bağlı olarak elde edilebilir. Dolu çizgiler yükseklik farkının eş hata eğrileri, kesikli çizgiler yatay uzunluğun eş hata eğrileridir.



Şekil 25: Tacheometrik alımda yükseklik ve yatay uzunluk hatası ($m_d=100$ radyan)
(Hatalar m birimindedir)

———— Yükseklik hatası ———— Yatay uzunluk hatası



Şekil 26: Tacheometrik alımda yükseklik ve yatay uzunluk hatası ($m_d=60$ radyan)
(Hatalar m birimindedir)

———— Yükseklik hatası ———— Yatay uzunluk hatası

3.6 ÇİZİM, MÜREKKEPLEME VE ÇOĞALTMA İŞLERİ

1/1000 ölçekli kent haritalarının çizimi, 70 cm x 90 cm boyutlarında ve 0.25 mm kalınlığındaki bir yüzü mat, diğer yüzü parlak astrolon altlıkların mat yüzlerinin kenarlarında 5 'er cm boşluk bırakılarak elde edilen 60 cm x 80 cm boyutlarındaki çerçevenin içine yapılır. Çerçeve ve 10 cm x 10 cm boyutlarındaki, koordinat çizgilerini gösteren kareler ağının köşe noktaları, koordinatograf veya boyut değiştirmeyen bir alaçımdan yapılmış olan kare plâğı ile işaretlenir. Çerçeve siyah renkli özel astrolon mürekkebi ile 0.1 mm kalınlığında dolu çizgi olarak çizilir. Kareler ağı, köşe noktalarında 5 'er mm uzunluğunda ve 0.1 mm kalınlığındaki siyah çizgilerin (+) biçiminde kesişmesi ile gösterilir. Triyagülasyon ve poligon gibi sabit noktalar, koordinat değerleri ile, iki kare çizgisinde işaretlenen noktaları bağlayan doğruların kesişmesi ile kurşun kalemle belirtildikten sonra özel işaretlerine göre siyah renkle mürekkeplenir. (T.Ş.: Md.194-200)

Sabit noktalardan takeometrik olarak ölçülmüş kot ve ayrıntı noktaları, doğrultu ve yatay uzaklıklarına göre takeometre iletkisi yardımı ile kutupsal olarak kurşun kalemle işaretlenirler. İşaretlenen noktaların sol yanına kot değerlerinin metreleri ve sağ yanına da desimetreleri açık mavi renkle mürekkeplenir (T.Ş.: Md.212).

Düzeç eğrileri, en büyük eğim doğrultularındaki kot noktaları arasında doğrusal interpolasyon yapılarak kurşun kalemle çizilir ve sebye renkli mürekkeple mürekkeplenir. Eşyükseklik aralığı 1 m olup, düzeç eğrisi çizgi kalınlığı 0.1 mm 'dir. 5 m 'lik düzeç eğrileri, 0.25 mm kalınlığında mürekkeplenir. 1 m 'lik düzeç eğrileri arasında yatay uzaklığın 1 mm ve daha az olduğu yerlerde, yani eğimin %100 ve daha çok olması durumunda, düzeç eğrileri 5 m 'de bir çizilir. Eğimin çok az olduğu yerlerde 0.5 m 'lik ara düzeç eğrileri kesik çizgilerle 0.1 mm

kalınlığında belirlenir (T.Ş.: Md.213).

Paftaların sol üst köşesine pafta anahtarı yapılır ve paftanın yeri bu anahtarda taranarak belirlenir. Ayrıca paftanın üst ortasına kentin adı, sağ tarafına pafta numarası, alt ortasına ölçeği yazılır. (T.Ş.: Md.198)

Mürekkeplenerek tamamlanan orijinal astrolon paftalar pozitif yöntemle çoğaltılır. Çoğaltma işleminde altlık olarak astrolon kullanılır. Bunun için astrolon, turnet içinde pozitif emülsiyonla*) kaplanır ve özel ısıtıcılarla kurutulmaya terkedilir. Emülsiyonla kaplı altlık kuruduktan sonra, emülsiyonla kaplı yüzü üste gelecek biçimde çoğaltma masasına (şasi pnömatik) yerleştirilir. Bunun üzerine de, çizim yapılmış yüzü üste gelecek biçimde orijinal astrolon pafta konularak çoğaltma masasının camlı kapağı kapatılır. Sonra masanın kapağı altındaki hava, emici bir düzenle boşaltılarak orijinal ile emülsiyonlu altlığın birbirlerine bakan yüzlerinin tamamen çakışmaları sağlanır. Masadan yaklaşık 130 cm uzaklıktaki 5000 W gücünde bir Xenon lamba ile yaklaşık 5 dakika poz verilerek emülsiyonun ışık alan yerlerinin sertleşmesi sağlanır. Işıklandırılmış emülsiyonlu altlık açma banyosu ile yıkanarak ışık almayan yerlerdeki emülsiyonlar açılır. Bu durumda altlığın üzerine özel bir mürekkep sürülerek emülsiyonun açıldığı yerler boyanır. Boyamadan sonra altlığın üzerindeki emülsiyon silinerek pozitif kopya elde edilir.

Orijinal çizim ve çoğaltma işlerinde altlık olarak kullanılan astrolon, PVC (polivinilklorid) 'den yapılmış olup, termal uzama katsayısı 6×10^{-5} dir (BECKE, 1962: s.85). Yani 1 m 'lik uzunluk-

*) Pozitif çoğaltma yönteminde emülsiyon olarak amonyum bikromat ile ışığa duyarlı duruma getirilmiş arap zamkı veya sentetik kolloidler kullanılır.

taki astrolon 1°C sıcaklık değişmesinde 0.06 mm boyut değiştirir. Aynı uzunluktaki astrolon %1 bağıl nem değişiminde 0.0065 mm boyut değiştirir (YERCI, 1978: s.151). Altlıkların boyut değiştirmesi, sistematik hatalara neden olmakla beraber normal hava koşullarında sonucu fazla etkilememektedir. Ayrıca, hava eski sıcaklık ve nem değerlerine eriştiği zaman astrolon altlıklarının boyutu eski uzunluğuna gelmektedir (SONGU, 1975: s.313).

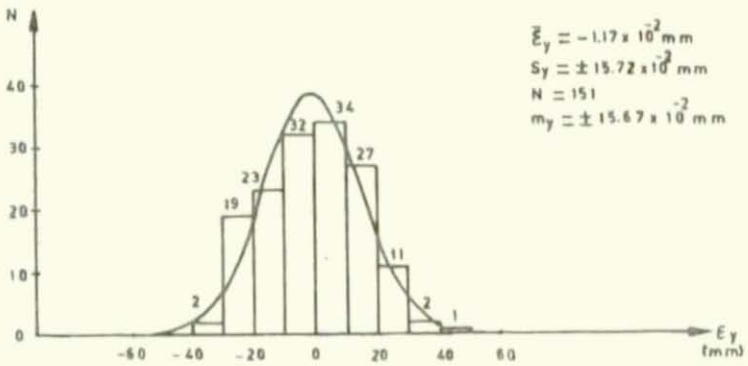
3.61 SABİT NOKTALARIN ÇİZİM VE MÜREKKEPLEME DOĞRULUĞU

(3.6) Bölümünde açıklanan biçimde çizilen ve mürekkeplenen sabit noktaların çizim ve mürekkepleme doğruluğunu belirlemek için Trabzon ve Akçaabat kentlerine ait 6 ayrı pafta üzerinde çalışılmıştır. Paftalar üzerindeki koordinat ölçmeleri 0.01 mm tahmin edilebilen "Haag Streit" koordinatografında yapılmıştır. Paftalardaki sabit noktalar, içinde buldukları 10 cm x 10 cm 'lik karelerin köşe noktalarına dayanılarak çizildiklerinden, sabit noktaların pafta koordinatları ölçülürken, içinde buldukları karelerin köşe noktaları da ölçülmüştür. Daha sonra sabit noktaların pafta koordinatları, içinde buldukları karelerin köşe koordinatlarına göre benzerlik dönüşümünden elde edilen parametrelerle hesaplanmıştır. Böylece, paftaların koordinatografdaki dönüklüğü ve pafta deformasyonları giderilmiştir.

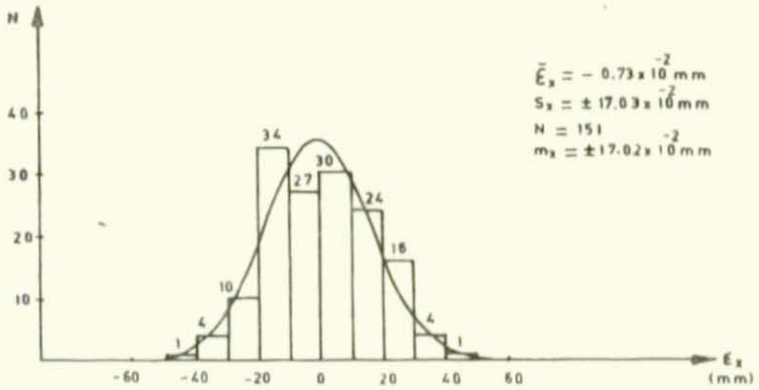
6 paftada toplam olarak 128 karenin benzerlik dönüşümü ve bu dönüşümlerden elde edilen parametrelerle 151 sabit noktanın pafta koordinatları hesaplanmış ve gerçek (arazi) koordinatları ile karşılaştırılmıştır. Y_p , X_p pafta koordinatları, Y_g , X_g gerçek koordinatlar olmak üzere,

$$\epsilon_y = Y_p - Y_g \quad , \quad \epsilon_x = X_p - X_g$$

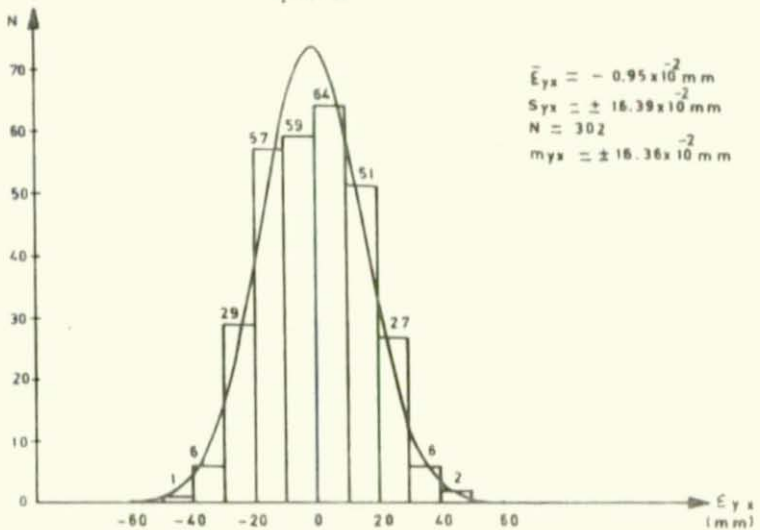
hataları ile, her iki eksen yönündeki ϵ_{yx} hatalarının histogramları Şekil 27-29 'da görülmektedir.



Şekil 27



Şekil 28



Şekil 29

Sabit Noktaların Tersim ve Mürrekkepleme Hataları

ϵ_y , ϵ_x , ϵ_{yx} hata kümelerinde,

- Sistematiik hata,
- χ^2 uyum,
- Çarpıklık ve ekse

testleri uygulanmıştır. Uygulanan test sonuçlarının özeti Çizelge 6 'da gösterilmiştir.

Çizelge 6 'dan görüleceği gibi, her üç kümede %5 yanılma olasılığı ile önemli bir sistematiik hata yoktur. Uygulanan χ^2 testlerinden, her üç kümenin %5 yanılma olasılığı ile normal dağılımda olduğu görülmüştür.

Çarpıklık testlerinde, kümelerin çarpıklıklarının %5 yanılma olasılığı ile önemsiz olduğu görülmüştür. Ekse testlerinden ϵ_y ve ϵ_x kümelerinin ekselerinin %5 yanılma olasılığı ile önemsiz olduğu, ϵ_{yx} kümesinin ekseinin önemli olduğu anlaşılmıştır. ϵ_{yx} kümesinin ekse (-) ön işaretli bir değer olduğundan normal dağılıma göre daha basıktır. Ancak bu kümenin χ^2 uyum testinde normal dağıldığı görülmüştür.

Çizelge 6. Test sonuçlarının özeti

TEST	(Ey) Kümesi		(Ex) Kümesi		(Ey,x) Kümesi		
	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvüde olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvüde olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvüde olması gereken	
χ^2	2.62	7.82	7.42	11.07	6.81	11.07	
Çarpıklık g_1/Sg_1	0.25	1.96	0.51	1.96	0.50	1.96	
Ekse g_2/Sg_2	1.39	1.96	1.57	1.96	2.04	1.96	
Sistematiik Hata	$ (\epsilon) $	177	386	110	419	287	570
	W	1	25	3	25	4	35
	M	5647	9606	2688	11074	8335	14660

$\epsilon_y, \epsilon_x, \epsilon_{yx}$ hata kümelerinden,

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{N}} \quad (3.38)$$

bağıntısı ile y eksenini x eksenine ve herhangi bir eksen doğrultusundaki karesel ortalama hatalar, $m_y = \pm 0.157$ mm, $m_x = \pm 0.170$ mm, $m_{yx} = \pm 0.164$ mm bulunmuştur. Buradan, çizim ve mürekkeplemeden dolayı herhangi bir sabit noktanın konumunun karesel ortalama hatası,

$$m_{\text{çk}} = \pm \sqrt{m_y^2 + m_x^2} = \pm \sqrt{2} m_{yx} = \pm 0.23 \text{ mm} \quad (3.39)$$

olarak elde edilmiştir.

1/1000 ölçekli pafta üzerindeki ± 0.23 mm değeri, arazide ± 0.23 m 'ye karşılık gelir. Örnek kümelerden elde edilen bu sonuç, İmar ve İskan Bakanlığı'nın öngördüğü ± 0.2 mm hata sınırı değeri ile çelişmektedir (T.Ş.: Md.200). Normal dağılımdaki bir hata kümesinde, karesel ortalama hatanın üç katına kadar hatalar olabileceğinden, test paftalarından elde edilen sonuca göre hata sınırının ± 0.7 mm olması gerekir.

3.62 KOT NOKTALARININ ÇİZİM VE MÜREKKEPLEME DOĞRULUĞU

(3.6) Bölümünde açıklandığı gibi çizilip mürekkeplenen kot noktalarının konum doğruluğunu belirlemek amacıyla Akçaabat kentine ait 7 ayrı poligon noktasına dayalı olarak tersim edilmiş 250 kot noktasının koordinatları ile bu noktaları içinde bulunduran kareler ağının 15 köşe noktasının koordinatları Haag-Streit koordinatografında ölçülmüştür. Pafta dönüklüğü ve deformasyonunu gidermek için 15 kare noktasının gerçek ve pafta koordinatları ile benzerlik dönüşümü yapılmış ve bu dönüşümden elde edilen parametrelerle 7 poligon ve 250 kot noktasının pafta koordinatları yeniden hesaplanmıştır.

