

SERİ B  
SERIE

CİLT XX  
TOME

SAYI 1  
FASCICULE

1970

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
ORMAN FAKÜLTESİ  
DERGİSİ

REVUE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES FORESTIÈRES  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



## ORMAN SINIRLARININ ÖLÇÜLMESİNDE UYGULANABİLECEK BİR METOD

Yazan : Tahsin TOKMANOĞLU

### G İ R İ Ş

Orman sınırlarının ölçülmesi yerden ve havadan olmak üzere 2 şekilde yapılmaktadır. Yerden yapılan ölçmelere Klâsik metodlar, havadan yapılanlara ise Fotogrametrik metodlar denilmektedir. Bu yazıya konu olan metod, klâsik metodlardan biridir.

Bir orman blokunu çevreleyen poligonu ölçmek için, mesafeleri ve açıları ölçmeye ihtiyaç vardır. 250 m. den daha küçük olan mesafeler mira yardımıyla ölçülür. Teorik olarak mira yardımıyla 400 m. ye kadar mesafe ölçmek gerekirse de, tatbikatta 250 m. den daha uzak mesafeler ölçülememektedir. Mira yardımıyla yapılan 100 m. lik bir mesafe ölçmede, ortalama 1 m. hata yapılmaktadır. Miranın düşeyliğine ve rasattaki paralaks hatasının giderilmesine dikkat edilmediği takdirde, mira ile yapılan mesafe ölçmeleri büyük hatalarla yüklü olur. Bu sebeplerle, mira ile mesafe ölçme, arzu edilen bir çalışma şekli değildir. Kenarları 250 m. den daha uzun olan bir poligonun ölçülmesiyle karşılaşıldığı takdirde, mirayı kullanmaya maddeten imkân bulunamayacaktır. Kenarları küçük parçalara bölmek suretiyle ölçmek de pratik olmamaktadır.

Sınır çizgisi küçük doğru parçaları halinde alındığı takdirde, çok sayıda sınır noktası elde edilmektedir. Bu noktaların korunması çok zor hatta bazen imkânsız bulunmaktadır. Meselâ çalışmalarına katıldığımız klâsik metod uygulayan bir orman tahdit komisyonunda ölçülen 1600 adet mesafenin ortalamasının 59 m. çıktığını tesbit etmiş bulunuyoruz. Bu metoda göre tahdit çalışması bittiği zaman, bir orman bölge şefliğinin sınırlarına 5000 - 10 000 işaret dikilmiş olmaktadır. Bölge şefliğinin bu işaretleri korumasına maddeten imkân bulunmamaktadır. Bunun bir sonucu olarak, bölge şefliklerimiz ve işletme müdürlüklerimiz tahdit çalışmalarına pek ilgi göstermemektedirler. Orman sınırları büyük doğru parçaları halinde alındığı takdirde, sınır işaretlerinin adetleri azalacak ve korunmaları da imkân dahiline girecektir. İşaretleri azaltmak için kenarları uzatmak gerekmektedir. 250 m. den daha uzun mesafeleri 'ölçebilme'

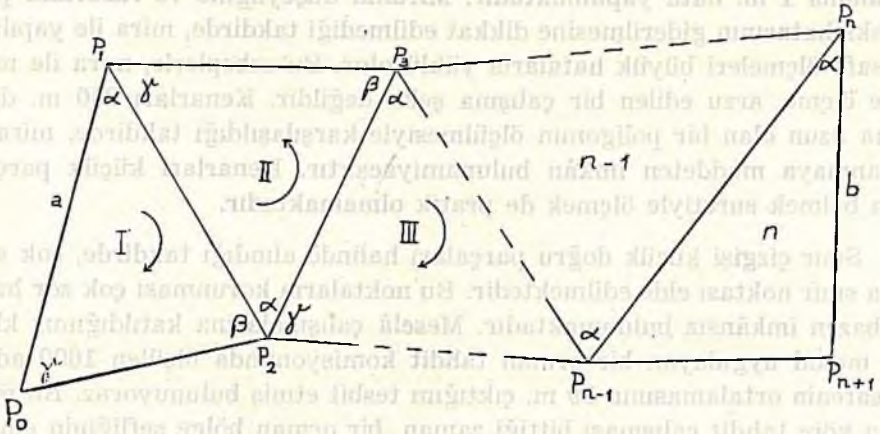
için modern aletler icat edilmiştir. Radar ışınlarıyla çalışan bu aletler çok pahalıdır, bugün için orman sınırlarının ölçülmesinde bahis konusu olmamaktadır.

### Arazide Yalnız Açı Ölçmek, Kenar Uzunluklarını Daha Sonra Hesapla Bulmak Mümkün Değil midir?

Bu soruya olumlu cevap verilebilmektedir. Nirengi şebekelerinde olduğu gibi, yalnız bir kenarın uzunluğunu ölçmek, bunun haricinde sadece açı ölçmeleri yapmak, daha sonra da kenar uzunluklarını hesapla bulmak mümkündür. Bu hesabın nasıl yapılabileceği aşağıda bir misâlle açıklanmıştır. Yapılacak olan açıklama (2 kenara bağlı nirengi zinciri) nin özel bir şeklidir. Konuya girebilmemiz için evvelâ 2 kenara bağlı nirengi zincirinin genel durumunu, kısaca gözden geçirmemiz gerekmektedir.

#### İki Kenara Bağlı Nirengi Zinciri

1 No. lu şekilde a ve b kenarlarına bağlı bir nirengi zinciri görülmektedir. a ve b kenarlarının uzunlukları ile semt açıları ya arazide ölçülür ve yahut bu kenarlar başka sistemlere aittirler, bu sebeplerle de uzunlukları ve semt açıları hesapla bulunmuştur. a ve b kenarlarının uzunlukları



Şekil 1

#### İki Kenara Bağlı Nirengi Zinciri.

a ve b kenarlarının uzunluklarıyla semt açıları arazide ölçülür. Bütün zincir bu 2 kenara bağlanır. Bazen de  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_n$  ve  $P_{n+1}$  noktaları başka nirengi şebekelerine ait olur ve o şebekelerde koordinatları hesaplanmış olur. Bu durumda a ve b kenarlarının uzunluklarıyla semt açıları, koordinatlara dayanılarak hesaplanır.

ve semt açıları bilindiğine göre, diğer bir söyleyişle şekillerdeki  $P_0, P_1, P_n, P_{n+1}$  noktalarının koordinatları bilindiğine göre zincir içersinde bulunan  $P_2, P_3 \dots P_{n-1}$  noktalarının koordinatlarının bulunmasına çalışılır. Arazide şekilde görülen üçgenlerin iç açıları ölçülür, mesafeler daha sonra büroda hesaplanarak bulunur. Bu hesaplar yapılırken aşağıdaki 3 şart gerçekleştirilir.

- 1 — Her üçgenin iç açılarının toplamı 200 grad olmalıdır (açı şartı)
- 2 — a kenarının semt açısına dayanılarak zincirdeki bütün kenarların semt açıları hesaplandığı takdirde, b kenarı için bulunacak semt açısı, b kenarının eski semt açısına eşit olmalıdır (semt şartı).
- 3— a kenarının uzunluğuna dayanılarak zincirdeki bütün kenarların uzunlukları hesaplandığı takdirde b kenarı için bulunacak değer, b kenarının eski uzunluğuna eşit olmalıdır (Kenar şartı).

