

ÜÇ EŞİT YÜKSEKLİK PROBLEMİ, ASTROLAB, YENİ TATBİK EDİLEN HESAP ŞEKLİ, TEORİSİ VE TATBİKATI

Kasım YAŞAR

Mobil Exploration Mediterranean Şirketi, Ankara

ÖZET. — Jeodezik ve hidrografik ölçü işlerinde, ayrıca coğrafya ekspedisyonlarında ve bilhassa astrometri tetkikleriyle uğraşan rasathanelerde; Gauss'un Üç Eşit Yükseklik Problemi; uzun seneler ehemmiyetle nazara itibara alınmış ve bu meyanda astrolab denilen alet üç ayrı gök cisminin kısa bir zaman içinde ve bir gecede ölçülere alınmasıyla; hassas zaman ve arz tâyini meselesi 19 uncu asrın başında tamamen çözülmüştü.

Bugün bu tip aletler üzerinde esaslı incelemelerin terkedilmesine başlıca sebep; ince makine tekniğinin çok terakki etmiş ve dolayısıyla daha stabil ve kısmen portatif olan Üniversal teodolitlerin astrometrik iş sahasına girmiş bulunmasıdır.

Muhterem Profesör Dr. Tevfik Okyay Kabakçioğlu'nun tavsiyeleri üzerine, incelediğim Üç Eşit Yükseklik Problemi ve Astrolab, adı altındaki bu çalışmalarım neticesinde yeni bir hesap usulüne varıldığını ve bunun; tul ve arzı çok hassas olarak tâyin edilmiş bulunan Ankara Çiftlik Tul Santralında yaptığım bilfiil rasatlar ve elde ettiğim neticelerle, elverişli kıymetler verişi, evvelâ gayeye ulaşıldığım göstermiş saniyen hesaplarda kolaylık bakımından yazıda bahsi geçen diğer usullere kıyasen bir miktar da zaman kazancı elde edilmiştir.

Bana bu hususta büyük sans veren muhterem Profesör Dr. Tevfik Okyay Kabakçioğlu'na ve ölçülerde yardımcılık yapan Binbaşı Halim Ulutas'a minnettarlık borcumu bildirmeyi vazife sayarım.

KISIM I

Esas itibariyle, bu metod hakkında evvelâ Aboe 1785 senesinde ve bilâhara Gauss ve sonra da Delambre 1808 ve 1811 senelerinde aynı yükseklikte üç yıldızın ufki kıl geçişleriyle, aynı zamanda durum ve arz tâyini vazifelerini gayet mufassal olarak çözmüşler ve ayrıca Knorre üçten daha fazla yıldız için bu meselenin geniş pratik tatbikatını ortaya koymuş bulunmaktadır. Fakat 19 uncu asrın rasat aletleri ve bunların basitliği dolayısıyla, bu methoddan bir daha istifade edilmemiştir.¹

Bilâhara neticelerde arzu edilen incelik derecelerinin elde edilmesinde rasat hususiyet ve kabiliyetleri daha yüksek olan Chandler'in Almukantar'ı ve Beck'in Nadir aleti inşa edilmiştir, fakat bu sayede ve bilhassa arz tâyininde ancak + 0."5 kadar bir sıhhat derecesi elde etmek kabil olmuştur.

Yüksek Jeodezi pratiğinde, astronomik zaman ve yer tâyininin çeşitli tatbikatı, yalnız ve ancak arzu edilen incelik dereceleriyle alâkalı bulunmaktadır. Bu sebeple nirengi zincirlerini, astronomik bakımdan, âzami bir incelikle sağlamak

¹ Sextant'lar olup, suni bir ufuk, dürbün büyültme kuvvetinin azlığı ve adese parlaklıklarının kâfi gelmeyişleri yüzünden, bu aletleri sıhhatli neticelerin istihsalinde kullanmak mümkün olmamıştır.

için, Laplace noktaları astronomik ölçülerinde kabili nakil aletlerin ve meselâ serbest objektif açıklıkları 6.5 ilâ 7 santimetre ve ufki tabla kuturları 21 ilâ 27.5 santimetre olan pasaj veya Üniversal teodoliti gibi aletlerin istimali şart koşulmuş olup, sıhhat dereceleri arz tâyininde, $m'' = +0.15$ ve tul tâyininde ise, $mL = +0.02$ olarak kabul olunmuştur.

Buna mukabil, şakul inhiraflarının tesbitinde., hemen verilen incelik derecelerinin âzami iki ilâ üç mislini almak zarureti vardır.

Bu sebeple bir taraftan nirengi şebekeleri ve astronomi noktalarının ölçülerinde membaları sistematik ve şahsi olan hataların yok edilmesini sağlamak, diğer taraftan da, oryantasyon ve lokasyonu kontrol eden şakul inhiraflarının yukarıda bahsi geçen hassasiyete uygun olabilmesini birlikte temin edebilmek için, arz, zaman ve semt ölçülerinden her birini aynı aletle ve aynı ölçülerle elde etmek yoluna gidilmesi mecburiyeti hâsıl olmuştur.

İlerde genel faydaları yazılacak olan bu metod yardımıyla, üç ölçüden ikisinin aynı zamanda, bir tek alet tarafından aynı incelikle bulunabilmesi şayanı tercih bir iş olarak anlaşılabilir.

A. *Üç eşit yükseklik problemine göre*, katî hesaplar Gauss'un istihraç ettiği ana formüllere göre icra edileceğinden,

Dekl ₁ ,	Dekl ₂ ,	Dekl ₃	Rasada alınan üç yıldızın, ölçü epoku için, deklinasyonlarını,
AR ₁ ,	AR ₂ ,	AR ₃	Rasada alınan aynı üç yıldızın, ölçü epoku için, rektasenzionlarını,
U ₁ ,	U ₂ ,	U ₃	Yıldız zamanına göre ayarlanmış bir kronometrede, bu üç yıldızın kıl geçiş anlarını,
t ₁ ,	t ₂ ,	t ₃	Rasada alınan yıldızların ölçü anlarındaki saat açılarını,
		Δu	Rasat epoku ortasına isabet eden ve sabit kabul edilen saat durumunu,
		φ	Rasat yerinin arzını,
		z	Rasada alınan üç yıldızın müşterek zenit mesafesini,

gösterdiklerini kabul edersek, kenar cosinüs teoremine göre, aşağıdaki münasebetleri yazabiliriz :

$\text{tg } \varphi = -A_1 \sin B_1 \sin (t_1 + t_2)/2 + \Delta u + A_1 \cos B_1 \cos (t_1 + t_2)/2 + \Delta u$
yazılır. Burada,

$$A_1 \sin B_1 = \sin(t_2 - t_1)/2 \cdot \cotg(\text{Dekl}_1 - \text{Dekl}_2)/2$$

$$A_1 \cos B_1 = \cos(t_2 - t_1)/2 \cdot \text{tg}(\text{Dekl}_1 + \text{Dekl}_2)/2$$

$$C_1 = (t_2 - t_1)/2 + B_1$$

$$\text{tg } \varphi = A_1 \cos(C_1 + t_1 + \Delta u) \dots \dots \dots (1)$$

bulunur.