Bu kot noktalarının arazi koordinatları (gerçek koordinatlar), ölçüldükleri poligonların arazi koordinatları kullanılarak takeometrik alım defterindeki ölçülerden hesaplanmış ve pafta koordinatları ile karşılaştırılmıştır. Kot noktalarının arazi koordinatları hesaplanırken, ölçüldükleri sabit noktaların arazi koordinatlarının kullanılması nedeni ile karşılaştırma sonucu elde edilen hatalar, sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını da içerir. Y_p , X_p pafta koordinatları ve Y_g , X_g arazi koordinatları olmak üzere,

$$\epsilon_y = Y_p - Y_g, \quad \epsilon_x = X_p - X_g$$

hataları ile her iki eksen yönündeki ϵ_{yx} hatalarının histogramları Şekil 30-32 'de görülmektedir.

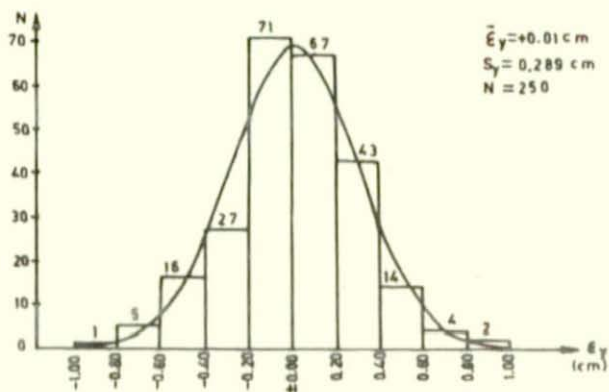
ϵ_y , ϵ_x ve ϵ_{yx} hata kümelerinde,

- Sistemik hata,
- χ^2 uyum,
- Çarpıklık ve eksis

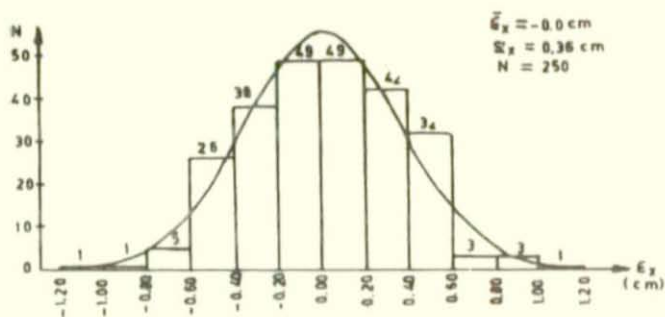
testleri uygulanmıştır. Uygulanan test sonuçlarının özeti Çizelge 7 'de verilmiştir.

Çizelge 7: Test sonuçlarının özeti

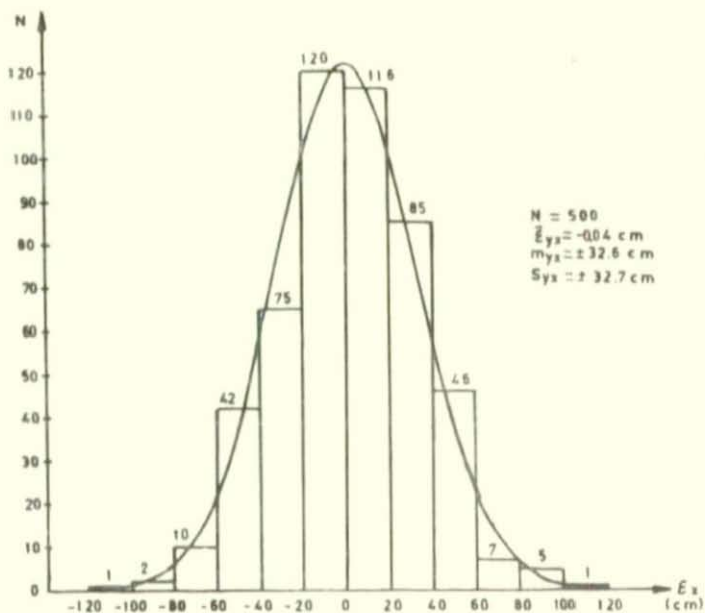
TEST	(ey) Kümesi		(ex) Kümesi		(ey,x) Kümesi		
	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvünde olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvünde olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güvünde olması gereken	
χ^2	6.48	11.07	10.95	10.07	6.11	11.07	
Çarpıklık g_1/Sg_1	0.21	1.96	0.27	1.96	0.05	1.96	
Eksis g_2/Sg_2	1.90	1.96	0.38	1.96	1.05	1.96	
Sistemik Hata	$ \epsilon $	2.5	-0.17	11.38	2.33	14.62	
	W	6	31.62	10	31.62	16	44.72
	M	0.85	5.01	0.31	6.95	1.16	8.56



Şekil 30



Şekil 31



Şekil 32 Kot noktalarının koordinat eksenleri doğrultusundaki tersim ve mürekkepleme hataları (poligonların tersim ve mürekkepleme hataları ile karışık)

Çizelge 7 'den her üç kümede %5 yanılma olasılığı ile önemli bir sistematik hata olmadığı anlaşılmıştır. Uygulanan χ^2 testlerinden her üç kümenin %5 yanılma olasılığı ile normal dağılımda olduğu görülmüştür.

Çarpıklık ve eknes testlerinden, kümelerin çarpıklık ve ekneslerinin %5 yanılma olasılığı ile önemli olmadığı görülmüştür. Böylece kümelerin normal dağılımda oldukları bir kez daha anlaşılmıştır.

ϵ_y , ϵ_x ve ϵ_{yx} hata kümelerinden (3.38) bağıntısı ile y eksenini, x eksenini ve herhangi bir eksen doğrultusundaki karesel ortalama hatalar, $m_y = \pm 0.29$ mm, $m_x = \pm 0.36$ mm, $m_{yx} = \pm 0.326$ mm bulunmuştur. Buradan, sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını da içeren herhangi bir kot noktasının çizim ve mürekkeplenmesinden dolayı konumunun karesel ortalama hatası,

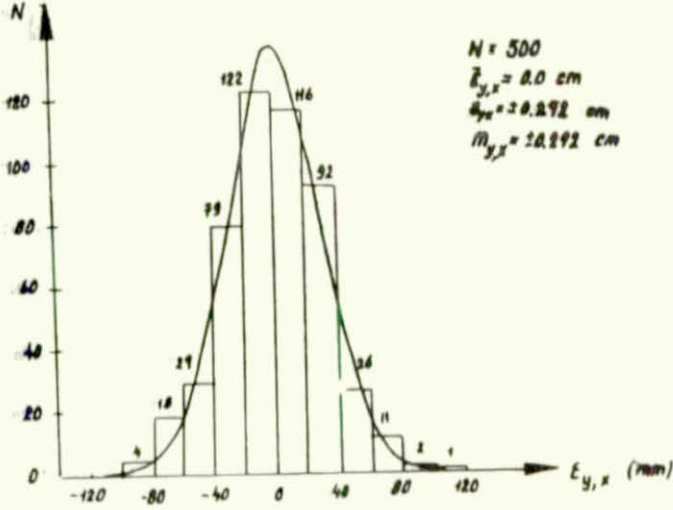
$$m_{\text{çkk}} = \pm \sqrt{m_y^2 + m_x^2} = \pm \sqrt{2} m_{yx} = \pm 0.46 \text{ mm} \quad (3.40)$$

olarak bulunur. 1/1000 ölçekli pafta üzerindeki bu değer, arazide ± 0.46 m 'ye karşılık gelir.

Kot noktaları, takeometrik ölçmelere göre bir sabit noktaya dayanarak takeometre iletkisi ile çizilir ve mürekkeplenirler. Sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını içermeyen, yalnızca kot noktalarının takeometre iletkisi ile yapılan çizim ve mürekkeplenmesinin doğruluğunu belirlemek için, sabit noktaların pafta koordinatları kullanılarak takeometrik ölçü defterindeki arazi ölçüleriyle, aynı kot noktalarının gerçek koordinatları hesaplanmış ve pafta koordinatları ile karşılaştırılmıştır. Y_p , X_p pafta, Y_g , X_g gerçek koordinatlar olmak üzere,

$$\epsilon_y = Y_p - Y_g, \quad \epsilon_x = X_p - X_g$$

hatalarından oluşturulan ϵ_{yx} hata kümesinin histogramı Şekil 33 'de görülmektedir.



Şekil 33

ϵ_{yx} kümesinde yapılan sistematik hata araştırmasından %5 yanlışla olasılığı ile önemli bir sistematiklik bulunmadığı anlaşılmıştır. Uygulanan χ^2 uyum testinde, ϵ_{yx} kümesinin %5 yanlışla olasılığı ile normal dağıldığı görülmüştür. Çarpıklık ve eknes testlerinde dağılımın çarpıklık ve eknesleri %5 yanlışla olasılığı ile önemsiz bulunmuştur. Test sonuçlarının özeti Çizelge 8 'de verilmiştir.

Çizelge 8 Test sonuçlarının özeti

	χ^2	Çarpıklık g_1/s_{g_1}	Eknes g_2/s_{g_2}	Sistematik hata		
				$ (\epsilon) $	W	M
Kümeden Hesaplanan	8.23	1.87	1.94	7.03	4	3.54
%95 İstatistik güven- de olması gereken	9.49	1.96	1.96	13.06	45	6.12

ϵ_{yx} kümesinden, (3.38) bağıntısı kullanılarak herhangi bir ek-
sen boyunca karesel ortalama hata $m_{yx} = \pm 0.29$ mm olarak bulunmuş-
tur. Buradan herhangi bir kot noktasının çizim ve mürekkeplen-
mesinden dolayı konumunun, sabit noktaların çizim ve mürekkep-
leme hatalarını içermeyen karesel ortalama hatası,

$$m_{\check{c}kk}^1 = \pm \sqrt{2} m_{yx} = \pm 0.41 \text{ mm} \quad (3.41)$$

olarak bulunur.

Bu değer, kot noktalarının çizim ve mürekkeplenmesinde yapılan hataların hata sınırı olarak İmar ve İskan Bakanlığınca öngörülen ± 0.5 mm değeri ile çelişmektedir (T.Ş.: Md.210). Normal dağılmış bir hata kümesinde karesel ortalama hatanın üç katına eşit büyüklükte hatalar bulunacağından, test paftalarından elde edilen karesel ortalama hataya göre hata sınırının ± 1.2 mm olması gerekir.

Herhangi bir sabit noktanın çizim ve mürekkeplenmesinden dolayı konumunun karesel ortalama hatası için (3.61) Bölümünde (3.39) bağıntısında bulunan $m_{\check{c}k} = \pm 0.23$ mm değeri kullanılarak, herhangi bir kot noktasının, sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını da içeren konum doğruluğu,

$$m_{\check{c}kk} = \pm \sqrt{m_{\check{c}kk}^2 + m_{\check{c}k}^2} = \pm \sqrt{0.41^2 + 0.23^2} = \pm 0.47 \text{ mm} \quad (3.42)$$

olarak bulunur. Bu değer (3.40) bağıntısında elde edilen değere çok yakındır.

3.63 DÜZEÇ EĞRİLERİNİN İNTERPOLASYON VE MÜREKKEPLEME DOĞRULUĞU

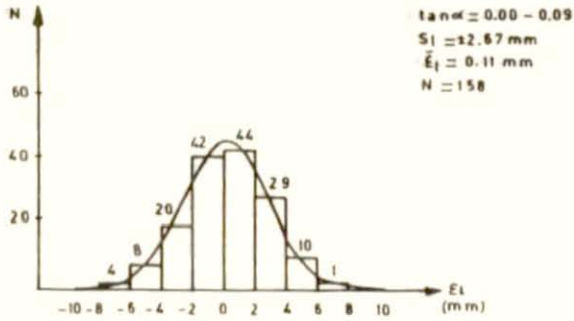
(3.6) Bölümünde açıklandığı gibi interpole edilip kurşun kalemle çizildikten sonra mürekkeplenen düzeç eğrilerinin, bu evrelerde yapılan karesel ortalama hatasını tahmin edebilmek için, Trabzon ve Akçaabat kentlerine ait 10 adet 1/1000 ölçekli paf-

ta üzerinde 926 düzeç eğrisi noktası, en büyük eğim doğrultularındaki kot noktaları arasında grafik olarak doğrusal interpolasyonla belirlenmiş ve bu noktalarla, pafta üzerindeki düzeç eğrileri arasındaki en büyük eğim doğrultusundaki yatay uzaklıklar, ϵ_L interpolasyon ve mürekkepleme hataları olarak ele alınmıştır. Interpole edilen bu noktalarda ortalama arazi eğimi de belirlenmiş ve ϵ_L hataları %10 eğim aralıklarında guruplandırılmıştır. Bu biçimde, %0-%9, %10-%19, %20-%29, %30-%39 eğim guruplarında 4 örnek küme oluşturulmuştur. Bu kümelere ait histogramlar Şekil 34-37 'de görülmektedir.

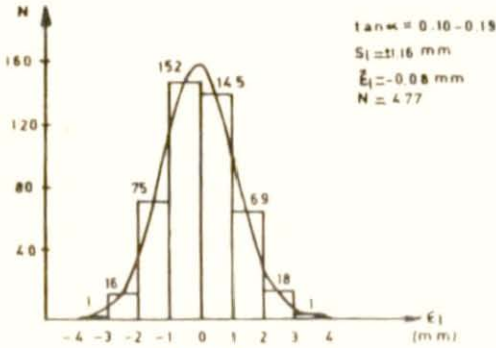
Bu kümelere yapılan sistematik hata araştırmalarında %5 yanılma olasılığı ile önemli bir sistematiklik görülmemiştir. Uygulanan χ^2 uyum, çarpıklık ve eksses testlerinden, örnek kümelerin %5 yanılma olasılığı ile normal dağılımda oldukları anlaşılmıştır. Test sonuçlarının özeti Çizelge 9 'da gösterilmiştir.