Bu 3 şartın ilk ikisi (açı ve semt şartları) birlikte gerçekleştirilir. Şekildeki  $\beta$  ve  $\gamma$  açıları yalnız açı şartını gerçekleştirmek için bir miktar değiştirilir. Bu değişme miktarları aşağıdaki formüllerde (1), (2), (3),... (n) şeklinde gösterilmiştir. Şekildeki  $\beta$  açıları ise hem açı şartının gerçekleştirilmesi, hem de semt şartının gerçekleştirilmesi için değiştirilir.  $\beta$  açıları hem (1), (2),... (n) düzeltme miktarlarını hemde  $\mp S$  düzeltme payını alır.  $\mp S$  düzeltme payı semt şartının gerçekleşmesini sağlar.

S değeri

$$S = \frac{[f_t] - [f_c] - 3f_s}{2n} \quad (1)$$

formülü ile hesaplanır, formül içindeki terimler şunlardır;

$[f_t]$  = Tek numaralı üçgenlerdeki açı kapanış hatalarının toplamı, açı kapanış hataları  $f = \alpha + \beta + \gamma - 200$  şeklinde hesaplanır. Bazı müesseselerde açı kapanış hatası  $f = 200 - (\alpha + \beta + \gamma)$  şeklinde hesaplanmaktadır. Bu durumda 1 No. lu formülün payındaki işaretler değişir.

$[f_c]$  = Çift numaralı üçgenlerdeki açı kapanış hatalarının toplamı,

$f_s$  = Semt şartının gerçekleşip gerçekleşmeyeceği

$$\omega + [\alpha_t] - [\alpha_c] - 200K = 0 \quad (2)$$

formülü ile kontrol edilir. Bu formül gerçekleşirse, semt şartı da gerçekleşir. 2 No. lu formülün verdiği sonuç  $f_s$  ile gösterilmiştir.

2 No. lu formül içindeki terimler şunlardır;

$\omega$  = İlk ve son kenarın (a ve b kenarlarının) semt açıları arasındaki fark,

$[\alpha_i]$  = Tek numaralı  $\alpha$  açılarının toplamı

$[\alpha_e]$  = Çift numaralı  $\alpha$  açılarının toplamı

K = Bir katsayı, zincirdeki üçgen sayısı n çift olduğu takdirde  $K = 0$  alınır. n tek olduğu takdirde  $K = + 1$  alınır.

Açı ve semt şartını gerçekleştirmek için evvelâ 2 No. lu formül hesaplanır. Bulunan sonuç  $f_s$  dir. Bu sonuç 1 No.lu formülde yerine konularak S hesaplanır. S değeri aşağıdaki formüllerde yerlerine konularak  $\beta$  ve  $\gamma$  açılarının alacakları düzeltme miktarları hesaplanır.

$$\left. \begin{aligned} (1) &= -\frac{1}{3}(f_1 + S) \\ (2) &= -\frac{1}{3}(f_2 - S) \\ (3) &= -\frac{1}{3}(f_3 + S) \\ &\vdots \\ (n) &= -\frac{1}{3}(f_n \mp S) \end{aligned} \right\} (3)$$

Ölçülen  $\beta$  ve  $\gamma$  açıları 3 No. lu formüller yardımıyla hesaplanan miktarlar kadar değiştirilir.  $\alpha$  açıları ise 3 No. lu formüllerin verdiği değerler kadar değiştirildikten sonra, birde 1 No. lu formülün verdiği  $\mp S$  değeri kadar değiştirilir. Tek No.lu  $\alpha$  açılarında S in işareti (+), çift no.lu  $\alpha$  açılarında ise (—) alınır.

Açı ve semt şartı gerçekleştirildikten sonra kenar şartının gerçekleştirilmesine geçilir.

Kenar şartı

$$\frac{a \sin \gamma_1 \sin \gamma_2 \cdots \sin \gamma_n}{b \sin \beta_1 \sin \beta_2 \cdots \sin \beta_n} = 1 \quad (4)$$

veyahut

$$\log a + [\log \sin \gamma] - (\log b + [\log \sin \beta]) = 0 \quad (5)$$

formülü gerçekleştigi takdirde gerçekleşir.

Tatbikatta meselâ 5 No. lu formül hiçbir zaman sıfıra eşit olmaz, sıfırdan farklı bir  $\varphi$  değerine eşit olur.  $\varphi$  değerini yoketmek gayesiyle bir  $x$  miktarı  $\gamma$  açılarından çıkarılır, aynı  $x$  miktarı  $\beta$  açılara ilâve edilir.

$x$  değeri

$$x = \frac{y}{[\Delta\gamma] + [\Delta\beta]} \quad (6)$$

formülü ile hesap edilir.

Formül içindeki değerler

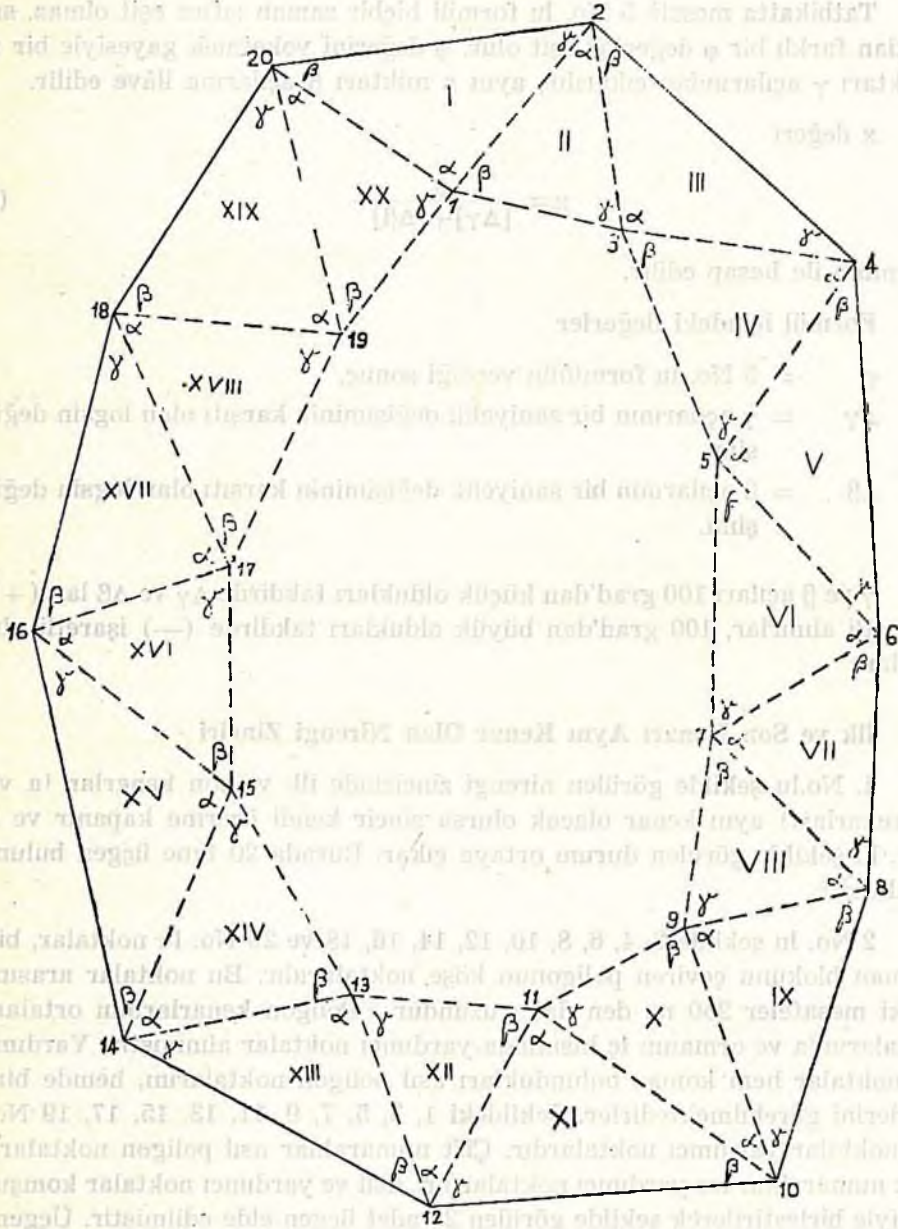
- $\varphi$  = 5 No. lu formülün verdiği sonuç,  
 $\Delta\gamma$  =  $\gamma$  açılarının bir saniyelik değişiminin karşısı olan logsin değışımi,  
 $\Delta\beta$  =  $\beta$  açılarının bir saniyelik değışıminin karşısı olan logsin değışımi.