Analog olarak,

$\text{tg } \varphi = -A_2 \sin B_2 \sin (t_1 + t_3)/2 + \Delta u + A_2 \cos B_2 \cos (t_1 + t_3)/2 + \Delta u$
yazılır. Burada da,

$$\begin{aligned}
 A_2 \sin B_2 &= \sin(t_3 - t_1) / 2 \cdot \cotg(\text{Dekl}_1 - \text{Dekl}_3) / 2 \\
 A_2 \cos B_2 &= \cos(t_3 - t_1) / 2 \cdot \tg(\text{Dekl}_1 + \text{Dekl}_3) / 2 \\
 C_2 &= (t_3 - t_1) / 2 + B_2 \\
 \tg \varphi &= A_2 \cos(C_2 + t_1 + \Delta u) \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

mevcuttur.

Burada A_1 ve A_2 değerlerinden faydalanarak öyle bir yardımcı açı z_0 bulunur ki, bu

$$\begin{aligned}
 \tg z_0 &= A_1 / A_2 && \text{olduğundan,} \\
 \tg(45^\circ - z_0) &= (A_2 - A_1) / (A_1 + A_2) && \text{olur.}
 \end{aligned}$$

O halde, $\tg s = \tg(45^\circ - z_0) \cdot \cotg(C_2 - C_1) / 2$ deyimini va'zederek, $s = (C_1 + C_2) / 2 + t_1 - \Delta u$ bulunur.

Buradan, $\Delta u = s - (C_1 + C_2) / 2 - t_1 \dots\dots\dots (3)$

elde edilir.

Yıldız müşterek zenit mesafeleri için de ayrıca,

$$\cos z = \sin \varphi \sin \text{Dekl} + \cos \varphi \cos \text{Dekl} \cos t \dots\dots\dots (4)$$

formülünden faydalanmak lâzımdır.

Coğrafya ekspedisyonlarında seyyahlar tarafından kullanılan bu usul, bilhassa 19. yüzyılda yapılan mahal ve zaman tâyinlerinde oldukça ehemmiyetli bir yer tutmuştur.

Misal olmak üzere, 1949 senesi 6/7 Ekim gecesi Ankara Çiftlik Tul Santralinde evvelâ tabla kutru 12.7 santimetre olan Tavistock Üversal teodolitinin bilâhara Wild T3 prizmalı astrolabın ölçü ve hesaplarını dercetmek, yazar tarafından faydalı görülmüştür.

Semt farkları 120° olan üç yıldız, yukarda bahsi geçen rasat yeri için, ayrıca hesaplanılan prizmalı astrolab, rasat programından alınarak, bu işte kullanılmıştır.

Bunlar 3 numaralı ana yıldız katalogunun yıldızları olup, koordinelerinde kısa periyodu ay terimleri ayrıca hesaplanarak, neticelere ithal edilmişlerdir.

30 derecelik müşterek zenit mesafesine getirilecek refraksiyon miktarı, normal barometre ve ısı kayıtlarıyla elde edilmiştir.

Takribi bir tul tâyin edebilmek için, rasatlar, ritmik zaman sinyalleri arasına alınmış ve ayrıca bunlardan elde edilen kronometre marşı, tulün hesaplanmasında doğrudan doğruya kullanılmıştır.

Rasatlar esnasında husule gelen muylu mihveri, tabla okumaları ve dürbün bükülmeleri hatalarıyla refraksiyon tesirleri, mertebelerinin küçük olmasından ötürü, istihsal olunan neticelerde nazarı itibara alınmamıştır. Çünkü verilen misalde, yalnız basit bir şekilde Gauss metodunun tatbikatını göstermek gayesi gözönünde bulundurulmuştur.

Yukarda bahsi geçen yıldızlar FK₃ yıldız katalogunun sırasıyla, 664, 743 ve 870 numaralı yıldızlardır. Bu yıldızlara ölçüler yapabilmek için, alet evvelâ kabaca meridyene sokulur ve ufki tablasında basit hesapla elde edilen kuzey noktası, bu tablanın sıfır taksimat çizgisine getirilir. Bilâhara yıldızlar, semtlerine göre ve

sırasıyla, dürbün kıl şebekesi birleşim noktasından geçtikleri anda ve yalnız Göz-Kulak metoduna sadık kalınarak, saat okumaları yapılır.

Yukarda verilen (2), (3) ve (4) numaralı formüllerden ve ölçülü neticelerinden faydalanarak, aşağıdaki neticeler elde edilmiştir :

Tarih : 6/7 Ekim 1949 Râsıt : Halim Ulutaş
 Ölçü yeri : Ankara Çiftlik Tul Santrali $t_n = -12^\circ$ Celsius
 Alet : Tavistock Üniversal $\phi = 12.7$ cm Barom = 698 mm
 Saat : Ulyse Nardin No. 2688 Kronometre $g_o = +0.158$