Çizelge 9: Test sonuçlarının özeti

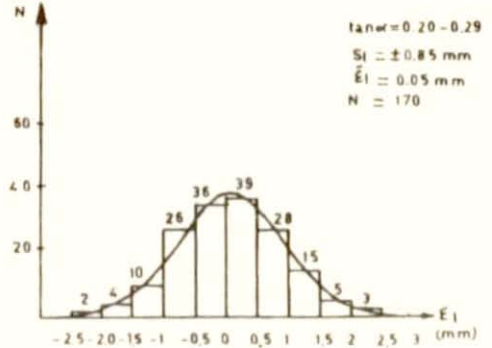
Test	% 0 - % 9		% 10 - % 19		% 20 - % 29		% 30 - % 39		
	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güven de olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güven de olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güven de olması gereken	Kümeden Hesaplanan	%95 İstatistik güven de olması gereken	
X	1.52	7.82	7.70	7.82	1.31	11.07	1.27	7.82	
Çarpıklık $\lambda_1 = g_1 / Sg_1$	1.58	1.96	1.85	1.96	0.39	1.96	0.24	1.96	
Eksses $\lambda_2 = g_2 / Sg_2$	1.15	1.96	1.00	1.96	0.68	1.96	0.21	1.96	
sistematik hata	[[ϵ]]	17.9	67.1	38.2	50.3	8.7	22.2	-2.44	14.74
	W	10	25	11	44	10	26	7	22
	M	14.62	330.52	5.24	97.48	2.05	34.15	0.48	17.36



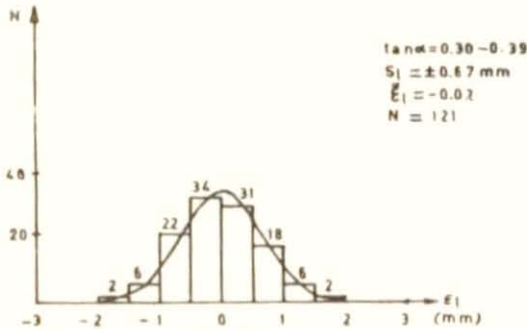
Şekil 34



Şekil 35



Şekil 36



Şekil 37

Düzec Eğrilerinin Interpolasyon ve Murekkepleme Hatalarını Gösteren Histogramlar

Her bir örnek kümenin (3.38) bağıntısından yararlanarak m_{dL} karesel ortalama hataları ve eğim ortalamaları hesaplanmıştır. Örnek kümelerine ait eğim ortalamaları ve karesel ortalama hatalar Çizelge 10 'da verilmiştir.

Çizelge 10

Eğim Gurubu	Ort. Eğim $\tan \bar{\alpha}$	Kar.Ort.Hata m_{dL} (mm)
%0-%9	0.06	2.67
%10-%19	0.15	1.16
%20-%29	0.26	0.85
%30-%39	0.35	0.67

m_{dL} karesel ortalama hataları ile eğim ortalamalarının tersi ($\cot \bar{\alpha}$) arasındaki korelasyon katsayısı,

$$x_j = \cot \bar{\alpha}_j - \frac{\sum \cot \bar{\alpha}}{n}, \quad y_j = m_{dLj} - \frac{\sum m_{dL}}{n}$$

olmak üzere,

$$r = \frac{\sum x_j y_j}{\sqrt{\sum x_j^2 \sum y_j^2}} \quad (3.43)$$

bağıntısı ile hesaplanabilir (SPIEGEL, MURRAY, 1961: s.244).

Burada $\cot \bar{\alpha}_j$ her bir örnek kümedeki eğim ortalamasının tersi, n örnek kümelerin sayısı, r korelasyon katsayısıdır.

(3.43) bağıntısından yararlanarak, m_{dL} karesel ortalama hataları ile eğim ortalamalarının tersi arasındaki korelasyon katsayısı 0.9988 olarak hesaplanmıştır.

$r=0.9988$ değeri, örnek kümelerin m_{dL} karesel ortalama hataları ile eğim ortalamalarının tersi arasında kesin bir pozitif korelasyon olduğunu gösterir.

Ana kümenin ρ kuramsal korelasyon katsayısının sıfırdan büyük olup olmadığını ($H_0: \rho=0$) test etmek için,

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3.44)$$

büyüklüğü, $v=n-2$ serbestlik derecesi ve α yanılma olasılığı ile Student dağılımından belirlenecek $t_{\alpha,v}$ değeri ile karşılaştırılır. $t > t_{\alpha,v}$ olması durumunda $\rho=0$ hipotezi geçerli olmaz. Diğer bir deyişle, ana kümenin ρ kuramsal korelasyon katsayısının sıfırdan büyük olduğu anlaşılır (SPIEGEL, MURRAY, 1961: s.247).

$H_0: \rho=0$ hipotezi için, $n=4$, $r=0.9988$ ile (3.44) bağıntısından $t=28.84$ bulunmuştur. $v=2$ serbestlik derecesi ve $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ile Student dağılımından $t_{\alpha,v}=2.92$ elde edilmiştir. $28.84 > 2.92$ olduğundan, H_0 hipotezinin geçerli olmadığı, yani %5 yanılma olasılığı ile r korelasyon katsayısının istatistik bakımdan anlam taşıdığı ve m_{dL} karesel ortalama hataları ile $\cot \alpha$ arasında bir ilişki olduğu anlaşılmıştır.

Ana kümenin ρ kuramsal korelasyon katsayısının güven sınırlarını bulmak için,

$$z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r}{1-r} \right) \quad (3.45)$$

istatistiğinin,

$$\mu_z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+\rho_0}{1-\rho_0} \right) \quad (3.46)$$

ortalama değeri ve

$$\sigma_z = \pm \frac{1}{\sqrt{n-3}} \quad (3.47)$$

standart sapması ile normal dağıldığı varsayılarak, μ_z 'in %5 y

nılma olasılığı ile alt ve üst sınırları,

$$z \pm 1.96 \sigma_z \quad (3.48)$$

yardımı ile bulunduktan sonra, (3.46) bağıntısında yerine konularak ρ kuramsal korelasyon katsayısının güven sınırları elde edilir (SPIEGEL, MURRAY, 1961: s.247).

$n=4$ alınarak (3.47) bağıntısından $\sigma_z = \pm 1$ ve (3.45) bağıntısından elde edilen $z=3.71$ değerleri (3.48) 'de yerlerine konularak $\mu_{za} = 1.75$ ve $\mu_{z\bar{u}} = 5.67$ bulunmuştur. μ_{za} ve $\mu_{z\bar{u}}$ değerleri (3.46) bağıntısından elde edilen,

$$\rho_0 = \frac{e^{2\mu_z} - 1}{e^{2\mu_z} + 1}$$

eşitliğinde ayrı ayrı hesaplanarak $\rho_a = 0.94$ ve $\rho_{\bar{u}} = 1$ bulunmuştur. Buradan da ana kümenin m_{dL} karesel ortalama hataları ile $\cot \alpha$ değerleri ile korelasyon katsayısının,

$$0.94 < \rho_0 < 1$$

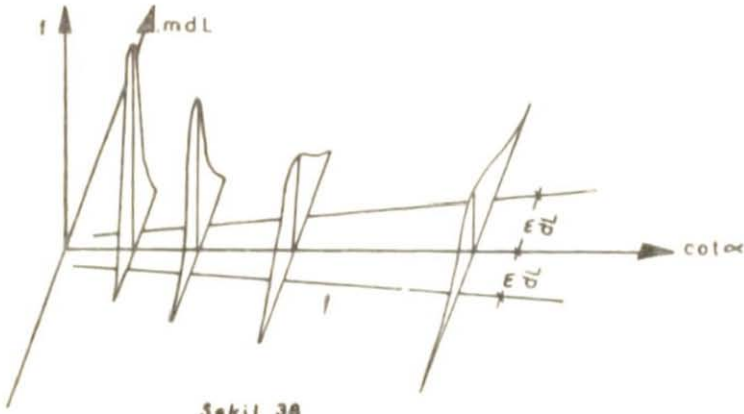
arasında olduğu anlaşılır.

Bu korelasyon,

$$m_{dL} = \pm (a + b \cot \alpha) \quad (3.49)$$

matematiksel modeli ile doğrusal bir ilişki biçiminde gösterilebilir. Diğer bir deyişle, Şekil 38 'de görüldüğü gibi, normal dağılmış her bir örnek küme yardımı ile m_{dL} ve $\cot \alpha$ eksenlerinin oluşturduğu düzlem üzerinde m_{dL} karesel ortalama hatalarının geometrik yeri dengeleyici bir doğru ile tanımlanabilir.

(3.49) doğrusunun a ve b katsayıları, en küçük kareler yönteminde yararlanılarak,



Şekil 38

$$a = \frac{\sum p \cot \bar{\alpha} \sum p m_{dL} \cot \bar{\alpha} - \sum p m_{dL} \sum p \cot^2 \bar{\alpha}}{\sum p \cot \bar{\alpha} \sum p \cot \bar{\alpha} - \sum p \sum p \cot^2 \bar{\alpha}} \quad (3.50 \text{ a})$$

$$b = \frac{\sum p \cot \bar{\alpha} \sum p m_{dL} - \sum p \sum p m_{dL} \cot \bar{\alpha}}{\sum p \cot \bar{\alpha} \sum p \cot \bar{\alpha} - \sum p \sum p \cot^2 \bar{\alpha}} \quad (3.50 \text{ b})$$

ile bulunur (HAUSEL, 1967: s.46). Burada m_{dL} her bir örnek kümenin karesel ortalama hatası, $\cot \bar{\alpha}$ eğim ortalamalarının tersi, p ise ağırlığıdır. Ağırlık, N_j örnek küme büyüklüğü olmak üzere,

$$p_j = \frac{N_j}{100} \quad (3.51)$$

olarak alınmıştır. a ve b katsayılarının karesel ortalama hataları,

$$m_a = \pm m_0 \sqrt{Q_{aa}} \quad , \quad m_b = \pm m_0 \sqrt{Q_{bb}} \quad (3.52)$$

dir. Burada,

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma p v^2}{n - 2}} \quad (3.53)$$

birim ağırlığın karesel ortalama hatası ve,

$$\Sigma p v^2 = \Sigma p m_{dL}^2 - a \Sigma p m_{dL} - b \Sigma p m_{dL} \cot \bar{\alpha} \quad (3.54)$$

olup,

$$Q_{aa} = \frac{\Sigma p \cot^2 \bar{\alpha}}{\Sigma p \Sigma p \cot^2 \bar{\alpha} - \Sigma p \cot \bar{\alpha} \Sigma p \cot \bar{\alpha}} \quad (3.55)$$

ve

$$Q_{bb} = \frac{\Sigma p}{\Sigma p \Sigma p \cot^2 \bar{\alpha} - \Sigma p \cot \bar{\alpha} \Sigma p \cot \bar{\alpha}} \quad (3.56)$$

ağırlık katsayılarıdır (HAUSEL, 1967: s.46).

Çizelge 10 'daki değerler kullanılarak (3.50)-(3.56) bağıntıları yardımı ile,

$$a = 0.23 \text{ mm}, \quad m_a = \pm 0.06 \text{ mm},$$

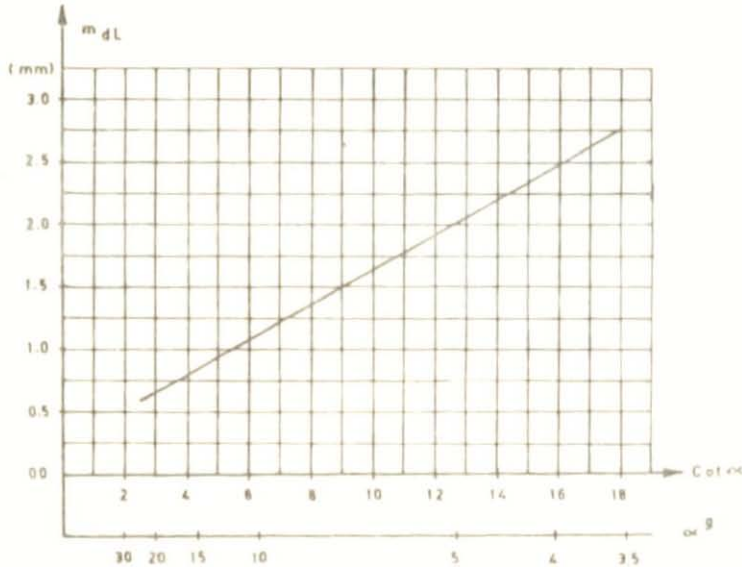
$$b = 0.14 \text{ mm}, \quad m_b = \pm 0.01 \text{ mm},$$

$$m_0 = \pm 0.09 \text{ mm}$$

olarak hesaplanmıştır. Böylece düzeç eğrilerinin interpolasyon ve mürekkeplemeden dolayı doğruluğu,

$$m_{dL} = \pm (0.23 + 0.14 \cot \alpha) \text{ mm} \quad (3.57)$$

olarak tahmin edilmiş olur. (3.57) bağıntısının grafiği Şekil 39 'da görülmektedir. Bu bağıntı, örnek kümelerin bulunduğu %0.5 ile %39 eğim sınırları arasında geçerlidir.



Şekil 39 Düzey eğrilerinin interpolasyon ve mürekkeplemeden dolayı kaynaklı ortalama hatası: $m_{dl} = \pm 0,2 \pm 0,14 \text{ cote}$

3.64 GENELLEŞTİRMENİN DOĞRULUĞU

Kent haritalarındaki düzeç eğrileri, arazinin karakteristik noktalarında seçilmiş kot noktaları arasında doğrusal interpolasyon yapılarak elde edilmektedir. Gerçekte, arazi yüzeyi yüksekliklerin doğrusal interpolasyonla kesin olarak elde edilebildiği yüzeylerden oluşmadığı gibi, kesin bir matematik modelle de çakıştırılamaz. Ayrıca harita ölçeğine yapılan küçültmeden dolayı da küçük arazi ayrıntılarının haritada gösterilmesi olanaksızdır. Bu nedenle harita, arazinin genelleştirilmiş bir gösterimidir. Haritanın ölçeği küçüldükçe genelleştirmenin derecesi artar.