$\gamma$  ve  $\beta$  açıları 100 grad'dan küçük oldukları takdirde  $\Delta\gamma$  ve  $\Delta\beta$  lar (+) işaretle alınrlar, 100 grad'dan büyük oldukları takdirde (—) işaretle alınrlar.

### İlk ve Son Kenarı Aynı Kenar Olan Nirengi Zinciri

1. No.lu şekilde görülen nirengi zincirinde ilk ve son kenarlar (a ve b kenarları) aynı kenar olacak olursa zincir kendi üzerine kapanır ve 2 No. lu şekilde görülen durum ortaya çıkar. Burada 20 tane üçgen bulunmaktadır.

2 No. lu şekilde 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ve 20 No. lu noktalar, bir orman blokunu çeviren poligonun köşe noktalarıdır. Bu noktalar arasındaki mesafeler 250 m. den daha uzundur. Poligon kenarlarının ortaları hizalarında ve ormanın iç kısmında yardımcı noktalar alınmıştır. Yardımcı noktalar hem komşu buldukları asıl poligon noktalarını, hemde birbirlerini görebilmektedirler. Şekildeki 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 No. lu noktalar yardımcı noktalardır. Çift numaralılar asıl poligon noktaları, tek numaralılar ise yardımcı noktalardır. Asıl ve yardımcı noktalar komşularıyla birleştirilerek şekilde görülen 20 adet üçgen elde edilmiştir. Üçgenler bir nirengi zinciri meydana getirmektedir. Buradaki nirengi zinciri kendi üzerine kapanmıştır. Diğer bir söyleyişle, buradaki nirengi zincirinin bağlı bulunduğu iki kenar (ilk ve son kenarlar) aynı kenardır.



Şekil 2

**Büyük bir orman blokunu çevreleyen nirengi zinciri. Çift numaralı noktalar orman sınırında bulunmaktadır. Tek numaralı noktalar orman sınırının içinde alınmış yardımcı noktalardır.**

Cetvel No:1

2 No.lu şekilde görülen nirengi zincirinin ölçülen iç açılarını, kenar ve semt şartlarını gerçekleştirebilmek için ölçülen açıların düzeltilmesi miktarları ve dengelenmiş açıları gösterir cetvel.

Ölçülen açı (Grad)	Düzeltilme miktarı (Saniye)	Dengelenmiş açı (Grad)	Ölçülen açı (Grad)	Düzeltilme miktarı (Saniye)	Dengelenmiş açı (Grad)		
$\alpha_1$	105,7265	- 27	105,7238	$\alpha_2$	125,8712	+ 16	125,8728
$\beta_1$	33,4726	- 63	33,4663	$\beta_2$	31,4376	+ 51	31,4427
$\gamma_1$	60,8162	- 63	60,8009	$\gamma_2$	42,6793	+ 52	42,6845
	200,0153	-153	200,0000		199,9881	+119	200,0000
	$f_1 = + 153$			$f_2 = - 119$			
$\alpha_3$	133,8572	- 16	133,8556	$\alpha_4$	167,6441	+ 19	167,6430
$\beta_3$	37,6464	- 52	37,6412	$\beta_4$	13,7284	+ 55	13,7339
$\gamma_3$	28,5085	- 53	28,5032	$\gamma_4$	18,6176	+ 55	18,6231
	200,0121	-121	200,0000		199,9871	+129	200,0000
	$f_3 = + 121$			$f_4 = - 129$			
$\alpha_5$	164,1884	- 46	164,1838	$\alpha_6$	171,4718	- 78	171,4640
$\beta_5$	21,8278	- 82	21,8196	$\beta_6$	17,3278	- 42	17,3234
$\gamma_5$	14,0047	- 81	13,9966	$\gamma_6$	11,2169	- 43	11,2126
	200,0209	-209	200,0000		200,0163	-163	200,0000
	$f_5 = + 209$			$f_6 = + 163$			
$\alpha_7$	155,6874	-40	155,6834	$\alpha_8$	147,7626	+ 40	147,7666
$\beta_7$	21,7081	-76	21,7005	$\beta_8$	27,1587	+ 76	27,1663
$\gamma_7$	22,6238	-77	22,6161	$\gamma_8$	25,0594	+ 77	25,0671
	200,0193	-193	200,0000		199,9807	+193	200,0000
	$f_7 = + 193$			$f_8 = - 193$			
$\alpha_9$	129,3793	+ 74	126,3867	$\alpha_{10}$	83,5524	+ 21	83,5545
$\beta_9$	35,1973	+ 38	35,2011	$\beta_{10}$	64,3776	+ 57	64,3833
$\gamma_9$	38,4085	+ 37	38,4122	$\gamma_{10}$	52,0564	+ 58	52,0622
	199,9851	+149	200,0000		199,9864	+136	200,0000
	$f_9 = - 149$			$f_{10} = - 136$			