Yıldız No. 664	Yıldız No. 870	Yıldız No. 743
$U_1 = 18^h 37^m 40.8$	$U_2 = 20^h 47^m 00.52$	$U_3 = 21^h 21^m 20.51$
$AR_1 = 17 37 13.5$	$AR_2 = 23 01 20.7$	$AR_3 = 19 45 08.2$
$t_1 = +1 00 27.3$	$t_2 = -2 14 20.5$	$t_3 = +1 36 11.9$
$= + 15^\circ 06' 49.5$		

$$(t_2 - t_1)/2 = -1^h 37^m 23.9 = -24^\circ 20' 58.5$$

$$(t_3 - t_1)/2 = +0 17 52.3 = +4 28 04.5$$

$$Dekl_1 = 68^\circ 47' 03.2 \quad Dekl_2 = 27^\circ 48' 42.6 \quad Dekl_3 = 18^\circ 24' 36.4$$

$$(Dekl_1 - Dekl_2)/2 = 20^\circ 29' 10.3$$

$$(Dekl_1 + Dekl_2)/2 = 48 17 52.9$$

$$(Dekl_1 - Dekl_3)/2 = 25 11 13.4$$

$$(Dekl_1 + Dekl_3)/2 = 43 35 49.8$$

870—664

$\sin (t_2 - t_1)/2$	9.615 2164n
$\text{ctg} (Dekl_1 - Dekl_2)/2$	0.427 5641
$A_1 \sin B_1$	0.042 7805n
$\sin B_1$	9.865 4190n
B_1	$= 312^\circ 49' 00.2$
$\cos (t_2 - t_1)/2$	9.959 5407
$\text{tg} (Dekl_1 - Dekl_2)/2$	0.050 1080
$A_1 \cos B_1$	0.009 6487
A_1	0.177 3615
C_1	$= 288^\circ 28' 01.7$

743—664

$\sin (t_3 - t_1)/2$	8.891 5422
$\text{ctg} (Dekl_1 - Dekl_3)/2$	0.327 6358
$A_2 \sin B_2$	9.219 1780
$\sin B_2$	9.235 2614
B_2	$= 9^\circ 53' 52.7$
$\cos (t_3 - t_1)/2$	9.998 6782
$\text{tg} (Dekl_1 + Dekl_3)/2$	9.978 7241
$A_2 \cos B_2$	9.977 4023
A_2	9.983 9133
C_2	$= 14^\circ 21' 57.2$

TABLO - I

$(C_1 + C_2)/2$	$= 151^\circ 24' 59.4$
$(C_2 - C_1)/2$	$= -137 03 02.2$
z_o	$= 57 21 30.4$
s	$= -13 14 42.6$
$t_1 + \Delta u$	$= -164 39 42.0$
Epok $20^h 15^m$ için Δu	$= + 0 13 28.5 = + 54.50$
φ	$= 39^\circ 55' 46.4$
Refraksiyon dahil z	$= 30^\circ 00' 30.6$

dır.

Gauss'un metoduyla elde edilen neticelerin kısa münakaşası

Hesaplar neticesinde elde edilen rasat yeri arz değeriyle saat durumu kıymetleri, daha sonra verilecek olan cetvelde yazılı, Prizmalı Astrolab nihai değerleriyle göze çarpan farklar vermektedir. Wild T3 Astrolab ölçüleri esas kabul edildiği takdirde, bu farklar arzda -3.2 ve epoka göre hesaplanan durumda ise $+ 1.88$ olarak tesbit edilmiştir.

Bu sebeple üç eşit yükseklik metodundan faydalanarak ve küçük aletler istimal ederek sıhhatli bir şekilde ne arz ve ne de saat durumunu tâyin etmek kabildir.

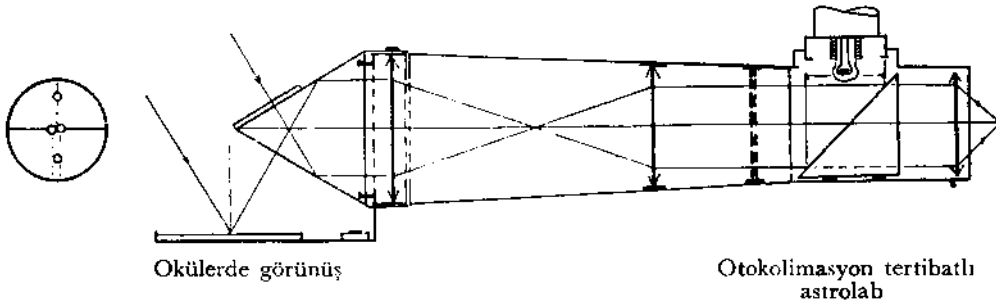
Belki rasatta kullanılan aletlerin ebatça büyük olmaları, sonuçların istihsalinde bir miktar daha hakikate yaklaşıtııcı olacaklardır, fakat ilerde görüleceği üzere, hataların büyük olması yine arzu edilen hudutlar dahilinde hiçbir zaman tatminkâr neticeler vermiyecektir.

Bu sebeple Gauss metodunun esaslarından istifade ederek, tekâmül ettirilmiş olan John Ball'un astrolab metodu ve bunun jeodezik alanda istimali gayet mufassal olarak aşağıda dercedilmiş bulunmaktadır.

B. Astrolabın tarifi ve ölçülerde kullanılışı.— Serbest objektif genişlikleri 40 ilâ 50 milimetre ve oküler büyültmeleri 40 ilâ 65 defa olan her hangi bir Üniversal teodolite, astrolab namı altında, ilâve edilecek optik bir prizma ve ayna takımı yardımıyla bugünkü jeodezik-astronomi sahasında, tabla kuturları 14 ilâ 21 santimetre olan birçok Üniversal teodolitlerle elde edilen astronomik değerlerden; sıhhat dereceleri itibariyle aşağı olmıyan durum ve arz tâyini kabildir.

Astrolablar genel olarak, rasatlarda istimal edilen aletin dürbünü önüne va'zedilen 60° açılı muntazam bir prizma ile buna bağlı bir civa ufkundan ibarettir.

Sözü geçen tertibat Şekil 1 de gösterilmiş olup, bu suretle rasat edilen gök cisminin, aynı vertikal düzlemde ve yekdiğerine karşı hareket eden birbirinden farklı iki ayrı resmi, daima alet okülerinde müşahede edilir.

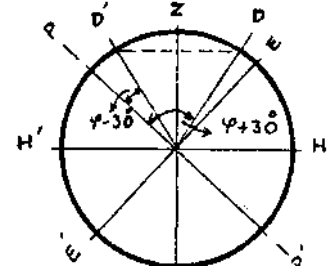


Şek. 1

Durum, arz ve prizma açıklığını hassas bir şekilde elde edebilmek için şekilden görüleceği üzere, iki ayrı yıldız resminin, birleşim anını gayet dikkatli ve oldukça sıhhatli tesbit etmek lâzımdır. Bu an, Göz-Kulak veya Taster metodlarından istifade ederek, birincide 0.1 ve ikincide 0.05 ve gayrı şahsi mikrometre kullanarak her hangi bir kronografa yazdırmak suretiyle, 0.01 doğrulukla tâyin ve tesbit edilebilir.