Arazinin genelleştirilmesinden doğan yükseklik hataları, kot noktaları arasındaki uzaklık ile düzeç eğrilerinin eşyükseklik aralığına bağlıdır. 1/500, 1/1000, 1/2000 ölçekli haritalar için

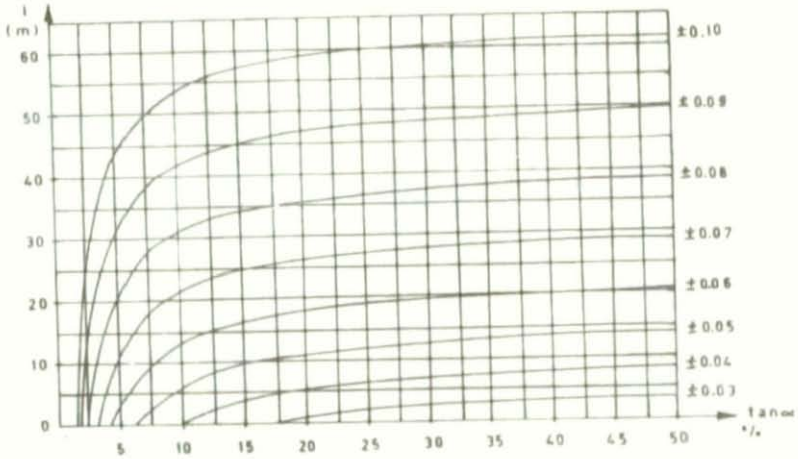
arazinin genelleştirme hatası,

$$m_{hg} = \pm \omega \sqrt{l + I/\tan \alpha}$$

dır. (BOL'SAKOV, 1960: s.306-307). m_{hg} genelleştirmenin karesel ortalama hatası, l kot noktaları arasındaki uzaklık, I eşyükseklik aralığı, $\tan \alpha$ arazinin eğimi, ω genelleştirme katsayısıdır. BOL'SAKOV 'a göre arazinin durumuna bağlı olarak ω genelleştirme katsayısı 0.010 ile 0.015 arasında değişir. Ortalama bir değer olarak ω genelleştirme katsayısı 0.0125, I eşyükseklik aralığı 1 m ve kot noktaları arasındaki l uzaklığı 30 m (T.Ş.: Md.183) alındığına göre, genelleştirmenin karesel ortalama hatası,

$$m_{hg} = \pm 0.0125 \sqrt{30 + l/\tan \alpha} \quad (3.58)$$

olur. m_{hg} genelleştirmenin eş karesel ortalama eğrileri 0.01 m aralıklarla, kot noktaları arasındaki l uzaklığına ve eğime bağlı olarak Şekil 40 'da verilmiştir.

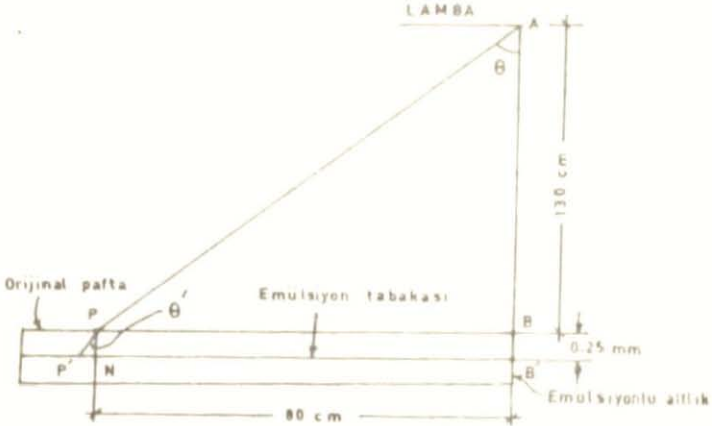


Şekil 40 Düzec eğrilerinin genelleştirme hatası

3.65 ÇOĞALTMANIN DOĞRULUĞU

1/1000 ölçekli kent haritaları (3.6) Bölümünde anlatıldığı gibi, astrolon altlıklar emülsiyonla kaplanarak pozitif yöntemle çoğaltılmaktadır. Altlıklar emülsiyonla kaplanırken turnetin içindeki sıcaklığın 24°C 'yi geçmemesi durumunda altlığın boyutunun değişmesi dikkate alınmayacak derecede küçüktür (YERCI, 1977: s.153).

Çoğaltma masasında poz verme sırasında, orijinal paftanın çizim yapılan yüzü üste geldiğinden altlığın emülsiyonlu yüzü ile çizimin arasına giren 0.25 mm 'lik astrolon kalınlığı pafta uçlarında çizgilerin kaymasına neden olur. Bu sistematik hatanın büyüklüğü Şekil 41 'den hesaplanmıştır.



Şekil 41

Çoğaltma sırasında pafta, yaklaşık olarak çoğaltma masasının ortasına konur. Hesaplama yapılan modelde, 60 cm x 80 cm boyutlarındaki paftanın çoğaltma masasına Şekil 41 'de görüldüğü gibi konulduğu, lamba boyunun 30 cm, lambanın poz verilen paftaya

uzaklığının 130 cm olduğu ve ışının paftanın en ucundaki bir P noktasına lâmbanın A ucundan geldiği varsayılmıştır. P noktasına θ açısı ile gelen ışın, astrolona girerken,

$$n = \frac{\sin \theta}{\sin \theta'}$$

kuralına göre normale yaklaşarak kırılır (ALONSO, FINN, 1971: s.618). Burada n kırılma katsayısı olup, yaklaşık olarak 1.5 alınabilir. Şekil 41 'den,

$$\theta = \arctan (80/130) = 35^{\circ}12'$$

$$\theta' = \arcsin (\sin 35^{\circ}12'/1.5) = 22^{\circ}72'$$

bulunarak, Δl kayma büyüklüğü,

$$\overline{P'N} = \Delta l = 0.25 \times \sin 22^{\circ}72' = 0.09 \text{ mm}$$

elde edilir.

Görüldüğü gibi, en kötü koşullarda bile poz verme sırasında oluşan sistematik hatanın büyüklüğü 0.1 mm dolayındadır. Bu büyüklük uygulamalar bakımından önemli değildir.

3.7 1/1000 ÖLÇEKLİ KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEÇ EĞRİLERİNİN KURAMSAL DOĞRULUĞU

(3.1) ile (3.65) Bölümlerinde 1/1000 ölçekli kent haritalarının tüm üretim evrelerinde yapılan hatalar incelenmiş ve büyüklükleri tahmin edilmiştir. Triyangülasyon ve poligon noktalarında arazi ölçmelerinden dolayı oluşan konum ve yükseklik hatalarının büyüklüklerinin, bir paftadaki düzeç eğrilerinin bağlı doğruluğunu etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Üretimin diğer evrelerinde yapılan hatalar, düzeç eğrilerinin doğruluğunu etkilerler. Bunlar,

- Takeometrik alımdaki hatalar,
- Sabit noktaların ve kot noktalarının tersimi ve mürekkeplenmesi sırasında yapılan hatalar,
- Düzeç eğrilerinin interpolasyonu ve mürekkeplenmesi sırasında yapılan hatalar,
- Arazinin genelleştirilmesinden doğan hatalardır.

Önceki bölümlerde incelenen bu hata kaynakları aşağıda özetlenmiştir.

Takeometrik alımdaki hatalar: (3.5) Bölümünde takeometrik alımda yapılan hatalar incelenmiş ve miranın dik tutulma doğruluğu $m_\delta = \pm 1/100$ radyan olması durumunda, takeometrik olarak ölçülen bir noktanın yükseklik doğruluğu,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 4 \ell^2 \tan^2 \alpha}$$

biçiminde bulunmuştu. ℓ yerine, takeometrik alım sırasında ölçülebilecek en büyük uzunluk değeri olan 1.5 m (T.Ş.: Md.181) değeri konursa, bu bağıntı,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 9 \tan^2 \alpha} \quad (3.59)$$

olur. Yine miranın dik tutulma doğruluğunun $m_\delta = \pm 1/100$ radyan olması durumunda takeometrik olarak ölçülen bir noktanın konumunun doğruluğu, $\ell = 1.5$ m değeri ile (3.34) bağıntısından,

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + 9 \sin^2 \alpha} \quad (3.60)$$

olarak elde edilir.

Miranın dik tutulma doğruluğu $m_\delta = \pm 1/60$ radyan olması durumunda bir noktanın yükseklik doğruluğu, (3.36) bağıntısında $\ell = 1.5$ m değeri kullanılarak,

$$m_{\Delta h} = \pm \frac{1}{4} \sin 2\alpha \sqrt{1 + 25 \tan^2 \alpha} \quad (3.61)$$

olarak bulunur. Noktanın konum doğruluğu için (3.37) eşitliğinden,

$$m_s = \pm \frac{1}{2} \cos \alpha \sqrt{\cos^2 \alpha + 25 \sin^2 \alpha} \quad (3.62)$$

bulunur.

Kot noktalarının konumlarının karesel ortalama hatası düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğunu,

$$m_{sh} = \pm m_s \tan \alpha \quad (3.63)$$

büyükliğünde etkiler.

Kot noktalarının çizim ve mürekkepleme hataları: Kot noktaları, paftadaki sabit noktalara dayanarak kutupsal olarak çizilip mürekkeplenirler. Bu bakımdan sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını da içerirler. (3.61) Bölümünde sabit noktaların çizim ve mürekkepleme doğruluğu $m_{\check{c}k} = \pm 0.23$ mm bulunmuştu. (3.62) Bölümünde ise, sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarından arındırılmış olarak kot noktalarının çizim ve mürekkepleme doğruluğu $m'_{\check{c}kk} = \pm 0.41$ mm elde edilmişti. Sabit noktaların çizim ve mürekkepleme hatalarını içeren kot noktalarının çizim ve mürekkepleme doğruluğu $m_{\check{c}kk} = \pm 0.46$ mm ± 0.5 mm tahmin edilmişti. 1/1000 ölçeğindeki 0.5 mm değeri, arazide 0.5 m 'ye karşılık gelir. Kot noktalarının çizim ve mürekkeplenmesinin karesel ortalama hatasının düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğuna etkisi,

$$m_{\check{c}kkh} = \pm 0.5 \tan \alpha \quad (3.64)$$

dır.

Düzeç eğrilerinin interpolasyon ve mürekkepleme hataları: 1/1000 ölçekli kent haritalarının düzeç eğrileri, kot noktaları arasında

doğrusal interpolasyon yapılarak mürekkeplenir. Bu işlem sırasında, düzeç eğrilerinin konumunda yapılan hatalar (3.63) Bölümünde 1/1000 ölçeğinde,

$$m_{dL} = \pm(0.23 + 0.14 \cot \alpha) \text{ mm}$$

olarak bulunmuştu. 1/1000 harita ölçeğindeki mm, arazide m 'ye karşılık gelir. Yukarıdaki bağıntı $\tan \alpha$ ile çarpılarak, düzeç eğrilerinin çizim ve mürekkeplenmesindeki hataların, düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğuna etkisi,

$$m_{dH} = \pm(0.14 + 0.23 \tan \alpha) \text{ m} \quad (3.65)$$

bulunur.

Arazinin genelleştirme hatası: 1/500, 1/1000 ve 1/2000 ölçekli haritalar için, arazinin genelleştirilmesinden dolayı düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğunun,

$$m_{hg} = \pm 0.0125 \sqrt{30 + 1/\tan \alpha}$$

alınabileceği (3.64) Bölümünde görülmüştü.

Takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/100$ radyan olması durumunda düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu, yukarıda belirtilen hata kaynaklarının toplamı olarak düşünülüp hataların yayılma yasası uygulanırsa,

$$m_H = \pm \left\{ \frac{1}{16} \sin^2 2\alpha (1 + 9 \tan^2 \alpha) + \left[\frac{1}{4} + \frac{1}{4} (\cos^2 \alpha + 9 \sin^2 \alpha) \cos^2 \alpha \right] \tan^2 \alpha \right. \\ \left. + (0.14 + 0.23 \tan \alpha)^2 + 0.000156 \left(30 + \frac{1}{\tan \alpha} \right) \right\}^{1/2} \quad (3.66)$$

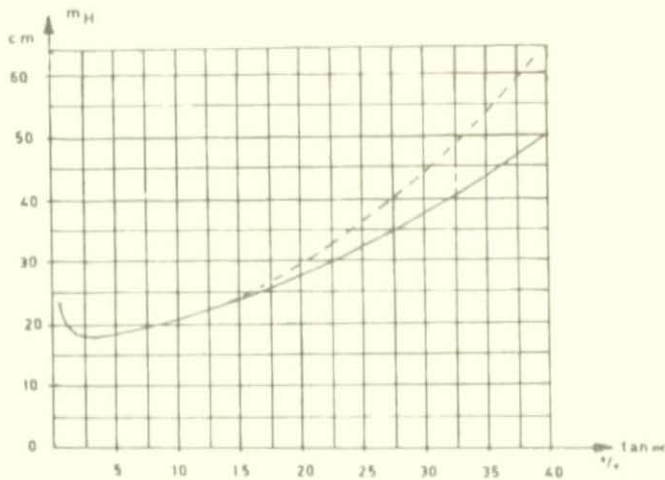
bulunur.

Takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğu $\pm 1/60$ radyan olması durumunda düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu için,

$$m_H = \pm \left(\frac{1}{16} \sin^2 2\alpha (1 + 25 \tan^2 \alpha) + \left[\frac{1}{4} + \frac{1}{4} (\cos^2 \alpha + 25 \sin^2 \alpha) \cos^2 \alpha \right] \tan^2 \alpha \right. \\ \left. + (0.14 + 0.23 \tan \alpha)^2 + 0.000156 \left(30 + \frac{1}{\tan \alpha} \right)^2 \right)^{1/2} \quad (3.67)$$

bağıntısı elde edilir.

(3.66) ve (3.67) bağıntılarının grafikleri Şekil 42 'de görülmektedir. Bağıntılardan ve Şekil 42 'den anlaşıldığı gibi %0 eğimde genelleştirme hatasından ötürü bir belirsizlik söz konusudur. Ancak düzeç eğrili bir haritada-%0 eğim söz konusu olamayacağından bu belirsizliğin pratikte bir sakıncası olmaz. %3 'e kadar olan eğimlerde düzeç eğrilerinin yükseklik hatası eğimin artması ile azalmakta, %3 'den sonraki eğimlerde ise eğimin artması ile çoğalmaktadır. %3 'e kadar olan eğimlerde, eğimin azalması ile düzeç eğrilerinin yükseklik hatasının artmasına genelleştirme hatası neden olmaktadır.



Şekil 42 Düzceç Eğrilerinin Kuramsal doğruluğu

———— Düzceçli mira ile ($m_g = \pm 1/100$)

----- Düzceçsiz mira ile ($m_g = \pm 1/50$)

(3.66) ve (3.67) bağıntıları oldukça karmaşıktır. Her iki bağıntı, basitliği sağlamak için,

$$m_H = f_1(\tan \alpha) = \pm(a + b \tan \alpha) \quad k=2$$

$$m_H = f_2(\tan \alpha) = \pm(a + b \tan^2 \alpha) \quad k=2$$

$$m_H = f_3(\tan \alpha) = \pm\sqrt{a + b \tan^2 \alpha} \quad k=2$$

$$m_H = f_4(\tan \alpha) = \pm\sqrt{a + b \tan \alpha} \quad k=2$$

$$m_H = f_5(\tan \alpha) = \pm\sqrt{a + b \tan \alpha + c \tan^2 \alpha} \quad k=3$$

$$m_H = f_6(\tan \alpha) = \pm(a + b \tan \alpha + c \tan^2 \alpha) \quad k=3$$

biçimlerdeki modellere en küçük kareler yöntemine göre uydurulmaya çalışılmıştır. Modellere ait katsayılar, i hata denklemi sırası, j model numarası, n hata denklemleri sayısı, k bilinmeyenlerin sayısı, m_H (3.66) veya (3.67) bağıntılarından $\tan \alpha_i$ 'ye göre elde edilen değerler olmak üzere,

$$v_i = f_j(\tan \alpha_i) - m_{Hi}$$

hata denklemlerinden,

$$E v_1^2 = \min$$

koşulunu sağlayacak biçimde $n=100$ için %0.4-140, $n=160$ için %0.25-140 ve $n=200$ için %0.2-140 eğimleri arasında hesaplanmıştır.