Cetvel No: 1

Devam

	Ölçülen açı (Grad)	Düzeltilme miktarı (Saniye)	Dengelenmiş açı (Grad)		Ölçülen açı (Grad)	Düzeltilme miktarı (Saniye)	Dengelenmiş açı (Grad)	
$\alpha_{11}$	141,3683	- 15	141,3668		$\alpha_{12}$	147,2516	- 70	147,2446
$\beta_{11}$	30,7248	- 51	30,7197		$\beta_{12}$	21,3347	- 34	21,3313
$\gamma_{11}$	27,9187	- 52	27,9135		$\gamma_{12}$	31,4275	- 34	31,4241
	200,0118	-118	200,0000			200,0138	-138	200,0000
	$f_{11} = + 118$					$f_{12} = + 138$		
$\alpha_{13}$	165,3676	+ 55	165,3731		$\alpha_{14}$	140,4022	+ 15	140,4037
$\beta_{13}$	16,4108	+ 19	16,4127		$\beta_{14}$	22,5376	+ 51	22,5427
$\gamma_{13}$	18,2124	+ 18	18,2142		$\gamma_{14}$	37,0486	+ 50	37,0536
	199,9908	+ 92	200,0000			190,9884	+116	200,0000
	$f_{13} = - 92$					$f_{14} = - 116$		
$\alpha_{15}$	150,3484	+ 57	150,3541		$\alpha_{16}$	132,6614	- 95	132,6519
$\beta_{15}$	25,4875	+ 21	25,4896		$\beta_{16}$	33,7253	- 59	33,7194
$\gamma_{15}$	24,1543	+ 20	24,1563		$\gamma_{16}$	33,6346	- 59	33,6287
	199,9902	+ 98	200,0000			200,0213	-213	200,0000
	$f_{15} = - 98$					$f_{16} = + 213$		
$\alpha_{17}$	125,1878	+ 76	125,1954		$\alpha_{18}$	108,7624	- 82	108,7542
$\beta_{17}$	36,2685	+ 40	36,2725		$\beta_{18}$	48,3266	- 46	48,3220
$\gamma_{17}$	38,5282	+ 30	38,5321		$\gamma_{18}$	42,9284	- 46	42,9238
	199,9845	+155	200,0000			200,0174	-174	200,0000
	$f_{17} = - 155$					$f_{18} = + 174$		
$\alpha_{19}$	109,4385	- 12	109,4373		$\alpha_{20}$	152,2118	- 66	152,2052
$\beta_{19}$	54,8453	- 48	54,8405		$\beta_{20}$	26,6545	- 30	26,6515
$\gamma_{19}$	35,7270	- 48	35,7222		$\gamma_{20}$	21,1463	- 30	21,1433
	200,0108	-108	200,0000			200,0126	-126	200,0000
	$f_{19} = + 108$					$f_{20} = + 126$		

Zincirin ölçülmeye elverişli olan bir kenarı, itinalı bir şekilde ölçülür. İncap ediyorsa kenar üzerinde baz alınır, ölçülür ve büyütülerek kenar uzunluğu elde edilir. Şekildeki 1 ve 20 No. lu noktaları birleştiren uzunluk ölçülmüş ve 425,45 m. bulunmuştur. Bundan sonra şekildeki 20 üçgenin iç açıları saniyelerine kadar ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar 1 No. lu cetvelde görülmektedir. Her üçgene ait açı kapanış hatası 1 No. lu cetvelde hesaplanmış ve ayrı ayrı gösterilmiştir.

Açı ve semt şartını gerçekleştirebilmek için evvelâ yukarıda açıklanmış olan 1 No.lu formülü çözmek gerekmektedir. Formül içindeki terimleri hesaplayalım ve yerlerine koyalım. 2 No. lu cetvelde  $[f_i]$  ve  $[f_c]$  terimlerinin hesabı görülmektedir. Hesap sonunda  $[f_i] = + 408$  grad saniyesi,  $[f_c] = + 121$  grad saniyesi bulunmuştur.

Cetvel No: 2

1 No. lu formüldeki $[f_i]$ ve $[f_c]$ terimlerinin hesabı				
$[f_i]$ Teriminin hesabı		$[f_c]$ Teriminin hesabı		
	+	-		
$f_1$	153		$f_2$	119
$f_3$	121		$f_4$	129
$f_5$	209		$f_6$	163
$f_7$	193		$f_8$	193
$f_9$		149	$f_{10}$	136
$f_{11}$	118		$f_{12}$	138
$f_{13}$		92	$f_{14}$	116
$f_{15}$		98	$f_{16}$	213
$f_{17}$		155	$f_{18}$	174
$f_{19}$	108		$f_{20}$	126
	+902	494		+814
	-494			-693
	$[f_i] = + 408$			$[f_c] = + 121$

### $f_i$ teriminin hesabı :

$f_i$  terimi 2 No. lu formül yardımıyla çözülecektir. Bunun için evvelâ 2 No. lu formül içindeki terimleri hesaplamamız gerekmektedir. 3 No. lu cetvelde  $[\alpha_i]$  ve  $[\alpha_s]$  terimlerinin hesaplanması görülmektedir. Hesap sonunda  $[\alpha_i] = 1377,5494$  grad ve  $[\alpha_s] = 1377,5885$  grad bulunmuştur.

Cetvel No: 3

2 No.lu formüldeki $[\alpha_t]$ ve $[\alpha_r]$ terimlerinin hesabı			
$[\alpha_t]$ teriminin hesabı		$[\alpha_r]$ teriminin hesabı	
1 —	105,7265	2 —	125,8712
3 —	133,8572	4 —	167,6411
5 —	164,1884	6 —	171,4718
7 —	155,6874	8 —	157,7626
9 —	126,3793	10 —	83,5524
11 —	141,3683	12 —	147,2516
13 —	165,3676	14 —	140,4022
15 —	150,3484	16 —	132,6614
17 —	125,1878	18 —	108,7624
19 —	109,4385	20 —	152,2118
<hr/>		<hr/>	
$[\alpha_t] =$	1377,5494	$[\alpha_r] =$	1377,5885

İlk ve son kenar aynı olduğu için  $\omega = 0$  dır. Misâlimizdeki üçgen adedi çifttir ( $n = 20$ ) bu sebeple 2 No. lu formüldeki K katsayısı sıfır alınır.

Bulunan değerler 2 No. lu formüldeki yerlerine konulunca;

$$f_s = [\alpha_t] - [\alpha_r] - \omega + 200 K \quad (2)$$

$$f_s = 1377,5494 - 1377,5885 - 0 + 200 \times 0$$

$$f_s = -391 \text{ grad saniyesi}$$

bulunur.

**S değerinin hesabı :**

1 No. lu formülün bütün değerleri buraya kadar elde edilmiştir, bu değerler yerlerine konularak 1 No. lu formül hesaplanırsa;

$$S = \frac{1}{2n} [f_t] - [f_r] - 3f_s \quad (1)$$

$$S = \frac{1}{2 \times 20} (408 - 121 + 3 \times 391)$$

$$S = \frac{1}{40} (408 - 121 + 1173)$$

Cetvel No: 4

3 No.lu formüllerin çözümü ve (1), (2), ... (20) düzeltme miktarlarının hesaplanması

(1)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>1</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 153 + 36)	=	- 63
(2)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>2</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 119 - 36)	=	+ 52
(3)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>3</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 121 + 36)	=	- 52
(4)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>4</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 129 - 36)	=	+ 55
(5)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>5</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 209 + 36)	=	- 82
(6)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>6</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 163 - 36)	=	- 42
(7)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>7</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 193 + 36)	=	- 76
(8)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>8</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 193 - 36)	=	+ 76
(9)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>9</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 149 + 36)	=	+ 38
(10)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>10</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 136 - 36)	=	+ 57
(11)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>11</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 118 + 36)	=	- 51
(12)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>12</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 138 - 36)	=	- 34
(13)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>13</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 92 + 36)	=	+ 19
(14)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>14</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 116 - 36)	=	+ 51
(15)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>15</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 98 + 36)	=	+ 21
(16)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>16</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 213 - 36)	=	- 59
(17)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>17</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(- 155 + 36)	=	+ 40
(18)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>18</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 174 - 36)	=	- 46
(19)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>19</sub> + S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 108 + 36)	=	- 48
(20)	=	-	$\frac{1}{3}$	(f <sub>20</sub> - S)	=	-	$\frac{1}{3}$	(+ 126 - 36)	=	- 30

$$S = +\frac{1460}{40} = +36,5 \approx +36$$

bulunur.