Serbest prizma açıklığının 60 derece olduğunu düşünerek $+36$ ilâ $+43$ arz derecelerindeki astrolab rasatları için en elverişli yıldız deklinasyon hudutları Şekil 2 nin tetkikinden açıkça görülmektedir.

Genel olarak, aletin meridyende bulunduğu kabul olunursa, 60 derecelik yükseklik açısına tekabül eden DD' ufuk paraleli ve bunu kesen yıldızların deklinasyonları, $\varphi - 30^\circ$ den büyük ve $\varphi + 30^\circ$ den küçük olacaktır.



Bu suretle memleketimiz için yıldız vasati deklinasyon hudutları,

$$10^\circ > \text{deklinasyon} > 70^\circ$$

kabul olunur.

Ölçülerin umumiyetle rasat yeri meridyeninin her iki tarafında, yani doğu ve batı olmak üzere ve kuzey ve güney yıldızları kullanarak ve ayrıca ufuk düzlemi dört kadrânında simetrik şekilde ifa edilmelerini şart koşturmak lâzımdır.

Bu suretle kenar cosinüs teoremine göre, malûm değerlerden istifade ederek kabaca yıldız rektasensiyon hudutlarını tâyin edebiliriz.

D ve D' noktaları, deklinasyon hudutlarını gösterdiklerinden, bu yerlere ait olacak saat açıları en küçük, yani sıfır ve = deklinasyon olduğu zaman, en büyük yani 3^h olacaktır. O halde kısaca,

$$\cos t = 0.8660 \sec \varphi \sec \text{Dekl} - \text{tg } \varphi \text{ tg Dekl} \dots \dots \dots (5)$$

formülünden istifade ederek, meridyenin doğusundaki yıldızlar için,

$$\Theta = AR - t$$

ve meridyenin batısındaki yıldızlar için de,

$$\Theta = AR + t$$

deyimlerini yazmak kabildir. Bu suretle yıldız rektasensiyon hudutları,

$$\Theta - 3^h > AR > \Theta + 3^h$$

olarak tesbit edilebilir.

Hemen bildirildiği üzere, rasat edilebilecek yıldızların deklinasyon ve rektasensiyon hudutlarını kısaca tâyin ve tesbit ettikten sonra, programı muhtelif arz derecelerine göre daha esaslî bir şekilde hazırlamak mümkündür. Bu sebeple (5) numaralı düsturdan faydalanarak, rasat yeri arziyle yıldız deklinasyon kıymetlerinin tahavvül ettirilmesiyile evvelâ saat açılarını ve bilâhara,

$$\sin A = \sec 60^\circ \cos \text{Dekl} \sin t \dots \dots \dots (6)$$

denkleminde istifade ederek yıldız semtlerini bulmak ve tabelâ haline koymak kabildir. Böylece, memleketimiz için hazırlanan yıldız saat açısı ve semt tabelâları rasatlarda kolaylık temini için aşağıda dercedilmiştir.

Yalnız rasada elverişli yıldızları, kullandığımız aletin büyültme kuvvetine göre intihap etmekteğimiz icabedeğinden, Wild T3 Üniversal teodolitinin, 40 defa büyülten oküleri sayesinde, kadirleri âzami 5 olan yıldızlara ölçüler yapmak mümkün olabildiği.

z = 30° için semt tabelası

z = 30° için saat açısı tabelası

φ φ -Dekl	36°	38°	40°	42°	44°
+ 28°	23.9	24.1	24.4	24.7	25.0
+ 26	34.0	34.4	34.7	35.1	35.5
+ 24	41.9	42.3	42.8	43.3	43.8
+ 22	48.7	49.2	49.7	50.3	50.9
+ 20	54.7	55.3	55.9	56.6	57.3
+ 18	60.3	60.9	61.6	62.3	63.0
+ 16	65.6	66.2	66.9	67.6	68.4
+ 14	70.5	71.2	72.0	72.8	73.6
+ 12	75.4	76.1	76.8	77.6	78.5
+ 10	80.0	80.7	81.5	82.3	83.2
+ 8	84.4	85.2	86.0	86.9	87.8
+ 6	88.7	89.5	90.4	91.3	92.2
+ 4	93.0	93.8	94.7	95.6	96.6
+ 2	97.2	98.0	98.8	99.7	100.7
0	101.3	102.1	103.0	103.9	104.9
- 2	105.3	106.2	107.1	108.0	109.0
- 4	109.3	110.2	111.1	112.1	113.1
- 6	113.3	114.2	115.1	116.1	117.1
- 8	117.3	118.2	119.1	120.1	121.1
- 10	121.3	122.2	123.1	124.1	125.1
- 12	125.4	126.3	127.2	128.1	129.1
- 14	129.5	130.3	131.2	132.2	133.2
- 16	133.7	134.5	135.3	136.2	137.2
- 18	137.9	138.7	139.5	140.4	141.3
- 20	142.3	143.0	143.8	144.6	145.5
- 22	146.9	147.6	148.3	149.1	149.9
- 24	152.0	152.6	153.2	153.9	154.7
- 26	157.8	158.4	159.0	159.6	160.3
- 28	164.4	164.8	165.2	165.7	166.2

φ φ -Dekl	36°	38°	40°	42°	44°
+ 28°	0 ^h 47 ^m	0 ^h 48 ^m	0 ^h 49 ^m	0 ^h 50 ^m	0 ^h 51 ^m
+ 26	1 06	1 07	1 08	1 09	1 11
+ 24	1 20	1 21	1 23	1 24	1 26
+ 22	1 31	1 33	1 35	1 37	1 39
+ 20	1 41	1 43	1 45	1 47	1 50
+ 18	1 49	1 51	1 53	1 56	1 59
+ 16	1 56	1 58	2 01	2 04	2 07
+ 14	2 02	2 05	2 08	2 11	2 14
+ 12	2 08	2 11	2 14	2 17	2 21
+ 10	2 12	2 15	2 19	2 23	2 28
+ 8	2 17	2 20	2 24	2 28	2 33
+ 6	2 21	2 25	2 29	2 33	2 38
+ 4	2 24	2 28	2 32	2 37	2 42
+ 2	2 27	2 31	2 35	2 40	2 45
0	2 29	2 33	2 38	2 43	2 49
- 2	2 31	2 35	2 40	2 45	2 51
- 4	2 32	2 36	2 41	2 47	2 53
- 6	2 32	2 37	2 42	2 48	2 55
- 8	2 32	2 37	2 43	2 49	2 56
- 10	2 32	2 37	2 43	2 49	2 56
- 12	2 30	2 36	2 42	2 48	2 55
- 14	2 28	2 33	2 40	2 46	2 54
- 16	2 24	2 30	2 36	2 43	2 51
- 18	2 19	2 25	2 31	2 38	2 46
- 20	2 13	2 19	2 25	2 32	2 40
- 22	2 04	2 10	2 16	2 23	2 31
- 24	1 52	1 57	1 64	1 71	1 79
- 26	1 35	1 40	1 46	1 53	1 60
- 28	1 11	1 15	1 20	1 25	1 31