Doğrusallaştırılması gereken modellerde hata denklemleri doğrusallaştırıldıktan sonra matris gösterimi ile,

$$\underline{v} = \underline{A} \underline{a} - \underline{m}_H$$

olur. Burada \underline{v} hata vektörü, \underline{A} hata denklemleri katsayılar matrisi, \underline{a} model katsayıları (bilinmeyenler) vektörü ve \underline{m}_H ölçü vektörüdür. Ağırlıklar eşit olduğuna göre,

$$\underline{v}^T \underline{v} = \underline{a}^T \underline{A}^T \underline{A} \underline{a} - 2 \underline{a}^T \underline{A}^T \underline{m}_H + \underline{m}_H^T \underline{m}_H = \min$$

koşulunun sağlanması için,

$$\frac{\partial (\underline{v}^T \underline{v})}{\partial (\underline{a})} = \underline{A}^T \underline{A} \underline{a} - \underline{A}^T \underline{m}_H = 0$$

dan modellerin katsayılar (bilinmeyenler) vektörü,

$$\underline{a} = (\underline{A}^T \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{m}_H$$

olarak elde edilebilir. Birim ölçünün karesel ortalama hatası,

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n - k}}$$

dır. Ağırlık matrisi,

$$Q = (\underline{A}^T \underline{A})^{-1}$$

olup, modellerin katsayılarının karesel ortalama hataları,

$$m_a = \pm m_0 \sqrt{Q_{aa}}, \quad m_b = \pm m_0 \sqrt{Q_{bb}}, \quad m_c = \pm m_0 \sqrt{Q_{cc}}$$

dir.

Hesaplanan modellerin uygun olup olmadığını anlamak için, model katsayılarının sıfırdan farkları t testi ile test edilmiştir.

Hesaplanacak,

$$t_a = \frac{a}{m_a}, \quad t_b = \frac{b}{m_b}, \quad t_c = \frac{c}{m_c}$$

test büyüklükleri, $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve $v=n-k$ serbestlik derecesine göre Student dağılımı çizelgesinden alınacak $t_{\alpha, v}$ değerleri ile karşılaştırılır.

$$t_a > t_{\alpha, v}, \quad t_b > t_{\alpha, v}, \quad t_c > t_{\alpha, v}$$

Çizelge 11: Modellerin kuramsal katsayıları ve testleri

	n v	$m_{ij} = \pm 1/100$				$m_{ij} = \pm 1/50$				t α, V
		m_a (m)	a m a t _a	b m b t _b	c m c t _c	m_a	a m a t _a	b m b t _b	c m c t _c	
1 $m_{ij} = \pm (a + b + c) \cdot n \cdot v$	100 98	± 0.023	0.132 ± 0.005 28.4	0.815 ± 0.020 40.8	—	± 0.037	0.103 ± 0.007 14.7	1.150 ± 0.032 35.9	—	2.0
	150 158	± 0.025	0.134 ± 0.004 33.5	0.808 ± 0.017 47.5	—	± 0.038	0.105 ± 0.006 17.5	1.141 ± 0.026 43.9	—	2.0
	200 198	± 0.026	0.135 ± 0.004 33.8	0.805 ± 0.016 50.3	—	± 0.038	0.104 ± 0.005 21.2	1.138 ± 0.024 47.4	—	2.0
	100 98	± 0.010	0.188 ± 0.001 188.8	2.001 ± 0.021 95.3	—	± 0.009	1.180 ± 0.001 180.0	2.054 ± 0.018 158.6	—	2.0
	150 158	± 0.012	0.189 ± 0.001 189.0	1.994 ± 0.020 99.7	—	± 0.011	0.181 ± 0.001 181.8	2.047 ± 0.019 149.8	—	2.0
	200 198	± 0.013	0.189 ± 0.001 189.0	1.992 ± 0.019 104.8	—	± 0.012	0.182 ± 0.001 182.0	2.044 ± 0.018 158.0	—	2.0
3 $m_{ij} = \pm \sqrt{a + b + c} \cdot n \cdot v$	100 98	± 0.011	0.030 ± 0.001 30.0	1.243 ± 0.016 77.7	—	± 0.023	0.025 ± 0.001 25.0	1.950 ± 0.036 54.4	—	2.0
	150 158	± 0.013	0.030 ± 0.001 30.0	1.237 ± 0.015 82.5	—	± 0.024	0.025 ± 0.001 25.0	1.950 ± 0.030 85.0	—	2.0
	200 198	± 0.014	0.030 ± 0.001 30.0	1.234 ± 0.014 88.1	—	± 0.025	0.025 ± 0.001 25.0	1.946 ± 0.028 88.5	—	2.0
	100 98	± 0.036	0.013 ± 0.003 4.3	0.412 ± 0.017 24.2	—	± 0.061	0.003 ± 0.005 0.6	0.617 ± 0.031 18.9	—	2.0
	150 158	± 0.038	0.014 ± 0.002 7.0	0.406 ± 0.014 29.8	—	± 0.061	0.005 ± 0.004 1.2	0.608 ± 0.025 24.3	—	2.0
	200 198	± 0.038	0.014 ± 0.002 7.0	0.403 ± 0.012 33.6	—	± 0.062	0.005 ± 0.003 1.7	0.604 ± 0.022 27.4	—	2.0
5 $m_{ij} = \pm \sqrt{a + b + c + d} \cdot n \cdot v$	100 97	± 0.007	0.039 ± 0.001 3.9	-0.152 ± 0.012 12.7	1.644 ± 0.033 49.8	± 0.009	0.047 ± 0.001 4.7	-0.392 ± 0.018 21.8	3.022 ± 0.050 60.4	2.0
	150 157	± 0.008	0.040 ± 0.001 40.8	-0.166 ± 0.013 12.9	1.676 ± 0.035 47.9	± 0.011	0.048 ± 0.001 4.8	-0.404 ± 0.016 25.2	3.050 ± 0.045 67.8	2.0
	200 187	± 0.010	0.041 ± 0.001 41.8	-0.172 ± 0.013 13.2	1.681 ± 0.036 50.8	± 0.011	0.048 ± 0.001 4.8	-0.410 ± 0.016 25.8	3.063 ± 0.044 69.8	2.0
	100 97	± 0.009	0.188 ± 0.003 88.8	-0.188 ± 0.033 3.3	1.749 ± 0.079 22.1	± 0.009	0.184 ± 0.003 18.4	-0.044 ± 0.031 1.4	2.957 ± 0.074 40.8	2.0
	150 157	± 0.012	0.183 ± 0.003 81.8	-0.078 ± 0.032 2.4	1.814 ± 0.078 23.2	± 0.011	0.187 ± 0.003 18.7	-0.074 ± 0.031 2.4	3.028 ± 0.074 40.8	2.0
	200 197	± 0.013	0.184 ± 0.003 81.3	-0.064 ± 0.032 2.8	1.842 ± 0.076 24.2	± 0.012	0.188 ± 0.003 18.7	-0.088 ± 0.030 2.8	3.048 ± 0.073 41.8	2.0

olması durumunda katsayıların sıfırdan farklı oldukları anlaşılır. Bir modelin katsayılarının tamamının yukarıdaki koşulu sağlaması, modelin uygunluğunu kanıtlar (SACH, 1974: s.339).

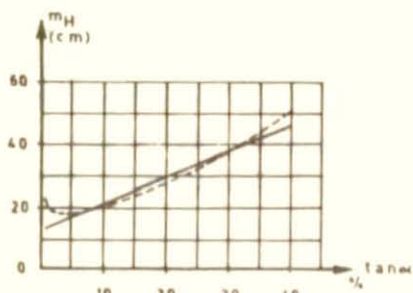
Modelle:re ait birim ölçünün karesel ortalama hataları, katsayılar, katsayıların karesel ortalama hataları, hesaplanan t test büyüklükleri ve %5 yanılma olasılığı ile v serbestlik derecesine göre Student dağılım çizelgesinden alınan $t_{\alpha, v}$ değerleri Çizelge 11 'de verilmiştir.

Çizelge 11 'den görüleceği gibi, $n=200$ için (3.66) bağıntısına uydurulan 6 No.lu ve (3.67) bağıntısına uydurulan 4 No.lu modeller dışındaki modellere ait katsayıların t test büyüklükleri $t_{\alpha, v}$ değerlerinden büyüktür. Bu durumda (3.66) bağıntısı için, 1, 2, 3, 4, 5 No.lu; (3.67) bağıntısı için 1, 2, 3, 5, 6 No.lu modeller uyum sağlamışlardır. Ancak en iyi uyumu sağlayan modeller, en küçük m_0 değerine sahip olan modellerdir. Bunlar (3.66) bağıntısı için sırasıyla 5, 2 ve 3 No.lu modellerdir. Bu modellerin m_0 değerleri hemen hemen birbirlerine eşittir. Doğru fonksiyonu olan 1 No.lu model ikinci derecede uyum sağlamıştır. En kötü uyumu sağlayan 4 No.lu modeldir.

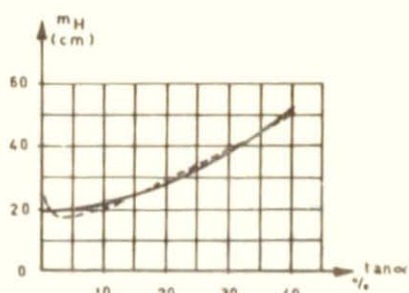
(3.67) bağıntısı için en uygun modeller 2, 5, 6 No.lu modellerdir. İkinci derece uyumu 3 ve 1 No.lu modeller sağlamıştır. En kötü uyumu yapan ise 4 No.lu modeldir.

Çizelge 11 'den görüleceği gibi, üç değişik hata denklemi sayısına göre hesaplanan model katsayıları sonucu etkilemeyecek biçimde birbirlerinden farklıdır. Bu bakımdan $n=200$ için hesaplanan model katsayıları temel alınarak, modellerin grafikleri Şekil 43-55 'de gösterilmiştir. Şekillerde kesikli çizilen eğriler (3.66) veya (3.67) bağıntılarına aittir.

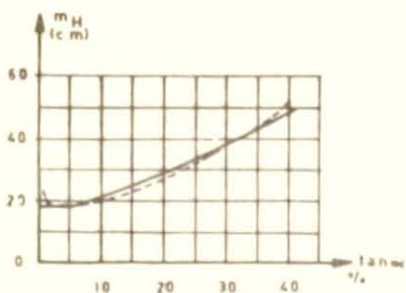
(3.66) ve (3.67) bağıntılarına uydurulan 2 No.lu model en iyi uyum sağlayan modellerden biri olup, kullanımı da oldukça kolay



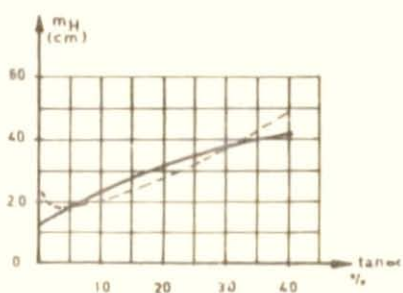
Sekil 43: $m_H = \pm(0.14 + 0.80 \tan \alpha)$



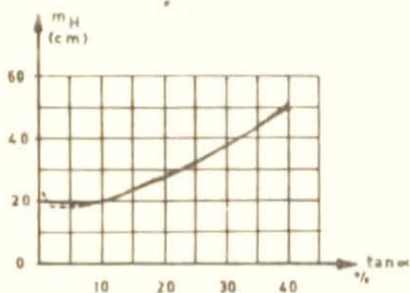
Sekil 44: $m_H = \pm(0.19 + 2 \tan^2 \alpha)$



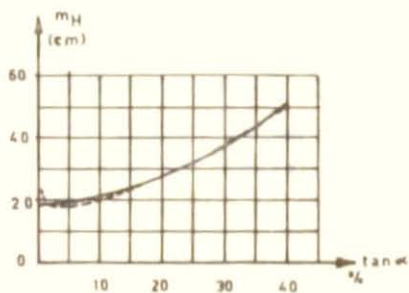
Sekil 45: $m_H = \pm \sqrt{0.03 + 1.2 \tan^2 \alpha}$



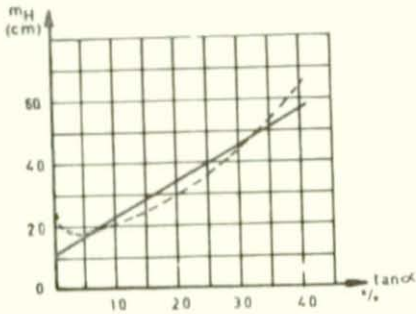
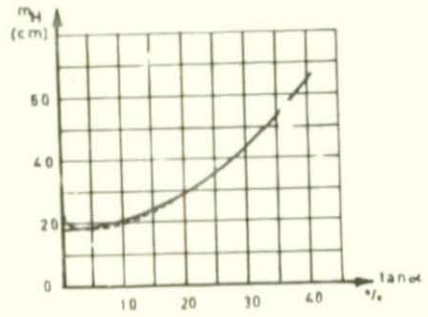
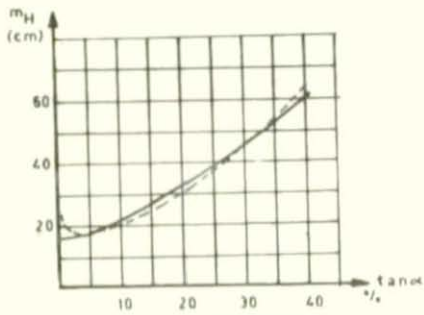
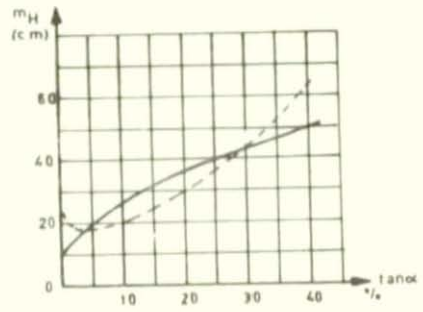
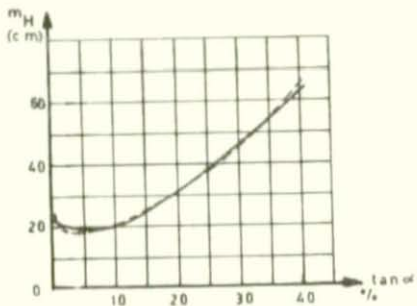
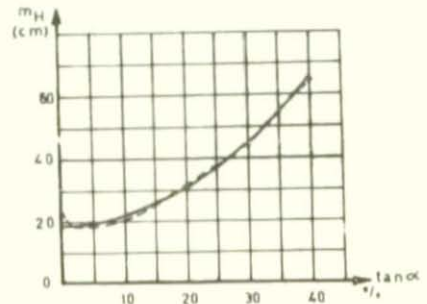
Sekil 46: $m_H = \pm \sqrt{0.014 + 0.40 \tan^2 \alpha}$