Bulunan S değeri 3 No. lu formüllerde yerlerine konularak 3 No. lu formüller çözülür ve (1), (2), ... (20) düzeltme miktarları elde edilir. 4 No. lu cetvelde bu düzeltme miktarlarının hesaplanması görülmektedir.

$\beta$  ve  $\gamma$  açılarının alacakları düzeltme miktarları 4 No. lu cetvelde elde edilen sonuçlardır.  $\alpha$  açıları 4 No. lu cetvelde bulunan değerleri alacak, ayrıca  $\mp S$  miktarını da alacaklardır. S değerinin işareti tek numaralı  $\alpha$  açılarında (+), çift numaralı  $\alpha$  açılarında ise (—) olacaktır. 5 No. lu cetvelde  $\alpha$  açılarının alacak oldukları düzeltme miktarlarının hesaplanması görülmektedir.

Cetvel No. : 5

Açı ve semt şartlarının gerçekleştirilmesi için, $\alpha$ açılarının alacakları düzeltme miktarının hesabı	
Tek numaralı $\alpha$ açılarına ait düzeltme miktarları (grad san.)	Çift numaralı $\alpha$ açılarına ait düzeltme miktarları (grad san.)
(1)+S=-63+36=-27	(2)-S=+52-36=+16
(3)+S=-52+36=-16	(4)-S=+55-36=+19
(5)+S=-82+36=-46	(6)-S=-42-36=-78
(7)+S=-76+36=-40	(8)-S=+76-36=+40
(9)+S=+38+36=+74	(10)-S=+57-36=+21
(11)+S=-51+36=-15	(12)-S=-34-36=-70
(13)+S=+19+36=+55	(14)-S=+51-36=+15
(15)+S=+21+36=+57	(16)-S=-59-36=-95
(17)+S=+40+36=+76	(18)-S=-46-36=-82
(19)+S=-48+36=-12	(20)-S=-30-36=-66

5 No. lu cetvelin sonuna kadar yapılan hesaplarla, açı ve semt şartını gerçekleştirmek için ölçülen açıların düzeltileceği miktarlar elde edilmiş bulunmaktadır. Bulunan değerler 1 No. lu cetvelde açıların karşısına yazılmış ve ölçülen açılar bu miktarlar kadar değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar 1 No. lu cetvelin (Dengelenmiş açı) sütununa yazılmıştır.

Bir üçgende ölçülen açıların alacak oldukları düzeltme miktarlarının toplamı, işaretinin tersine açı kapanış hatasına eşit olması gerekir. Bu düşünce aşağıdaki formüllerle de açıklanır.

$$\begin{array}{r|l}
 3(1) + S + f_1 = 0 & \\
 3(2) - S + f_2 = 0 & \\
 3(3) + S + f_3 = 0 & \\
 \vdots & \\
 \vdots & \\
 3(20) - S + f_{20} = 0 & 
 \end{array} \quad (7)$$

olmalıdır.

Meselâ 2 No. lu üçgende hesaplanan düzeltme miktarlarının toplamı + 16 + 52 + 52 = 120 (grad saniyesi) tutmaktadır.  $f_2 = -119$  olduğuna göre, hesaplanan düzeltme miktarlarının ihtiyaca uymadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durum, hesapların kolaylaştırılması gayesiyle yapılan yuvarlamalardan ileri gelmektedir. 1 No. lu formülün çözümünde  $S = +36,5$  bulunmuş fakat + 36 olarak alınmıştır.

Yukardaki 7 No. lu denklemleri gerçekleştirebilmek için hesaplanan düzeltme miktarları üzerinde küçük değişiklikler yapmak gerekmektedir. Bu sebeple  $\beta_2$  açısının alacağı düzeltme miktarı + 52 olması gerekirken, + 51 alınmıştır. Böylelikle düzeltme miktarlarının toplamının +119 olması sağlanmıştır. Diğer üçgenlerde de ihtiyaç duyuldukça aynı şekilde 1 — 2 saniyelik değişiklik yapılmıştır.

1 No. lu cetvelde yalnız aç şartları kontrol edilmiştir. Düzeltilmiş açılar her üçgende iç açların toplamının 200 grad olmasını sağlamıştır. Diğer bir söyleyişle aç şartlarının gerçekleştirilmiş olduğu 1 No. lu cetvelde görülmektedir.

1 No. lu cetveldeki dengelenmiş açılarla, semt şartının da gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini kontrol etmek gerekmektedir. Bunun için 1 No. lu formülün dengelenmiş açılara göre çözümlenmesi ve  $f_s$  değerinin sıfıra eşit olup olmadığının kontrolü gerekir. 6 No. lu cetvelde bu kontrolün yapılması görülmektedir.

Hesap sonucunda  $[\alpha_i] = 1377,5600$  ve  $[\alpha_r] = 1377,5605$  grad bulunmuştur. Bu değerlere göre 2 No. lu formül tekrar çözümlirse

$$\begin{aligned}
 f_s &= [\alpha_i] - [\alpha_r] - \omega + 200 K \\
 f_s &= 1377,5605 - 1377,5600 - 0 + 200 \times 0 \\
 f_s &= 5
 \end{aligned} \quad (2)$$

grad saniyesi bulunur.

Cetvel No: 6

2 No.lu formülün (semt şartının), 1 No.lu cetvelde bulunan dengelenmiş açılara göre gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolü	
[ $\alpha_i$ ] teriminin hesabı	[ $\alpha_c$ ] Teriminin hesabı
1 — 105,7238	2 — 125,8728
3 — 133,8556	4 — 167,6430
5 — 164,1838	6 — 171,4640
7 — 155,6834	8 — 147,7666
9 — 126,3867	10 — 83,5545
11 — 141,3668	12 — 147,2446
13 — 165,3731	14 — 140,4037
15 — 150,3541	16 — 132,6519
17 — 125,1954	18 — 108,7542
19 — 109,4373	20 — 152,2052
1737,5600	1377,5605

$f_s = 0$  olması gerekirken + 5 saniye olmuştur. Bu değer çok küçük olduğu için, kaale alınmaz. Hesaplanan açılardan saniyelerinin yuvarlanması, diğer bir söyleyişle saniyelerin askatlarının hesaba katılmaması bu duruma sebep olmuştur. 1 No. lu cetvelde bulunan dengelenmiş  $\alpha$  açılarının 5 tanesini birer saniye değiştirerek, bu 5 saniyeyi yoketmek mümkündür. Fakat değişikliği yapmaya ihtiyaç yoktur.