Alet ve prizmanın ayarı

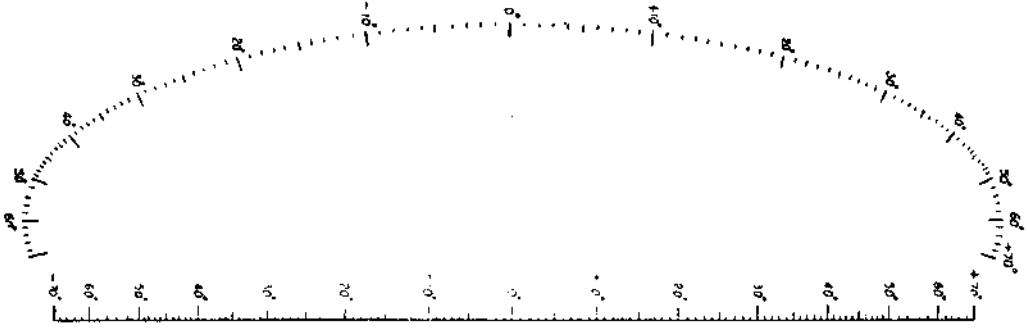
Teodolit ufki bir tesviye ayarına tabi tutulduktan sonra, rasat için semt ve zenit mesafesi daha evvelden hesap edilen her hangi bir kutbi yıldız veya bu iş yapılmadığı takdirde, bilhassa Polaris'e tevcih edilir. (Tevcih koordinelerinin ne kadar bir sıhhat derecesinde hesap edilmelerine dair, yukarda bilgi verilmiştir.)

Bilâhara dürbün, önüne bağlı ve bir tarafa çevrilmiş astrolab prizmasıyle, takriben ufki bir vaziyete getirilerek, şakuli daire umumi kenetleme vidası sıkıca bağlanmalıdır.

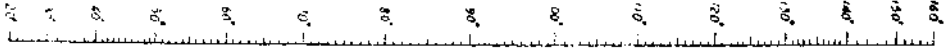
Bir taraftan astrolabın objektif tarafındaki yatağında sola veya sağa çevrilererek, mümkün merteye kenetlenmesi ve diğer taraftan da şakuli daire hareketi hususiye vidasının hafif hafif döndürülmesiyle, prizmaya bağlı küresel tesviye ruhlusu esas hudutları içerisine alınır.

Bundan sonra umumi hareket vidası gevşetilir ve dürbün bir elle 30 derece yukarı doğru kaldırılırken, diğer elle de objektif başına bağlı bulunan astrolabın düşmemesine dikkat edilmelidir.

COĞRAFÎ ARZ DERECE OLARAK



DEKLİNASYON DERECE OLARAK



30 DERECELİK ZENİT - MESAFESİ İÇİN YILDIZ SEMTİ

30 derecelik zenit - mesafesi için yıldız semtleri nomogramı

30 derece yukarı kaldırılmış bulunan dürbün, bilâhara şakuli daire hareketi umumiye vidası yardımıyla dürbün muylusuna tekrar bağlanır. Bu esnada, prizmanın serbest bulunan kenan, astrolabın objektife bağlanmasına yardım eden hususi vidayla takriben ufki bir vaziyete sokulmalıdır.

Bu ameliyelerden sonra, prizmanın üst ve alt tarafı gayet güzel temizlenerek, daha evvel silinmiş bir vaziyette hazır bulunan ayar aynası, çok büyük bir maharet ve çok hafif bir tazyikle bahsi geçen üst yüze kaydırılarak güzelce yapıştırılmak, menşur ve aynanın ön kenarları birbirlerine denk getirilmelidir.²

Daha sonra dürbün oküleri alınarak mevcut otokolimasyon tertibatı konulmalıdır, yani monte edilmelidir.³