Sekil 47: $m_H = \pm \sqrt{0.041 - 0.172 \tan \alpha + 1.7 \tan^2 \alpha}$



Sekil 48: $m_H = \pm(0.18 - 0.05 \tan \alpha + 1.86 \tan^2 \alpha)$

Şekil 49: $m_H = \pm(0,11 + 1,1 \tan \alpha)$ Şekil 50: $m_H = \pm(0,18 + 2,8 \tan^2 \alpha)$ Şekil 51: $m_H = \pm\sqrt{0,03 + 2,12 \tan^2 \alpha}$ Şekil 52: $m_H = \pm\sqrt{0,001 + 0,6 \tan \alpha}$ Şekil 53: $m_H = \pm\sqrt{0,05 - 0,41 \tan \alpha + 3,1 \tan^2 \alpha}$ Şekil 54: $m_H = \pm(0,19 - 0,09 \tan \alpha + 3,0 \tan^2 \alpha)$

dır. Bu bakımdan düzeç eğrilerinin doğruluğunu göstermek için, 2 No.lu modelin kullanılması çok uygundur. Buna göre 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu, takeometrik alım sırasında miranın dik tutulma doğruluğu $m_{\delta} = \pm 1/100$ radyan olması durumunda,

$$m_H = \pm (0.19 + 2 \tan^2 \alpha) \text{ metre,} \quad (3.68)$$

$m_{\delta} = \pm 1/60$ radyan olması durumunda,

$$m_H = \pm (0.18 + 2.8 \tan^2 \alpha) \text{ metre} \quad (3.69)$$

dir. Düzeç eğrilerinin konum doğruluğunu bulmak için (3.68) ve (3.69) bağıntılarının $\cot \alpha$ ile çarpılması gerekir. Böylece 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin konum doğruluğu, takeometrik alım sırasında miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/100$ radyan olması durumunda,

$$m_L = \pm (2 \tan \alpha + 0.19 \cot \alpha) \text{ metre,} \quad (3.70)$$

$\pm 1/60$ radyan olması durumunda,

$$m_L = \pm (2.8 \tan \alpha + 0.18 \cot \alpha) \text{ metre} \quad (3.71)$$

olur.

KENT HARİTALARINDAKİ DÜZEÇ EĞRİLERİNİN DOĞRULUĞUNUN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ VE İRDELEMELER

4.1 UYGULANAN YÖNTEMİN AÇIKLANMASI

1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin doğruluğunun deneysel olarak belirlenmesi için (2.42) Bölümünde açıklanan kesit yöntemi uygulanmış ve İmar ve İskan Bakanlığı Belediye Teknik Hizmetleri Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığınca yapılan denetim ölçülerinden yararlanılmıştır. Bu denetimlerde, arazinin en büyük eğim doğrultularındaki sabit noktalar arasındaki doğrultular boyunca 10 'ar metre aralıklarla ve ayrıca arazinin karakteristik noktalarında nivelman yapılarak yükseklikler bulunur. Nivelman yapılarak elde edilen bu yükseklik değerleri haritaya işlenip, düzeç eğrileri arasında interpolasyonla bulunan harita yükseklikleri ile karşılaştırılır. Araziye nivelmanla elde edilen gerçek yükseklikler h_i , haritadaki düzeç eğrileri arasında interpolasyon yapılarak bulunan yükseklikler h'_i olduğuna göre,

$$\epsilon_{hi} = h'_i - h_i$$

gerçek hataları hesaplanır.

Bu çalışmada, yukarıda açıklanan biçimde denetlenen 100 kent haritasından elde edilmiş 1996 adet gerçek hata kullanılmıştır. Denetim noktalarındaki ortalama arazi eğimi, 1 nokta numarası olduğuna göre,

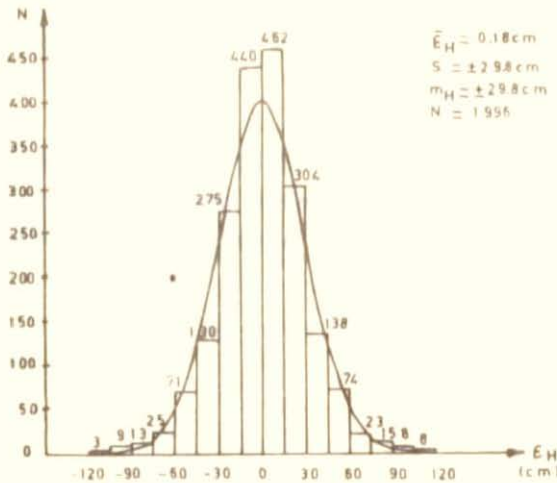
$$\tan \alpha_1 = \frac{h_{i-1} - h_{i+1}}{l_{i-1} - l_{i+1}} \quad (4.1)$$

biçiminde elde edilmiştir. Burada ℓ , arazide iki sabit nokta arasındaki doğrultu boyunca nivelman yapılırken denetim noktalarının başlangıçtan itibaren ölçülen uzaklıklarıdır.

Hatalar %5 eğim aralıklarında guruplandırılarak %0.1 - %35 eğimleri arasında 7 örnek küme elde edilmiştir. Her bir küme için hesaplanan karesel ortalama hatalar, (3.7) Bölümünde belirtilen 6 adet doğruluk modeline en küçük karaler yöntemine göre uydurulmuştur. Hesaplama sırasında ağırlık olarak her bir örnek kümenin büyüklüğü ($p=N$) alınmıştır (LINDIG, 1956: s.182).

4.2 SAYISAL UYGULAMA

(4.1) bağıntısına göre, 1996 denetim noktasında ortalama arazi eğiminin %0.1-%35 arasında değiştiği görülmüştür. %0.1-%35 eğimleri arasında elde edilen $r=1996$ büyüklüğündeki ϵ_h örnek kümesinin histogramı Şekil 55 'de görülmektedir.



Şekil 55

Bu hata kümesinde 3 ölçüte göre yapılan sistematik hata araştırmasında %5 yanılma olasılığı ile önemli bir sistematik hata olmadığı Çizelge 13 'den görülmektedir. χ^2 uyum testinden ise dağılımın normal olmadığı anlaşılmıştır. Uygulanan çarpıklık testinden dağılımın %5 yanılma olasılığı ile çarpık olmadığı görülmüş, ancak eksezin çok fazla olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 13). Örnek kümenin normal dağılımda olmayışının nedeni, eksezin (sivrililiğin) büyük olmasıdır. Buradan kümenin ortalamaları eşit, varyansları farklı kümelerden oluştuğu sonucu çıkarılabilir (WINTER, 1978).

Bu durumda, %0.1-35 eğimleri arasında bulunan örnek kümeden, %5 'er eğim aralıklarında 7 örnek alt küme oluşturulmuş ve dağılımları incelenmiştir. Oluşturulan 7 alt örnek kümenin histogramları Şekil 56-62 'de gösterilmiştir.

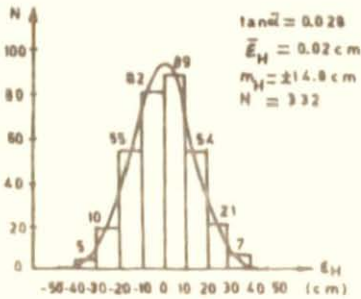
Bu kümelerde yapılan sistematik hata testlerinde, kümelerde sistematik hata olmadığı %5 yanılma olasılığı ile anlaşılmıştır. Kümelerin normal dağıldığı %5 yanılma olasılığı ile χ^2 uyum testlerinden görülmüştür. Çarpıklık ve ekseleri %5 yanılma olasılığı ile önemli değildir. Test sonuçlarının özeti Çizelge 13 'de verilmiştir.

Örnek kümelere ait eğim ortalamaları, karesel ortalama hatalar ve örnek küme büyüklükleri Çizelge 12 'de görülmektedir.

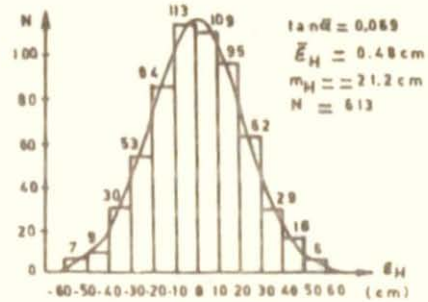
Çizelge 12

N	$\tan \bar{\alpha}$	m_H (cm)
332	0.028	14.0
613	0.069	21.2
324	0.118	26.9
219	0.169	28.5
200	0.219	38.6
161	0.270	47.2
147	0.321	50.0

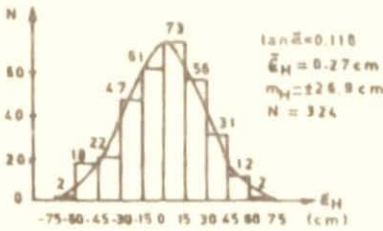
DÜZEÇ EĞRİLERİNİN YÜKSEKLİK HATALARI



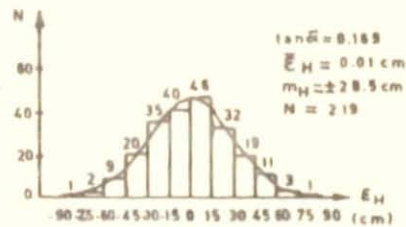
Şekil 56



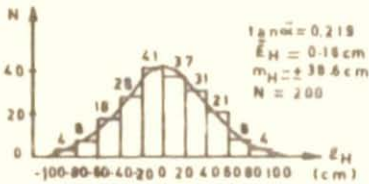
Şekil 57



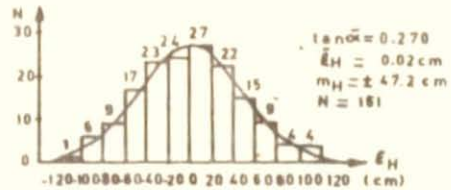
Şekil 58



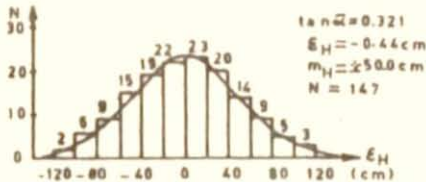
Şekil 59



Şekil 60



Şekil 61



Şekil 62

Çizelge 13: Test sonuçlarının özeti

		χ^2	Çarpıklık $\lambda_1 = \frac{g_1}{Sg_1}$	Ekses $\lambda_2 = \frac{g_2}{Sg_2}$	Sistematik Hata		
					$ \{E\} $	W	M
%10 - %4,9	Kümeden hesaplanan	0.64	0.231	0.082	6	10	534
	%95 İstatistik güvende olması gereken	11.07	1.96	1.96	510	36	11772
%5 - %1,99	Kümeden hesaplanan	2.76	0.374	0.787	296	21	7744
	%95 İstatistik güvende olması gereken	16.92	1.96	1.96	1050	50	37466
%10 - %1,16,9	Kümeden hesaplanan	4.92	1.683	1,189	87	24	12961
	%95 İstatistik güvende olması gereken	11.07	1.96	1.96	968	36	42478
%15 - %1,19,9	Kümeden hesaplanan	0.87	0.248	0.656	3	5	1563
	%95 İstatistik güvende olması gereken	11.07	1.96	1.96	843	30	40148
%20 - %1,24,9	Kümeden hesaplanan	0.73	0.310	0.701	31	2	2171
	%95 İstatistik güvende olması gereken	11.07	1.96	1.96	1092	28	35025
%25 - %1,29,9	Kümeden hesaplanan	0.52	0.679	0.952	3	1	12047
	%95 İstatistik güvende olması gereken	14.07	1.96	1.96	1198	25	19826
%30 - %1,34,9	Kümeden hesaplanan	0.09	0.127	0.946	65	1	2977
	%95 İstatistik güvende olması gereken	14.07	1.96	1.96	1212	24	98179
%40 - %1,34,9	Kümeden hesaplanan	98.38	0.818	12.873	355	64	3065
	%95 İstatistik güvende olması gereken	16.92	1.96	1.96	2663	89	162890

Örnek alt kümelere ait karesel ortalama hataların homojen olup olmadığını, diğer bir deyişle bu alt örnek kümelerin tek bir kümeye ait olup olmadığını test etmek gerekir. Bunun için Bartlett testi uygulanacaktır. N_j , j 'inci örnek kümenin büyüklüğü, v_j j 'inci örnek kümenin serbestlik derecesi, n örnek kümelerin sayısı olduğuna göre,

$$M = \sum_{j=1}^n v_j (\ln \sum_{j=1}^n v_j m_j^2 - \ln \sum_{j=1}^n v_j) - \sum_{j=1}^n v_j \ln m_j^2 \quad (4.2)$$

$$C = 1 + \frac{1}{3(n-1)} \left\{ \sum_{j=1}^n \frac{1}{v_j} - \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n}} \right\} \quad (4.3)$$

olmak üzere test büyüklüğü,

$$\chi^2 = \frac{M}{C} \quad (4.4)$$

dir. $v=n-1$ serbestlik derecesi ve α yanılma olasılığına göre χ^2 dağılım çizelgesinden bulunan $\chi_{\alpha, v}^2$ değerinin (4.4) ile hesaplanan test büyüklüğünden büyük olması durumunda alt kümelerin homojen olmadığı anlaşılır (WOLF, 1975: s.268).

Çizelge 12'den alınan bilgilerle,

$$\chi^2 = 604.22$$

olarak hesaplanmıştır. χ^2 dağılım çizelgesinde $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve $v=6$ serbestlik derecesi ile $\chi_{\alpha, v}^2 = 12.59$ 'dur.

$$604.22 > 12.59$$

olduğundan örnek alt kümelerin Çizelge 12'deki karesel ortalama

hataların homojen olmadığı anlaşılmıştır.