#### Kenar şartının kontrolü ve gerçekleştirilmesi

4 veya 5 No. lu formüllerden birisinin gerçekleştirilmesi halinde, kenar şartının gerçekleştirilmiş olacağı yukarıda açıklanmıştır. Hesap makinesi ve sinüs cetveli kullanıldığı zaman 4 No. lu formülü uygulamak, Logaritme cetveli kullanıldığı zaman ise 5 No. lu formülü uygulamak gerekir. 7 No. lu cetvelde 5 ve 6 No. lu formül sonuçlarının hesaplanması görülmektedir. 5 No. lu formül, kenar şartının gerçekleştirilmesi için yok edilmesi gereken  $\varphi$  miktarının bulunmasını sağlar.  $\varphi$  değeri 6 No. lu formül yardımıyla yok edilecektir. 7 No. lu cetvelde 6 No. lu formül sonucunun da hesaplandığı görülmektedir. İki formülün birlikte hesaplanması işi kolaylaştırmaktadır.

Misâlimizde ilk ve son kenar aynı olduğu için 5 No. lu formülde  $\log a = \log b$  dir ve birbirini götürmekte ve geride

$$\varphi = [\log \sin \gamma] - [\log \sin \beta]$$

kalmaktadır. 7 No. lu cetvelde bu formül hesaplanmış ve  $\varphi = -255$  bulunmuştur. Aynı cetvelde 6 No. lu formül hesaplanmış ve  $x = -4,2$  saniye bulunmuştur. Bu duruma göre  $\gamma$  açılarından  $-4$  saniye çıkarmak ve  $\beta$  açılarına  $-4$  saniye ilâve etmek gerekir.  $\gamma$  açısı bir saniye değiştiği takdirde, sinüsün logaritmesi  $\Delta\gamma_1 = 0,48$  logaritme değişecektir. Açı  $x = 4,2$  saniye değiştiği takdirde sinüsünün logaritmesi  $x \cdot \Delta\gamma = 4,2 \times 0,48 = 2,016 \sim 2$  logaritme değişir. Bu prensipe göre  $\gamma$  ve  $\beta$  açılarının (logsin) lerinin

Cetvel No. : 7

**Kenar şartının kontrolüne ve gerçekleştirilmesine yarayan 5 ve 6 No.lu formül sonuçlarının hesaplanması**

Açı ve semt şartını gerçekleştiren $\gamma$ açılara ait değerler				Açı ve semt şartını gerçekleştiren $\beta$ açılara ait değerler			
1 No.lu cetvel- den alınan dü- zeltilmiş açıları	logsin $\gamma$	$\Delta\gamma$	$x \cdot \Delta\gamma$	1 No.lu cetvel- den alınan dü- zeltilmiş $\beta$ açıları	logsin $\beta$	$\Delta\beta$	$x \cdot \Delta\beta$
$\gamma_1 = 60,8099$	$\bar{1}, 911019$	0,48	+ 2	$\beta_1 = 33,4663$	$\bar{1}, 700537$	1,18	- 5
$\gamma_2 = 42,6845$	$\bar{1}, 793349$	0,86	+ 4	$\beta_2 = 31,4427$	$\bar{1}, 675837$	1,27	- 5
$\gamma_3 = 28,5032$	$\bar{1}, 636405$	1,42	+ 6	$\beta_3 = 37,6412$	$\bar{1}, 746177$	1,02	- 4
$\gamma_4 = 18,6231$	$\bar{1}, 459960$	2,20	+ 9	$\beta_4 = 13,7339$	$\bar{1}, 330540$	3,10	- 13
$\gamma_5 = 13,9966$	$\bar{1}, 338638$	3,00	+ 13	$\beta_5 = 21,8196$	$\bar{1}, 526430$	1,91	- 8
$\gamma_6 = 11,2126$	$\bar{1}, 243579$	3,80	+ 15	$\beta_6 = 17,3234$	$\bar{1}, 429380$	2,50	- 10
$\gamma_7 = 22,6161$	$\bar{1}, 541364$	1,84	+ 8	$\beta_7 = 21,7005$	$\bar{1}, 524147$	1,92	- 8
$\gamma_8 = 25,0671$	$\bar{1}, 583943$	1,64	+ 7	$\beta_8 = 27,1663$	$\bar{1}, 616889$	1,50	- 6
$\gamma_9 = 38,4122$	$\bar{1}, 753910$	0,99	+ 4	$\beta_9 = 35,2011$	$\bar{1}, 720316$	1,10	- 5
$\gamma_{10} = 52,0622$	$\bar{1}, 863107$	0,64	+ 3	$\beta_{10} = 64,3833$	$\bar{1}, 928159$	0,43	- 2
$\gamma_{11} = 27,9135$	$\bar{1}, 627928$	1,46	+ 6	$\beta_{11} = 30,7197$	$\bar{1}, 666550$	1,30	- 6
$\gamma_{12} = 31,4241$	$\bar{1}, 675601$	1,27	+ 5	$\beta_{12} = 21,3313$	$\bar{1}, 516980$	1,95	- 8
$\gamma_{13} = 18,2141$	$\bar{1}, 450594$	1,30	+ 10	$\beta_{13} = 16,4127$	$\bar{1}, 406478$	2,60	- 11
$\gamma_{14} = 37,0536$	$\bar{1}, 740146$	1,04	+ 4	$\beta_{14} = 22,5427$	$\bar{1}, 540012$	1,84	- 8
$\gamma_{15} = 24,1563$	$\bar{1}, 568678$	1,72	+ 7	$\beta_{15} = 25,4896$	$\bar{1}, 590817$	1,61	- 7
$\gamma_{16} = 33,6287$	$\bar{1}, 702442$	1,17	+ 5	$\beta_{16} = 33,7194$	$\bar{1}, 703500$	1,17	- 5
$\gamma_{17} = 38,5321$	$\bar{1}, 755095$	0,98	+ 4	$\beta_{17} = 36,2725$	$\bar{1}, 731940$	1,07	- 4
$\gamma_{18} = 42,9238$	$\bar{1}, 795399$	0,85	+ 4	$\beta_{18} = 48,3220$	$\bar{1}, 837731$	0,72	- 3
$\gamma_{19} = 35,7222$	$\bar{1}, 726024$	1,08	+ 5	$\beta_{19} = 54,8405$	$\bar{1}, 880114$	0,58	- 2
$\gamma_{20} = 21,1433$	$\bar{1}, 513279$	1,98	+ 8	$\beta_{20} = 26,6515$	$\bar{1}, 609081$	1,53	- 6
	$\bar{8}, 681360$	30,72	+ 129		$\bar{8}, 681615$	30,30	- 126
	+ 129				- 126		
	$\bar{8}, 681489$				$\bar{8}, 681489$		

$$\varphi = [\log \sin \gamma] - [\log \sin \beta] = \bar{8},681360 - \bar{8},681915 = -255$$

$$x = \frac{\varphi}{\Delta} = \frac{-255}{30,72 + 30,30} = -4,179 \sim -4,2 \text{ saniye}$$



nekadar değışecekleri hesaplanmış ve 7 No. lu cetvelin ( $x \cdot \Delta\gamma$ ) sütunu ile ( $x \cdot \Delta\beta$ ) sütununa yazılmıştır.

$\Sigma x \cdot \Delta\gamma = 129$  logaritme,  $\Sigma \log \sin \gamma = \overline{8,681\ 360}$  logaritmeye ilâve edilince  $\overline{8,681\ 489}$  bulunmaktadır.

$\Sigma x \cdot \Delta\beta = -126$  logaritme  $\Sigma \log \sin \beta = \overline{8,681\ 615}$  logaritmeye ilâve edilince  $\overline{8,681\ 489}$  bulunmaktadır.