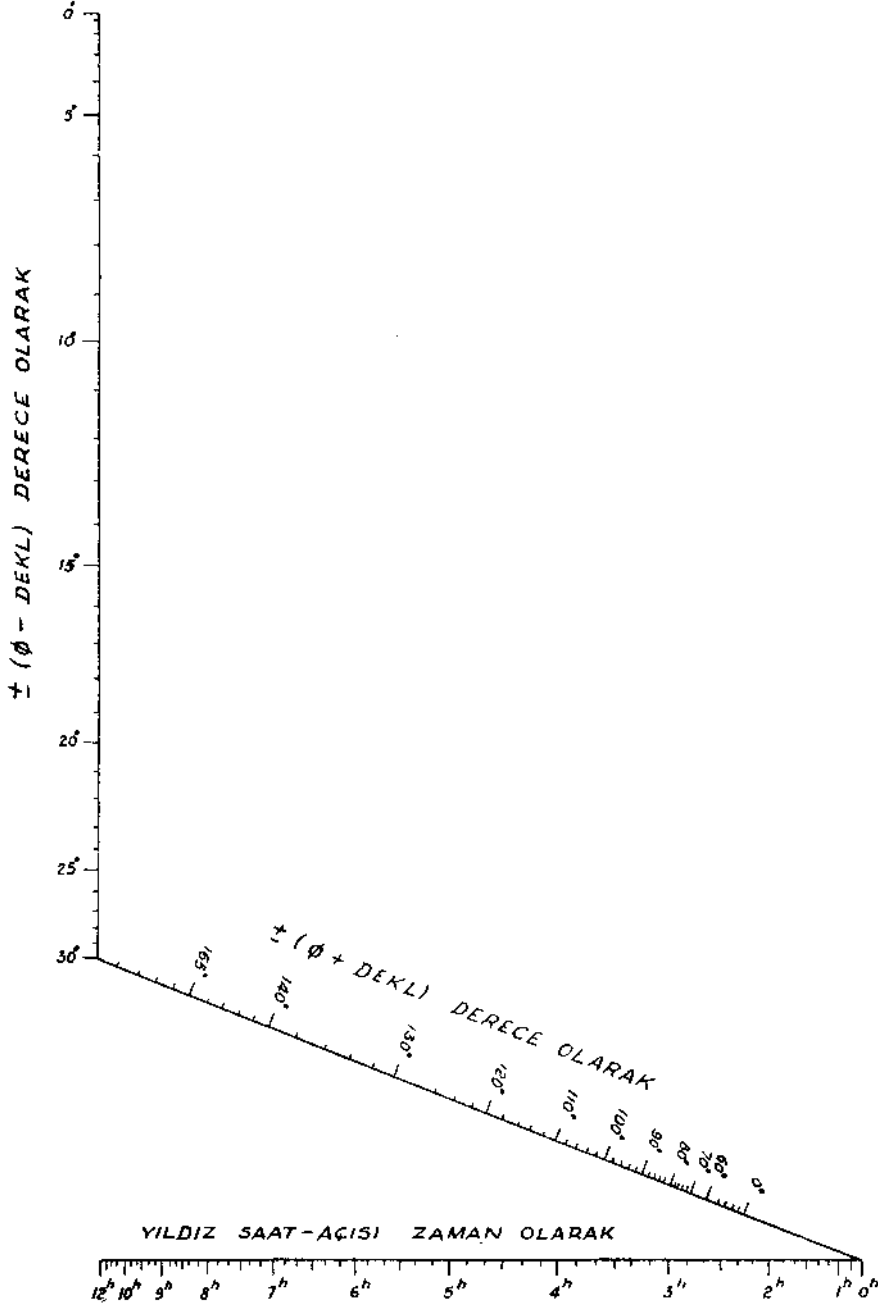
Bu tertibatın yardımcı okülerinde, dürbün kıl şebekesine gayet keskin olarak tatbik edildikten sonra, ayar aynasındaki akisten dolayı bunun ikinci zayıf görünen resmi ya tamamıyla belli olacak veya görülmediği takdirde, bir elle menşur bağlantısı kavranmış olarak, objektife gayet hafif bir tazyik yapıldığında sözü geçen şebeke resmi hemen kendini belli edecektir.

Aletin bu vaziyetinde, astrolabın önünde bulunan üç ayar vidasının mütevazin bir surette çevrilmeleriyle zayıf görünen ikinci kıl şebekesi, esas kıl şebekesine tam mânasiyle tatbik edilmelidir.

Bu işin hitamında dürbün tekrar ufki vaziyete alınır ve şakuli daire hareketi hususiye vidası ve tesviye ruhlusu vasıtasıyla bu iş hassasiyetle ikmal edilir.

² Her iki satıh adhezyon hassasından dolayı, birbirleri üzerine gayet güzel intibak ederek, ayarda bir takım optik hataların zuhuruna mâni olurlar.

³ Esas dürbüne ya doğrudan doğruya veya karşısına konulmak üzere, mevcut diğer basit bir dürbüne otokolimasyon tertibatı denir.



30 derecelik zenit - mesafesi için yıldız saat açıları nomogramı

Nihayet, prizmanın üzerine yapıştırılmış bulunan ayar aynası kaldırılarak, şakuli dairede ya 90 derece veya 0 derece kıraati yapılmalıdır. Çünkü bu suretle, dürbünün hakikaten ufki olduğuna kanaat getirilebilir.

Ayarı bitirilen aletin rasada hazırlanması için, evvelâ otokolimasyon tertibatı sökölür ve yerine aletin en çok büyütmesi olan oküleri takılır. Bilâhara astrolab tabağına hemen kenarına gelinciye kadar kâfi miktar civa doldurulur ve sathı

daima döndürülerek karıştırılan bir cam çubukla temizlenir ve üzeri, rüzgâr ve tozu vikaye eden kapakla süratle örtülür. Bu suretle, alet ayarları nihayete ermiş bulunan takım rasada hazır bir vaziyete sokulmuş olur.

Ankara Çiftlik Tul Santral noktası için hazırlanan astrolab rasat programından bir kısmı

$\eta - 39^\circ$ (kuzey)

$\eta - 38^\circ$ (kuzey)

A	θ	Kat.	mag.	No.	AR
309° 00'	17 ^h 00 ^m	FK3	4.1	19467	14 ^h 23 ^m
349 30	2	Bos	5.4	21699	16 06
65 15	3	FK3	3.0	27347	19 43
281 45	5	FK3	3.0	19607	14 30
81 00	9	FK3	5.0	27328	19 42
225 00	9	FK3	3.7	21194	15 43
324 30	9	FK3	5.7	20012	14 50
252 15	11	FK3	5.0	20340	15 05
4 15	12	FK3	4.9	Drac.	17 38
101 30	14	Bos	3.2	26953	19 28
257 00	15	Bos	4.7	20285	15 02
294 15	17	FK3	5.4	19747	14 37
191 00	19	FK3	3.4	Ophi.	16 55
109 00	21	Bos	4.6	26904	19 26
226 00	21	Bos	3.9	21408	15 54
234 00	26	FK3	4.3	21255	15 46
62 15	32	FK3	4.0	28099	20 12
137 30	35	FK3	4.2	Aqul.	18 57
167 30	38	Bos	3.7	Ophi.	18 04
271 15	40	FK3	3.5	20523	15 13
264 30	42	Bos	5.1	20696	15 21
75 15	43	FK3	2.3	28338	20 20
256 15	44	FK3	2.3	20947	15 32
262 00	44	FK3	3.7	20795	15 25
323 45	44	Bos	3.5	20747	15 24
142 15	49	FK3	3.0	Aqul.	19 02
279 45	56	FK3	4.5	20724	15 22
65 15	59	FK3	1.3	Cygni	20 39