Alt kümelerin homojen olmayan karesel ortalama hataları ile arazi eğimi arasındaki lineer korelasyon katsayısı r ,

$$\hat{\alpha}_j = \tan \bar{\alpha}_j - \frac{\sum \tan \bar{\alpha}}{n} ,$$

$$Y_j = m_{Hj} - \frac{\sum m_H}{n}$$

olmak üzere (3.43) bağıntısı ile 0.9891 bulunmuştur. Burada $\tan \bar{\alpha}_j$ j 'inci örnek kümenin eğim ortalaması, m_{Hj} j 'inci örnek kümenin karesel ortalama hatası ve n örnek kümelerin sayısıdır.

Kuramsal korelasyon katsayısı ρ 'nun sıfırdan büyük olup olmadığı (3.63) Bölümünde anlatılan biçimde t testi ile test edilmiştir. (3.44) bağıntısı ile hesaplanan $t=15.02$ test büyüklüğü $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve $\nu=5$ serbestlik derecesine göre Student dağılım çizelgesinden bulunan $t_{\alpha,\nu}=2.57$ değerinden büyük olduğundan kuramsal korelasyon katsayısı ρ 'nun sıfırdan farklı olduğu anlaşılmıştır.

Kuramsal korelasyon katsayısı ρ 'nun güven aralığı (3.63) Bölümünde açıklanan biçimde %5 yanılma olasılığı ile,

$$0.925 < \rho < 0.998$$

olarak bulunmuştur. Böylece arazi eğimi ile karesel ortalama hatalar arasında kesin bir korelasyon olduğu anlaşılmıştır. Bu ilişkiyi,

$$f_1(\tan \alpha) = m_H = \pm(A + B \tan \alpha)$$

$$f_2(\tan \alpha) = m_H = \pm(A + B \tan^2 \alpha)$$

$$f_3(\tan \alpha) = m_H = \pm\sqrt{A + B \tan^2 \alpha}$$

$$f_4(\tan \alpha) = \pm \sqrt{A + B \tan \alpha}$$

$$f_5(\tan \alpha) = \pm \sqrt{A + B \tan \alpha + C \tan^2 \alpha}$$

$$f_6(\tan \alpha) = \pm (A + B \tan \alpha + C \tan^2 \alpha)$$

biçimlerdeki modellerle gösterebilmek için Çizelge 12 'deki örnek kümelere ait bilgiler kullanılarak en küçük kareler yöntemine göre model katsayıları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ağırlık olarak, N_j j'inci örnek küme büyüklüğü olmak üzere,

$$p_j = N_j$$

alınmıştır.

Katsayıları hesaplanan modellerin uygun olup olmadığını anlamak için, model katsayılarının sıfırdan farkı t testi ile $\alpha=0.05$ yanılma olasılığı ve $v=n-k$ serbestlik derecesine göre test edilmiştir. Burada k modeldeki bilinmeyenlerin (katsayıların) sayısıdır.

Modellere ait katsayılar, birim ölçünün karesel ortalama hataları, katsayıların karesel ortalama hataları, t test büyüklükleri, %5 yanılma olasılığı ve v serbestlik derecesine göre Student dağılım çizelgesinden alınan $t_{\alpha, v}$ değerleri Çizelge 14 'de verilmiştir.

Çizelge 14 'den görüleceği gibi, 1, 2 ve 3 No.lu modellerin katsayılarına ait t test büyüklükleri $t_{\alpha, v}$ değerlerinden büyük olduğundan, arazi eğimi $\tan \alpha$ ile karesel ortalama hata m_H arasındaki ilişkiyi göstermek için bu modellerin kullanılabilmesi anlaşılır. 4 No.lu modelin t_a ; 5 No.lu modelin t_a, t_b, t_c ; 6 No.lu modelin t_c test büyüklükleri $t_{\alpha, v}$ değerlerinden küçük olduğundan bu son üç model arazi eğimi $\tan \alpha$ ile karesel ortalama hata m_H arasındaki ilişkiyi gösteremez.

Çizelge 14: Modellerin deneysel katsayıları ve testleri

Model	n V=n-K	m_0	A m_a t_a	B m_b t_b	C m_c t_c	$t_{\alpha, V}$
① $m_H = \pm(A+B \tan \alpha)$	7 5	± 0.033	0.117 ± 0.013 9.00	1.219 ± 0.084 14.51	—	2.57
② $m_H = \pm(A+B \tan^2 \alpha)$	7 5	± 0.061	0.188 ± 0.018 10.44	3.500 ± 0.451 7.76	—	2.57
③ $m_H =$ $\pm \sqrt{A+B \tan^2 \alpha}$	7 5	± 0.043	0.027 ± 0.005 5.4	2.421 ± 0.252 9.61	—	2.57
④ $m_H =$ $\pm \sqrt{A+B \tan \alpha}$	7 5	± 0.048	-0.003 ± 0.007 0.43	0.696 ± 0.070 9.94	—	2.57
⑤ $m_H =$ $\pm \sqrt{A+B \tan \alpha + c \tan^2 \alpha}$	7 4	± 0.038	0.012 ± 0.009 1.33	0.326 ± 0.181 1.80	1.352 ± 0.642 2.1	2.78
⑥ $m_H =$ $\pm(A+B \tan \alpha + c \tan^2 \alpha)$	7 4	± 0.038	0.119 ± 0.025 4.76	1.192 ± 0.391 3.04	0.087 ± 1.155 0.08	2.78

$$m_H = +(0.12 + 1.2 \tan \alpha) \text{ metre} \quad (4.5)$$

olarak hesaplanan 1 No.lu model, $m_0 = \pm 0.03$ m ile birinci derecede,

$$m_H = \pm \sqrt{0.03 + 2.4 \tan^2 \alpha} \text{ metre} \quad (4.6)$$

olarak hesaplanan 3 No.lu model, $m_0 = \pm 0.04$ m ile ikinci derecede,

$$m_H = \pm(0.19 + 3.5 \tan^2 \alpha) \text{ metre} \quad (4.7)$$

olarak hesaplanan 4 No.lu model, $m_0 = \pm 0.06$ m ile üçüncü derecede uyum sağlamışlardır.

Bu bağıntıların elde edilmesinde kullanılan örnek kümelerde arazi eğimlcri %0.1 ile %35 arasında değişmektedir. Bu bakımdan (4.5), (4.6) ve (4.7) bağıntıları %0.1 ile %35 arasında kalan arazi eğimlerindeki düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğunu gösterirler.

Kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin konum doğruluğu için bu bağıntıların $\cot \alpha$ ile çarpılmaları gerekir. Bu durumda düzeç eğrilerinin konum doğruluğu için,

$$m_L = \pm(1.2 + 0.12 \cot \alpha) \text{ metre} \quad (4.8)$$

$$m_L = \pm\sqrt{2.4 + 0.03 \cot^2 \alpha} \text{ metre} \quad (4.9)$$

$$m_L = \pm(3.5 \tan \alpha + 0.19 \cot \alpha) \text{ metre} \quad (4.10)$$

bağıntıları bulunur.

4.3 KURAMSAL VE DENEYSEL SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

Kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu için (4.2) Bölümünde deneysel olarak elde edilen,

$$m_H = \pm(0.12 + 1.2 \tan \alpha) \text{ metre,}$$

$$m_H = \pm\sqrt{0.03 + 2.4 \tan^2 \alpha} \text{ metre,}$$

$$m_H = \pm(0.19 + 3.5 \tan^2 \alpha) \text{ metre}$$

bağıntılarının katsayıları ile, (3.7) Bölümünde kuramsal olarak bulunan,

Takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/100$ radyan olması durumunda

$$m_H = \pm (0.14 + 0.8 \tan \alpha) \quad m$$

$$m_H = \pm \sqrt{0.03 + 1.2 \tan^2 \alpha} \quad m$$

$$m_H = \pm (0.19 + 2.0 \tan^2 \alpha) \quad m$$

Takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/60$ radyan olması durumunda

$$m_H = \pm (0.11 + 1.1 \tan \alpha) \quad m$$

$$m_H = \pm \sqrt{0.03 + 1.9 \tan^2 \alpha} \quad m$$

$$m_H = \pm (0.18 + 2.8 \tan^2 \alpha) \quad m$$

bağıntılarının katsayılarının aynı modellerdeki eşdeğerliği t testi ile test edilebilir. Bunun için α yanılma olasılığı ve $v = v_1 + v_2$ serbestlik derecesine göre Student dağılım çizelgesinden alınacak $t_{\alpha, v}$ değeri,

$$t_a = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{\frac{m_{01}^2 v_1 + m_{02}^2 v_2}{v_1 + v_2} (Q_{aa_1} + Q_{aa_2})}}$$

(4.11)

$$t_b = \frac{b_1 - b_2}{\sqrt{\frac{m_{01}^2 v_1 + m_{02}^2 v_2}{v_1 + v_2} (Q_{bb_1} + Q_{bb_2})}}$$

test büyüklükleri ile karşılaştırılır (SACH, 1974: s.341). Burada v_1 aynı modellerin birinci bağıntıdaki, v_2 ikinci bağıntıdaki serbestlik dereceleridir. m_{01} birinci bağıntıdaki birim ölçünün karesel ortalama hatası, m_{02} ikinci bağıntıdaki birim ölçünün karesel ortalama hatasıdır. Q_{aa_1} , Q_{bb_1} katsayıların birinci bağıntıdaki ağırlık katsayıları, Q_{aa_2} , Q_{bb_2} ikinci bağıntıdaki ağırlık katsayılarıdır.

$$t_a < t_{\alpha, v} \quad \text{ve} \quad t_b < t_{\alpha, v}$$

koşullarının sağlanması durumunda, eş modeldeki bağıntıların eşdeğerliği kanıtlanmış olur.

Çizelge 15: Modellerin kuramsal ve deneysel katsayılarının testi

		Bağıntı	V_i V	m	Q_{aa}	Q_{bb}			
DENEYSEL		$m_H = \pm(0.12 + 1.2 \tan \alpha)$	5	± 0.033	0.156	6.166			
		$m_H = \pm\sqrt{0.027 + 2.4 \tan^2 \alpha}$	5	± 0.043	0.016	33.971			
		$m_H = \pm(0.19 + 3.6 \tan^2 \alpha)$	5	± 0.061	0.084	53.793	t_a	t_b	t_{α_v}
KURAMSAL	Düzeçiz mirra ile Düzeçiz mirra ile	$m_H = \pm(0.14 + 0.8 \tan \alpha)$	198 203	± 0.026	0.020	0.375	1.82	5.97	1.96
		$m_H = \pm\sqrt{0.03 + 1.23 \tan^2 \alpha}$	198 203	± 0.014	0.002	0.980	1.45	13.08	1.96
		$m_H = \pm(0.19 + 2 \tan^2 \alpha)$	198 203	± 0.013	0.011	2.177	0	12.52	1.96
		$m_H = \pm(0.11 + 1.1 \tan \alpha)$	198 203	± 0.038	0.020	0.375	1.26	1.03	1.96
		$m_H = \pm\sqrt{0.025 + 1.95 \tan^2 \alpha}$	198 203	± 0.025	0.002	1.268	0.58	3.09	1.96
		$m_H = \pm(0.18 + 2.8 \tan^2 \alpha)$	198 203	± 0.012	0.011	2.177	2.13	6.14	1.96

Uygulanan test Çizelge 15 'de gösterilmiştir. Çizelge 15 'den görüleceği gibi yalnızca,

$$m_H = \pm(0.12 + 1.2 \tan \alpha) \text{ m}$$

deneysel bağıntısı ile, takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/60$ radyan olması durumunda kuramsal olarak elde edilen,

$$m_H = \pm(0.11 + 1.1 \tan \alpha) \text{ m}$$

bağıntısının eşdeğerliği sözkonusudur. Diğer deneysel bağıntılarla kuramsal bağıntıların eşdeğerli olmadığı görülmüştür. Buradan, 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğunu gösteren bağıntının, takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/60$ radyan olması durumu için türetilen

kuramsal bağıntı ile uyum sağladığı söylenebilir.

Gerçekten de kent haritalarının takeometrik alımı sırasında düzeçsiz miraların kullanıldığı gözlenmektedir. Düzeçsiz mira kullanılması durumu için kuramsal olarak türetilen diğer iki bağıntının katsayıları, eş modeldeki deneysel bağıntıların katsayıları ile eşdeğerli olmamasına karşın oldukça yakındır.

5 GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 GENEL DEĞERLENDİRME

İmar ve İskan Bakanlığı, 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin yükseklik ve konum hatalarının sınırını,

$$d_H = \pm(0.6 + 0.6 \tan \alpha) \quad m \quad (4.12 \text{ a})$$

$$d_L = \pm(0.6 + 0.6 \cot \alpha) \quad m \quad (4.12 \text{ b})$$

olarak öngörmektedir (T.Ş.: Md.186). Bu hata sınırı bağıntılarının, karesel ortalama hataların üç katı olduğu düşünülerek, düzeç eğrilerinin yükseklik ve konumlarından beklenen karesel ortalama hataların,

$$m_H = \pm(0.2 + 0.2 \tan \alpha) \quad m \quad (4.13 \text{ a})$$

$$m_L = \pm(0.2 + 0.2 \cot \alpha) \quad m \quad (4.13 \text{ b})$$

olduğu anlaşılır. (4.12 a) ve (4.12 b) bağıntıları ile verilen hata sınırlarına göre İmar ve İskan Bakanlığınca denetlenip onaylanan haritaların, bu denetimlerden elde edilen bilgilerle deneysel olarak bulunan,

$$m_H = \pm(0.12 + 1.2 \tan \alpha) \quad m$$

$$m_L = \pm(1.2 + 0.12 \cot \alpha) \quad m$$

doğrulukları, (4.13 a) ve (4.13 b) bağıntıları ile çalışmaktadır. Buradan kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin doğruluğunun, teknik şartnamenin istediği doğruluğa ulaşamadığı görülür. (4.13 a) ve (4.13 b) bağıntılarının gösterdiği doğruluğa, teknik şartnamenin öngördüğü teknik, yöntem ve kurallarla erişmenin olanaksız olduğu bu çalışmada elde edilen kuramsal bağıntı-

lardan da anlaşılmaktadır.

İmar ve İskan Bakanlığınca yapılan denetimlerde belirlenen hatalar, bir örnek küme biçiminde ele alınıp incelenmemekte ve yalnızca hata sınırı bağıntıları doğruluk ölçütü olarak kullanılmaktadır. Bu durumda karesel ortalama hata ve hataların dağılımı hakkında bilgi edinilemediği gibi, sistematik hatalar da anlaşılamamaktadır. Bazı özel durumlarda (şev altı, kuru dere, vb.) hata sınırlarını geçen hatalar da düzeltilirerek kabul edilmektedir. Bütün hatalar hata sınırlarının içinde kalsa bile örnek kümenin normal dağılımda olmaması durumunda, kümenin karesel ortalama hatası hata sınırının 1/3 'ünden büyük olabilir.