İki tarafda aynı değereerin bulunması  $\varphi$  değereerin tamamen yok olduğunu göstermektedir.

7 No. lu cetveldeki ( $\log \sin \gamma$ ) değereeri ( $x \cdot \Delta\gamma$ ) sütunundaki değereer kadar değıştirilmiş, kalan sonuçlar 8 No. lu cetvelin ikinci sütununa  $\gamma$  açılarının hizalarına yazılmıştır.

7 No. lu cetveldeki ( $\log \sin \beta$ ) değereeri ( $x \cdot \Delta\beta$ ) sütunundaki değereer kadar değıştirilmiş, kalan sonuçlar 8 No. lu cetvelin ikinci sütununa  $\beta$  açılarının hizalarına yazılmıştır.

$\alpha$  açılarının dengelenmiş değereeri 6 No. lu cetvelde bulunmaktadır. Bu değereerlerin  $\log \sin$ 'leri alınmış ve 8 No. lu cetvelin ikinci sütununa  $\alpha$  açılarının hizalarına yazılmıştır.

1 ve 20 No. lu noktalar arasındaki mesafe arazide ölçülmüş ve 425,45 m. bulunmuştur. 2 No. lu şekilde 1 - 20 kenarının 1 No. lu üçgende  $\gamma_1$  açısının karşısında bulunduğu görülmektedir. Bu mesafenin logaritmesi 2,628849 dur. 8 No. lu cetvelde üçüncü sütuna  $\gamma_1$  hizasına 2,628849 ve dördüncü sütunda  $\gamma_1$  hizasına 425,45 m. yazılmıştır.

Sinüs teoremi

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma} = 2R \quad (8)$$

formülü ile belirtilir.

Son kesir ve eşiti logaritmik olarak yazılırsa

$$\log c - \log \sin \gamma = \log 2R$$

bulunur.

Problemimizin birinci üçgeninde  $c$  kenarı ve dengelenmiş  $\gamma_1$  açısı bilinmektedir, bilinenler bu formülde yerlerine konularak;

$$2,628849 - \overline{1,911921} = 2,716928$$

Cetvel No. : 8

## Sinüs Teoremi Yardımıyla Kenar Uzunluklarının Hesaplanması

açılar	log 2R	Kenar uzunluklarının logaritmeleri a=2R sin $\alpha$ b=2R sin $\beta$ c=2R sin $\gamma$	Kenar uzunlukları(m) a b c	Kenarlar
	log sin $\alpha$ log sin $\beta$ log sin $\gamma$			
$\alpha_1$	2,716928			
$\beta_1$	1,998242	2,715170	519,00	2-20
$\gamma_1$	1,700532	2,417460	261,49	1-2
	1,911921	2,628849	425,45	1-20
$\alpha_2$	2,624107			
$\beta_2$	1,963101	2,587208	386,55	1-3
$\gamma_2$	1,675832	2,299939	199,50	2-3
	1,793353	2,417460	261,49	1-2
$\alpha_3$	2,663528			
$\beta_3$	1,935454	2,598982	397,18	2-4
$\gamma_3$	1,746173	2,409701	256,86	3-4
	1,636411	2,299939	199,50	2-3
$\alpha_4$	2,949732			
$\beta_4$	1,687226	2,636958	433,47	3-5
$\gamma_4$	1,330527	2,280259	190,66	4-5
	1,459969	2,409701	256,86	3-4
$\alpha_5$	2,941608			
$\beta_5$	1,727042	2,668650	446,28	4-6
$\gamma_5$	1,526422	2,468030	293,79	5-6
	1,338651	2,280259	190,66	4-5
$\alpha_6$	3,224436			
$\beta_6$	1,636871	2,861307	726,62	5-7
$\gamma_6$	1,429370	2,653806	450,62	6-7
	1,243594	2,468030	293,79	5-6
$\alpha_7$	3,112434			
$\beta_7$	1,807026	2,919460	830,73	6-8
$\gamma_7$	1,524139	2,636573	433,08	7-8
	1,541372	2,653806	450,62	6-7
$\alpha_8$	3,052623			
$\beta_8$	1,864199	2,916822	825,70	7-9
$\gamma_8$	1,616883	2,669506	467,20	8-9
	1,583950	2,636573	533,08	7-8
$\alpha_9$	2,915592			
$\beta_9$	1,961576	2,877168	753,65	8-10
$\gamma_9$	1,720311	2,635903	432,42	9-10
	1,753914	2,669506	467,20	8-9

Cetvel No. : 8

(devam)

## Sinüs Teoremi Yardımıyla Kenar Uzunluklarının Hesaplanması

	<u>2.772793</u>			
$\alpha_{10}$	<u>1,985345</u>	2,758138	572,98	9-11
$\beta_{10}$	<u>1,928157</u>	2,700950	502,28	10-11
$\gamma_{10}$	<u>1,863110</u>	2,635903	432,42	9-10
	<u>3,073016</u>			
$\alpha_{11}$	<u>1,901029</u>	2,974045	941,99	10-12
$\beta_{11}$	<u>1,666544</u>	2,739560	548,98	11-12
$\gamma_{11}$	<u>1,627934</u>	2,700950	502,28	10-11
	<u>3'063954</u>			
$\alpha_{12}$	<u>1,867491</u>	2,931445	853,97	11-13
$\beta_{12}$	<u>1,516972</u>	2,580926	381,00	12-13
$\gamma_{12}$	<u>1,675606</u>	2,739560	548,98	11-12
	<u>3,130322</u>			
$\alpha_{13}$	<u>1,713904</u>	2,844226	698,60	12-14
$\beta_{13}$	<u>1,506467</u>	2,536789	344,18	13-14
$\gamma_{13}$	<u>1,450604</u>	2,580926	381,00	12-13
	<u>2,796639</u>			
$\alpha_{14}$	<u>1,905944</u>	2,702583	504,18	13-15
$\beta_{14}$	<u>1,540004</u>	2,363643	217,09	14-15
$\gamma_{14}$	<u>1,740150</u>	2,536789	344,18	13-14
	<u>2,767958</u>			
$\alpha_{15}$	<u>1,847056</u>	2,615014	412,11	14-16
$\beta_{15}$	<u>1,590810</u>	2,358668	228,44	15-16
$\gamma_{15}$	<u>1,568685</u>	2,336643	217,09	14-15
	<u>2,656321</u>			
$\alpha_{16}$	<u>1,940182</u>	2,596503	395,91	15-17
$\beta_{16}$	<u>1,703495</u>	2,359816	228,99	16-17
$\gamma_{16}$	<u>1,702447</u>	2,358768	228,44	15-16
	<u>1,604717</u>			
$\alpha_{17}$	<u>1,965061</u>	2,569778	371,35	16-18
$\beta_{17}$	<u>1,731936</u>	2,336653	217,10	17-18
$\gamma_{17}$	<u>1,755099</u>	2,359816	228,44	16-17
	<u>2,541250</u>			
$\alpha_{18}$	<u>1,995880</u>	2,537130	344,46	17-19
$\beta_{18}$	<u>1,837728</u>	2,378978	239,32	18-19
$\gamma_{18}$	<u>1,795403</u>	2,336653	217,10	17-18
	<u>2,652949</u>			
$\alpha_{19}$	<u>1,995211</u>	2,648160	444,80	18-20
$\beta_{19}$	<u>1,880112</u>	2,533061	341,24	19-20
$\gamma_{19}$	<u>1,726099</u>	2,378978	239,32	18-19
	<u>3,019774</u>			
$\alpha_{20}$	<u>1,833908</u>	2,853682	713,97	1-19
$\beta_{20}$	<u>1,609075</u>	2,628849	425,45	1-20

bulunur. Bulunan birinci üçgenin dışına çizilecek dairenin çapının logaritmesidir. 8 No. lu denklemden

$$a = 2 R \sin \alpha \quad \text{veyahut}$$

$$\log a = \log 2 R + \log \sin \alpha \quad \text{yazılabilir.}$$

Bir No. lu üçgende  $\log 2 R$  ve  $\log \sin \alpha$  bilindiğine göre bu formül yardımıyla  $\log a$  hesaplanır.