A	θ	Kat.	mag.	No.	AR
53° 30'	17 ^h 00 ^m	FK3	4.6	27141	19 ^h 35 ^m
326 30	1	FK3	5.7	20012	14 50
283 15	4	FK3	3.0	19607	14 30
64 00	6	FK3	3.0	27347	19 43
79 30	10	FK3	5.0	27328	19 42
99 45	13	Bos	3.2	26953	19 28
254 00	13	FK3	5.0	20340	15 05
228 15	14	FK3	3.7	21194	15 43
295 00	14	FK3	5.4	19747	14 37
259 00	16	Bos	4.7	20285	15 02
107 15	19	Bos	4.6	26904	19 26
159 00	21	Bos	3.7	Ophi.	18 04
229 00	26	FK3	3.9	21408	15 54
134 15	30	FK3	4.2	Aqul.	18 57
236 30	30	FK3	4.3	21255	15 46
60 30	34	FK3	4.0	28099	20 12
200 15	36	Bos	3.4	Ophi.	16 55
287 30	36	Bos	3.6	20226	15 00
334 30	37	FK3	5.1	21246	15 46
138 30	42	Bos	3.0	Aqul.	19 02
223 15	44	FK3	4.5	Hercl.	16 22
263 45	44	FK3	3.7	20795	15 25
73 45	45	FK3	2.3	28338	20 20
258 30	45	Bos	2.3	20947	15 32
40 30	49	FK3	4.3	Cygni	20 12
126 30	55	FK3	4.5	27236	19 38

FK3: Fundamental Katalog 3 Berliner
Astronomisches Jahrbuch.

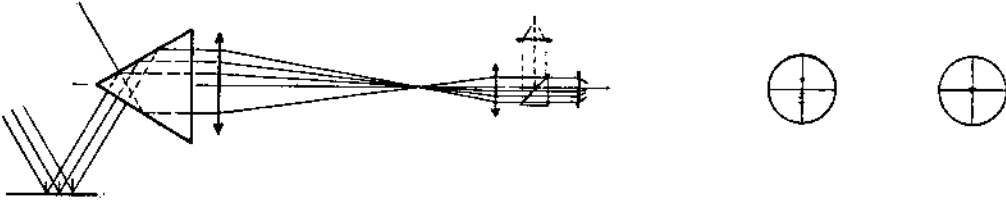
Bos.: Bossische Fundamental Katalog.

Rasatların icrası

Programa alınan bir yıldız rasat yapmak arzu edildiği zaman, evvelâ bu yıldızın daha evvel hazırlanmış bulunan koordinelerini, yani semt, zenit mesafesi ve saat açısını, alet ve saatte tesbit etmek ve bilâhara yıldızın dürbün içerisine girişini beklemek lâzımdır.

Sahai rüyete giren her yıldızın mutlak surette iki resmi görülür ki, hareket eden her iki şekil aynı ufki çizgi üzerinde birbirleri hizasından geçtikleri zaman, yani koinsidens yaptıkları vakit⁴, bu an O.l sıhhatle râsıt tarafından kaydedilmelidir (Şek. 4).

⁴ Yıldızın hareketi prizmanın objektif kenarına gelen tarafından serbest bulunan tarafına kadar uzadığından, Şekil 4 den görüleceği üzere, koinsidens ancak ve ancak serbest bulunan kenarın faslı müşterekine kadar olacaktır.



Şekil - 4

Mezkûr birleşim, sahai rüyetin tam orta yerinde olmalıdır ve bu şarttır. Yapılmadığı takdirde, yani bir üst veya altta vâkı olursa, dürbünü süratle ve şakuli daire hareketi hususiye vidası vasıtasıyla biraz yukarı veya aşağı almak lâzımdır. Koinsidensin, sahai rüyetin sağ veya sol tarafında vâkı olduğu görülürse, bu takdirde ufki daire hareketi hususiye vidasıyla, aleti bir miktar doğuya veya batıya almak icabeder.

Bundan başka her iki resmin aynı vertikal düzlem dahilinde hareket etmeyişi nazarı dikkati celbederse, bu takdirde astrolabın üst tarafında bulunan ince hareket vidasıyla bir miktar prizma tashihi yapmak lâzımdır.

Böylece, arzu edilen şekil hemen elde olunduktan sonra, yukarda bahsi geçen birleşimler her yıldız için tesbit edilir.

Daha evvelde bahsedildiği veçhile, saat durumunu +0.1 saniye sıhhatle elde edebilmek için, dörtlü ve bazı ahvalde üçlü grup yıldızlara rasat edileceği ve bunların ya dörder dörder ufuk düzleminin dört kadranında arka arkaya veya üçer üçer ufuk düzleminin üç tek kadranında, yine arka arkaya ölçülerinin yapılması icabettir. Yalnız ehemmiyetli olan şey, alet kuzey-güney istikametinin $\frac{1}{2}$ kavis dakikası sıhhatle tesbiti yapılarak, yıldız semtlerini ufki tablada buna göre bağlamaktan ibarettir.

Yıldız semtinin saygı başlangıcı, ufuk düzleminin kuzey noktasından başlar ve saat ibresinin hareket istikametinde 360 dereceye kadar çoğalarak kıymetler alır.

Not : Ufuk düzleminde daima 60 derece yükseklikte bulunan yıldızlara bakılacağından, alet evvelâ yıldızın semtine getirilir ve gök cisminin dürbün içine girmesi beklenebilir.

Ölçülere aldığımız yıldız gruplarında birbirlerini tâkibeden yıldızların semt farkları 90 ar derece olmalı veya bazı sebeplerden ötürü, 120 derecelik semt farkları da kabul edilmelidir.

Dr. John Ball'un grafik hesap usulü

Rasat yer arz değeriyle saat-durumunun hesabı gayet pratik bir metod olan Dr. John Ball'un usulüyle ifa edilecektir. Bu sebeple, rasat edilen yıldızlar, gruplar halinde ve her grupta mutlak surette birer NE, SE, SW ve NW yıldızların bulunmak üzere ayrılırlar. Bilâhara grafik bir şekil yardımıyla, Δu , $\Delta \varphi$ ve Δz doğruluk miktarları elde olunur. Eğer,

- φ_0 : Rasat yeri takribî arz değerini,
- Z : Yıldız zenit mesafesini, (yani $30^\circ +$ refraksiyon kıymetini),
- AR : Yıldız rektasenziyonunu,
- Dekl : Yıldız deklinasyonunu

gösterirlerse, yıldız saat açısının hesabı, kenar cosinüs teoremine göre,

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \text{Dekl} + \cos \varphi \cos \text{Dekl} \cos t \text{ dir.}$$

burada $(\cos t)$ yerine

$$\cos t = 1 - 2 \sin^2 t/2 \text{ va'zederek}$$

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \text{Dekl} + \cos \varphi \cos \text{Dekl} (1 - 2 \sin^2 t/2) \text{ yazılır.}$$