Ayrıca (4.13 a) ve (4.13 b) bağıntıları ile (2.3) Bölümünde Çizelge 2 'de iyi yapılmış 1/1000 ölçekli haritalar için IMHOF tarafından verilen,

$$m_H = \pm(0.1 + 0.3 \tan \alpha) \quad m \quad (4.14 \text{ a})$$

$$m_L = \pm(0.3 + 0.1 \cot \alpha) \quad m \quad (4.14 \text{ b})$$

bağıntıları, takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/100$ radyan olması durumu için bu çalışmada kuramsal olarak elde edilen,

$$m_H = \pm(0.14 + 0.80 \tan \alpha) \quad m \quad (4.15 \text{ a})$$

$$m_L = \pm(0.80 + 0.14 \cot \alpha) \quad m \quad (4.15 \text{ b})$$

bağıntıları ile uyuşmamaktadır. Bu uyuşmazlığın nedeni, (4.13 a), (4.13 b), (4.14 a) ve (4.14 b) bağıntılarında miranın eğik tutulma, düzeç eğrilerinin interpolasyon ve genelleştirme hatalarının dikkate alınmamış olması olabilir. Özellikle miranın eğik tutulma hatası, arazi eğiminin artması ile takeometrik alımın hatasını büyütme ve düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu için elde edilen kuramsal bağıntıların arazi eğimi ile çarpılan katsayılarının büyümesine neden olmaktadır.

1/1000 ölçekli haritalardaki düzeç eğrilerinin yükseklik ve konum hatası için Almanya'da,

$$d_H = \pm (0.2 + 2.5 \tan \alpha) \text{ m} \quad (4.16 \text{ a})$$

$$d_L = \pm (2.5 + 0.2 \cot \alpha) \text{ m} \quad (4.16 \text{ b})$$

hata sınırı formülleri kullanılmaktadır (SONGU, 1975: s.354). Bu hata sınırlarının karesel ortalama hatanın üç katı olduğu düşünülürse, Almanya'da yapılan 1/1000 ölçekli haritalardaki düzeç eğrilerinden beklenen yükseklik ve konum doğruluğunun,

$$m_H = \pm (0.07 + 0.83 \tan \alpha) \text{ m} \quad (4.17 \text{ a})$$

$$m_L = \pm (0.83 + 0.07 \cot \alpha) \text{ m} \quad (4.17 \text{ b})$$

olduğu anlaşılır. (4.17 a) ve (4.17 b) bağıntılarının (a) katsayıları, bu çalışmada kuramsal olarak elde edilen (4.15 a) ve (4.15 b) bağıntılarının (a) katsayılarından 0.07 m farklı olmasına karşılık, (b) katsayıları birbirlerine çok yakındır. (4.15 a) ve (4.17 a) bağıntılarından 0.4 arazi eğiminde yükseklik için ayrı ayrı hesaplanacak karesel ortalama hatalar birbirlerinden 0.06 m farklı olacaktır. Bu fark dikkate alınmazsa, (4.15 a) ve (4.15 b) bağıntıları ile (4.17 a) ve (4.17 b) bağıntılarının eşdeğerliği sözkonusudur.

Türkiye'de yapılan bir çalışmada 1.5 hektarlık bir arazi, "Şehir ve Kasaba Haritalarının Yapımına Ait Teknik Şartname" kurallarına göre takeometrik olarak ölçülüp, 1/1000 ölçeğinde düzeç eğrili bir harita yapıldıktan sonra, düzeç eğrileri (2.44) Bölümünde açıklanan eşyükseklik yöntemine göre denetlenerek,

$$m_H = \pm (0.11 + 0.76 \tan \alpha) \text{ m} \quad (4.18 \text{ a})$$

$$m_L = \pm (0.76 + 0.11 \cot \alpha) \text{ m} \quad (4.18 \text{ b})$$

elde edilmiştir (SELÇUK, 1974: s.84). Bu bağıntılar (4.15 a) ve (4.15 b) bağıntılarına oldukça yakındır. (4.18) bağıntılarının katsayılarının karesel ortalama hatalarından yararlanılarak, bu katsayıların (4.15) bağıntılarının katsayılarına eşdeğerliği

t testi ile test edilebilir. (4.15) bağıntılarının katsayıları $a_0=0.14$, $b_0=0.80$; (4.18) bağıntılarının katsayıları $a=0.11$, $b=0.76$, katsayıların karesel ortalama hataları $m_a=\pm 0.03$ ve $m_b=\pm 0.25$ olduğuna göre,

$$t_a = \frac{a - a_0}{m_a} = \frac{0.11 - 0.14}{0.03} = 1.00$$

$$t_b = \frac{b - b_0}{m_b} = \frac{0.76 - 0.80}{0.25} = 0.16$$

bulunur. (4.18) bağıntılarının serbestlik derecesi 3 'dür (SELÇUK, 1974: s.83). %5 yanılma olasılığı ve $v=3$ serbestlik derecesine göre Student dağılım çizelgesinde $t_{\alpha,v}=3.18$ 'dir.

$$t_a = 1.00 < 3.18 \quad \text{ve} \quad t_b = 0.16 < 3.18$$

olduğundan (4.15 a) ve (4.15 b) kuramsal bağıntılarının (4.18 a) ve (4.18 b) bağıntıları ile eşdeğerli olduğu anlaşılır.

5.2 SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'de yapılmış 1/1000 ölçekli kent haritalarındaki düzeç eğrilerinin yükseklik doğruluğu,

$$m_H = \pm(0.12 + 1.2 \tan \alpha) \text{ m,}$$

konum doğruluğu,

$$m_L = \pm(1.2 + 0.12 \cot \alpha) \text{ m}$$

dir. Görüldüğü gibi bu haritalardaki düzeç eğrilerinin doğruluğu, takeometrik alımda miranın dik tutulma doğruluğunun $\pm 1/60$ radyan olması durumunda beklenen doğruluğa eşdeğerli, $\pm 1/100$ radyan olması durumunda beklenen doğruluktan daha kabardır. Çok eğimli arazilerde, takeometrik alım sırasında miranın dik tutulmasına özen gösterilerek (4.15 a) ve (4.15 b) bağıntılarının gösterdiği doğruluk derecesine ulaşılabilir.

Yürürlükte olan "1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına Ait Teknik Yönetmelik"de düzeç eğrilerinden beklenen doğruluk derecesi ile ilgili hiçbir bilgi olmaması nedeni ile İmar ve İskan Bakanlığınca yapılan denetimlerde, yürürlükten kalkmış olan "Şehir ve Kasaba Haritalarının Yapımına Ait Teknik Şartname"de bulunan ve bu şartnamenin öngördüğü teknik, yöntem ve kurallarla erişilemeyecek bir doğruluk ölçütü olan,

$$d_H = \pm(0.6 + 0.6 \tan \alpha) \text{ m} \quad \text{ve} \quad d_L = \pm(0.6 + 0.6 \cot \alpha) \text{ m}$$

hata sınırı bağıntıları kullanılmaktadır. Bu bağıntılar yerine, yürürlükteki yönetmeliğin öngördüğü teknik, yöntem ve kurallara uygun olarak (3.7) Bölümünde elde edilmiş (3.66) bağıntısı ile en iyi uyumu sağlayan,

$$m_H = \pm(0.19 + 2.0 \tan^2 \alpha) \text{ m} \quad (4.19 \text{ a})$$

bağıntısı kullanılabilir. Bu durumda düzeç eğrilerinin konumlarının karesel ortalama hatası için,

$$m_L = \pm (2.0 \tan \alpha + 0.19 \cot \alpha) \quad m \quad (4.19 \text{ b})$$

bağıntısı geçerli olur. Bu bağıntıların kullanılması durumunda, yapılan denetimlerde elde edilen ϵ hataları eğimlere göre gruplandırılarak her bir eğim gurubu için,

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum \epsilon^2}{N}}$$

ile hesaplanan karesel ortalama hatalar, grupların eğim ortalamalarından yararlanılarak (4.19 a) veya (4.19 b) bağıntılarından hesaplanacak değerlerden büyük olmamalıdır.

Hata sınırının karesel ortalama hatanın üç katı olduğu düşünülürse, (4.19 a) ve (4.19 b) bağıntıları hata sınırı bağıntılarına dönüştürülebilir. Bu durumda yükseklik hataları için hata sınırı,

$$d_H = \pm (0.57 + 6.0 \tan^2 \alpha) \quad m, \quad (4.20 \text{ a})$$

$$d_L = \pm (6.0 \tan \alpha + 0.57 \cot \alpha) \quad m \quad (4.20 \text{ b})$$

olur. Denetim sırasında elde edilen ϵ hataları içerisinde (4.20 a) veya (4.20 b) bağıntılarından hesaplanacak değerlerden büyük hata olup olmadığı ayrıca araştırılmalıdır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALONSO, M., FINN, E. 1971
Physics, Addison-Wesley Publishing Company, California-London
Sydney-Manila
- BECKE, J. 1962
Dimensional Stability of Plastic Sheets Coated with Chromate
Printing Emulsions, NKV, Reihe II, Nr.16
- BOL'SAKOV, V. D. 1960
Genauigkeit der Reliefaufnahme bei großmaßstäblichen Karten,
Vermessungstechnik, Nr.10
- CLARK, D. 1973
Plane and Geodetic Surveying, Vol.II (Higher Surveying),
Constable Company Ltd.
- GOODMAN, R. 1970
Statistics, The English Universities Press Ltd.
- GRUBER, O. VON, 1963
Optik Olarak Boyların Ölçülmesi ve Poligonasyon, Çeviren: M. G.
Özgen, İstanbul
- GÜRKAN, O. 1978
Astrojeodezik Ağların Deformasyonu ve Türkiye I. Derece Triyan-
güstasyon Ağı, Doçentlik çalışması, Trabzon
- HALD, A. 1952
Statistical Theory with Engineering Applications, John Wiley
and Sons, Inc. Newyork, London, Sydney

HALLERT, P. BERTIL 1963

Accuracy and Precision in Photogrammetry, Photogrammetric Engineering, No.1, January

IMHOF, E. 1965

Kartographische Gelände-Darstellung, Walter de Gruyter & Co. Berlin

HAUSEL, H. 1967

Grundzüge der Fehlerrechnung, VEB Deutsche Verlag der Wissenschaften, Berlin

KEATES, J. S. 1973

Cartographic Design and Production, Longman Group Ltd., London

KOÇAK, E. 1970

Kartografya Ders Notları, Trabzon

KOÇAK, E. 1974

Şehir Haritalarında Ayrı Triyangülasyon Ağlarının Birleştirilmesi, Doktora Tezi, Trabzon

LINDIG, G. 1956 (a)

Über die Ermittlung der Geländeneigung aus Schichtlinien, AVN, Nr.6, Juni

LINDIG, G. 1956 (b)

Neue Methoden der Schichtlinienprüfung, ZfV, Nr.7, Juli

LINDIG, G. 1956 (c)

Neue Methoden der Schichtlinienprüfung, ZfV, Nr.8, August

LINDIG, G. 1956 (d)

Ein neuer Weg zur Bestimmung des Höhenfehlers nach Koppe, AVN, Nr.7, Juli

LIPS, M. 1964

Investigation of Photogrammetric Contouring of Forested Areas for Small Scale Maps, NKV, Reihe V, Sonderhefte, Nr.9

ÖZGEN, M. G. 1966

Tesviye Eğrili Planların Presizyonu ve Kontrolu, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Sayı 4, Mayıs

ÖZGEN, M. G. 1974

Kartografyaya Giriş, İstanbul

RAISZ, E. 1962

Principles of Cartography, McGraw-Hill Book Company, Inc.

RICHARDUS, P. 1973

The Precision of Contour Line and Contour Interval of Large-and Medium- Scale Maps, Photogrammetria, No.3, June

ROMANOWSKI, M. 1964

Suggestions on the Normal Law of Errors, The Canadian Surveyor, No.1, March

SACHS, L. 1974

Angewandte Statistik, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-york

SCHERMERHON, W. 1961

Production of Maps and History of Photogrammetry, ITC Lecture Notes

SCHEWIDEFSKY, K. 1961

Fotogrametrinin Temelleri, Çeviren: B. Tansuğ, İstanbul

SCHULTZ, G. 1965

Untersuchungen der Genauigkeit Photogrammetrischer Höhenlinien
in Waldgebieten, Diss., München

SELÇUK, M. 1974

Yükseklik Eğrilerinin Hassasiyeti, Yeterlik Tezi, İstanbul

SONGU, C. 1975

Ölçme Bilgisi, Cilt II, İstanbul

SPIEGEL, MURRAY, R. 1961

Theory and Problems of Statistics, Schaum's Outline Series,
McGraw-Hill Book Company

ULSOY, E. 1973

Dengeleme Hesabı, İstanbul

WEBER, W. 1961

Blick ins Ausland, Die Kartenfehlergrenzen in den USA, AVN, Nr.8,
August

WINTER, R. 1978

Theoretische und praktische Untersuchungen, zu modulierten Normal-
verteilungen nach Romanowski, Diss. Hannover

WOLF, H. 1968

Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate,
Ferd. Dümmers Verlag, Bonn

WOLF, H. 1975

Ausgleichsrechnung, Ferd.Dümmers Verlag, Bonn

YERCI, M. 1978

1/5000 Ölçekli Standart Topografik Harita Yapım Yöntemlerinin

Kartografik Açıdan İncelenmesi ve Öneriler, Doktora Tezi, Ankara

1958

Şehir ve Kasaba Haritalarının Yapılmasına Ait Teknik Şartname

1974

1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapılmasına
Ait Teknik Yönetmelik

Kısaltmalar

AVN : Allgemeine Vermessungs-Nachrichten

ITC : International Institute for Aerial Survey and Earth
Science (International Training Center for Aerial Survey)

NKV : Nachrichten aus dem Karten -und Vermessungswesen

ZfV : Zeitschrift für Vermessungswesen

T.Y. : 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapıl-
masına Ait Teknik Yönetmelik

T.Ş. : Şehir ve Kasaba Haritalarının Yapılmasına Ait Teknik
Şartname

Ö Z G E Ç M İ Ş

1944 yılında Samsun'da doğdum. İlkokulu Samsun'da bitirdim. Orta eğitimimi 1955-1961 yılları arasında Erzincan Askerî Lisesinde tamamladım. 1963-1968 yılları arasında Samsun Meteoroloji Bölge Müdürlüğünde meteoroloji memuru olarak çalıştım. 1968 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi Bölümüne girdim ve 1973 yılında bitirdim. 1973-1975 yılları arasında İller Bankası 6 'nci Bölge Müdürlüğünde harita kontrol mühendisi olarak çalıştım. 1975 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeodezi Bölümüne asistan olarak atandım. Halen bu görevde çalışmaktayım.