$$\log a = 2,716928 + \bar{1},998242 = 2,715170$$

Bulunan bu logaritme 8 No. lu cetvelin üçüncü sütununda  $\alpha_1$  hizasına yazılmıştır. 8 No. lu denklemden

$$b = 2 R \sin \beta \quad \text{veyahut}$$

$$\log b = \log 2 R + \log \sin \beta \quad \text{yazılabilir.}$$

Bir No. lu üçgende  $\log 2 R$  ve  $\log \sin \beta$  bilindiğine göre, bu formül yardımıyla  $\log b$  hesaplanır.

$$\log b = 2,716928 + \bar{1},700532 = 2,417460$$

Bulunan bu logaritme 8 No. lu cetvelin üçüncü sütununda  $\beta_1$  hizasına yazılmıştır.

Bir No. lu üçgende  $\beta$  açısının karşısında bulunan kenar (1, 2 kenarı) iki No.lu üçgende  $\gamma$  açısının karşısında bulunmaktadır. Birinci üçgeni çözmekle ikinci üçgenin bir kenarını elde etmiş bulunuyoruz. 8 No. lu cetvelde, üçüncü sütundaki  $\beta_1$  in hizasındaki logaritma aynen  $\gamma_2$  nin hizasına yazılır. Bu logaritmeden  $\log \sin \gamma_2$  çıkarılır, ikinci üçgenin dışına çizilen dairenin çapının logaritmesi elde edilir. Bundan sonra hesaplar birinci üçgenin çözümünde olduğu gibi devam eder.

Çözümü yapılan her üçgende  $\beta$  açısının hizasında bulunan logaritme aynen  $\gamma$  açısının hizasına yazılır. 8 No. lu cetvelin ikinci sütununda bulunan altı çizgili logaritmeler, üçgenlerin dışına çizilen dairelerin çaplarının logaritmeleridir. Cetvelin sonunda bulunan 20 inci üçgene ait değerler incelenirse  $\beta_{20}$  açısının hizasında 2,628849 bulunduğu görülür. Bu değer arazide ölçülen kenarın (1 ve 20 noktaları arasındaki mesafe) logaritmesidir. İlk değer aynen çıkmıştır. Bu durum  $\beta$  ve  $\gamma$  açılara ait hesapların doğru yapıldığını gösterir. 8 No. lu cetvelin üçüncü sütununda bütün kenarların logaritmeleri bulunmaktadır. Bu logaritmelerin karşılıkları olan uzunluklar, logaritme cetvelinden bulunmuş ve cetvelin dördüncü sütununa yazılmış-

tır. Böylelikle poligon kenarlarının uzunlukları elde edilmektedir. Arzu edildiği takdirde bu uzunluklara ve dengelenmiş içaçılara dayanılarak köşe noktalarının koordinatlarını hesaplamak mümkündür.

## S O N U Ç

Yukarıda açıklanan metod, kenarları 250 m. den daha uzun olan bir orman poligonunda, kenar uzunluklarının, arazide ölçülmeden hesap yolu ile nasıl bulunacağını göstermektedir. Hesap sonunda mesafeler sıhhatli olarak bulunmaktadır. Bazı olarak alınan kenar hatalı ölçülecek olursa, bütün kenarlar hatalı olarak bulunur. Bu sebeple bazın çok dikkatli ölçülmesi gerekir. İkinci bir kenar daha ölçülürse, kontrol imkânı elde edilmiş olur. Açılarını direkt olarak saniyelerini ölçebilen bir teodolit kullanmak ve (çifte rasatla kombine edilmiş 2 silsilelik reyterasyon) metodu uygulamak suretiyle ölçülmesi, ihtiyacı karşılar.

7 No. lu cetveldeki ( $x. \Delta\gamma$ ) ve ( $x. \Delta\beta$ ) sütunları incelenirse, en büyük değerin (+15) logaritme olduğu görülür. Bu sütunlardaki değerler, kenar şartının gerçekleştirilmesi için  $\gamma$  ve  $\beta$  açılarının logsin'lerinin ne kadar değiştirileceğini göstermektedir. 7 No. lu cetveldeki hesaplar, bu değerlerin elde edilmesi için yapılmıştır. logsin'lerin bu miktarlar kadar değiştirilmesinin, kenar uzunlukları üstündeki etkisi yok denecek kadar küçüktür. Bu sebeple 7 No. lu cetveli iptal etmek mümkündür. Buna göre; Bir No. lu cetvelin sonunda bulunan dengelenmiş açılarının logsin'leri alınır, 8 No. lu cetvelin ikinci sütununa yazılır ve 8 No. lu cetvele ait hesaplar yapılarak kenar uzunlukları bulunur. Böylelikle hesaplar büyük çapta kısalmış olur.

Açıklanan bu metodu, Fotogrametri ile kombine etmek suretile ormanın kadastral haritasını (sınırları gösteren büyük ölçekli ve tesviye eğrili harita) yapmak mümkündür. Bunun için arazideki noktaları kireçlemek ve daha sonra arazinin fotoğrafını çekmek gerekir. Arazideki noktaları koordinatları hesaplanır, ormanın iç kısımları havai nirengi (Radyal nirengi) metodu ile doldurulur.

Sonunda ormanlarımızın kadastral haritası elde edilir, orman tahdit problemi de bu konu içersinde kendiliğinden halolur.

## L İ T E R A T Ü R

- 1 — Prof. Dr. Kemal Erkin: Ölçmeler Bakımından Türkiye'de Orman Tahdit Problemi
- 2 — Prof. Dr. Kemal Erkin: Orman Fakültesi Geodezi Ders Notları

- 3 — Prof. Mustafa Aytac : Mühendislikte Fotogrametri
- 4 — W. H. Rayner,  
Milton O. Schmidt : Surveying
- 5 — H. Threlfall : A Text Book on Surveying and Levelling
- 6 — Philip KISSAM : Surveying
- 7 — Philip KISSAM : Surveying for Civil Engineers
- 8 — Raymond E. Davis : Surveying: Theory and Practice
- 9 — Lyle G. Trorey : Handbook of Aerial Mapping and Photogrammetry
- 10 — Earl Church,  
Alfred O. Quinn : Elements of Photogrammetry
- 11 — Doç. Dr. Tahsin  
Tokmanoğlu : Orman Tahdit Probleminin Çözümünde Aerofoto-  
grametriden İstifade İmkânları üzerine Araştırmalar.