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \text{Dekl} + \cos \varphi \cos \text{Dekl} - 2 \cos \varphi \cos \text{Dekl} \sin^2 t/2$$

Burada, $\cos (\varphi - \text{Dekl}) = \sin \varphi \sin \text{Dekl} + \cos \varphi \cos \text{Dekl}$ olduğundan,

$$\cos Z - \cos (\varphi - \text{Dekl}) = - 2 \cos \varphi \cos \text{Dekl} \sin^2 t/2 \text{ bulunur.}$$

Bilâhara,

$$\cos Z - \cos (\varphi - \text{Dekl}) = - 2 \sin (Z + \varphi - \text{Dekl})/2 \cdot \sin (Z - \varphi + \text{Dekl})/2$$

deyimini koyarak,

$$\sin^2 t/2 = \sec \varphi \sec \text{Dekl} \sin (Z + \varphi - \text{Dekl})/2 \cdot \sin (Z - \varphi + \text{Dekl})/2 \text{ bulunur.}$$

Ayrıca,

$$2 S = Z + \varphi + \text{Dekl} \text{ kabul ederek,}$$

$$\sin^2 t/2 = \sec \varphi \sec \text{Dekl} \sin (S - \varphi) \sin (S - \text{Dekl}) \dots \dots \dots (7)$$

elde edilir. Daha evvel de bildirildiği üzere,

$$\Theta = AR \pm t = U_0 + \Delta u = U; \quad \begin{array}{l} (+) \text{ yıldız doğuda} \\ (-) \text{ yıldız batıda} \end{array}$$

oldüğundan,

$$\Delta u = AR \pm t - U_0 \dots \dots \dots (8)$$

elde olunur.

Bu suretle, (8) deyimine göre hesaplanan Δu ları grafik bir muvazeneye tabi tutarak, meseleyi kısaca şöyle halletmek icabeder.

Hesap kâğıdı üzerine doğu-batı istikametinde bir doğru çizilir. Bu doğru, rasat yeri arzının φ_0 takribi değerine tekabül eder. Eğer takribi arz ve zenit mesafesinin bir ilâ iki kavis saniyesi sıhhatle bilindiğini kabul edersek, 1 santimetreyi bir kavis saniyesi ve 1 zaman saniyesini $d = 15 \cos \varphi_0$ m e t r e uzunluğunda almak icabeder.

Eğer takribi değerler oldukça kaba olarak mevcutsalar, bu takdirde, şeklin büyük olmaması için ölçeği daha küçük tutmak lâzımdır.

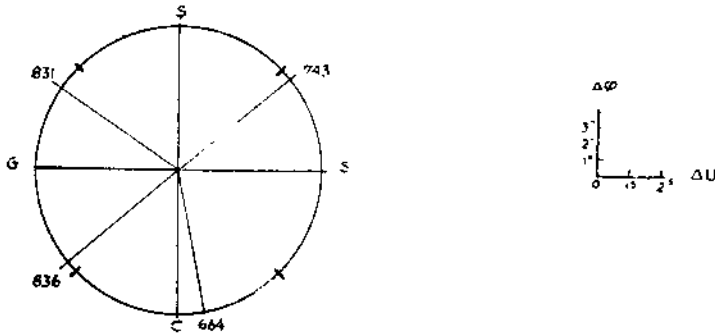
Yukarda izah edilen bilgilerden faydalanarak, sözü geçen ufki doğru,, mikyas üzere ve zaman saniyesinin $1/10$ i uzunluğunda eşit kısımlara ayrılır.

Durumların işareti pozitif ise, bu hat soldan sağa doğru, negatif ise, sağdan sola doğru taksimatlandırılmalıdır. (Bunun için hesaplanan durumların işaretlerine bak)

Bilâhara durumlar büyüklük sırasıyla bu hat üzerine yerli yerine işaretlenir. Her Δu noktasından bu doğruya çıkılan dikler, kuzey-güney istikametini gösterdiklerinden, yıldız semtleri bu istikametlere göre, minkale ile resmedilerek, yine bu Δu noktalarından hemen resmedilmiş bulunan yıldız semtlerine çıkılan dikler bu sefer bahsi geçen yıldızların vaziyet doğrularını gösterirler.

Not : Gökyüzünün ani bulutlanma veya sis ve puslanması veya zikredilen metodun başka bir metodla kontrolü bakımından, yıldızlar ufuk düzleminin üzerinde birbirlerinden 120 şer derece semt farklı olarak, rasat programına ithal edilebilirler. Bu takdirde elde edilecek kıymetlerin vezinleri, 90 ar derece semt farklı olanlara nazaran, düşük olacaktır.

Semt istikametleri, birbirinden takriben 180 derece farklı bulunan yıldızlara birer astrolab çifti denildiği için, herbir çifte tekabül eden yıldız vaziyet doğrularının ortalarından çıkılan diklerin, küçük bir hata üçgeni ile kapanışı, ölçülerin sağlamlığını ve iyi yapılmış olduğunu ifade eder. Bu birleşim bir nokta olarak kabul olunduğu takdirde, bunun doğu-batı ve kuzey-güney koordine eksenleri üzerindeki izdüşümleri, istenilen saat durumu ve rasat yeri arz değerlerinin doğruluk miktarlarını verecektir. Diğer taraftan bu noktadan, yıldız vaziyet doğruları üzerine indirilen diklerin boylarının vasatileri, kuzey-güney eksenini taksimat birimi cinsinden sayılarak, bize ya şakuli açı veya zenit mesafesine getirilecek tashih miktarını doğrudan doğruya verecektir (Şek. 5a).



Şek. 5a

Doğruluk miktarlarının işaretleri

Koordine mihverlerinin merkezî rasat yeri, arz değeri ile saat durumunun iyi takribi kıymetlerine tekabül eder. Bu vaziyete göre,

- Δu lar pozitif olarak büyüyor veya küçülüyorsa, grafikte yerleri merkezin daima sağındadır. Negatif olarak büyüyen veya küçülen Δu lar da, merkezin daima solunda yerlendirilirler.
- Doğu-batı ekseninin üstündeki $\Delta\phi$ lerin işaretleri pozitif, altındakilerin ise, negatif olarak kabul olunurlar.
- Δz lerin işaretleri, vaziyet doğruları üzerine çizilen astrolab çiftleri, semt istikametlerinin (her semt istikameti küçük oklarla gösterilir) cihetleri, O noktasına doğru yaklaşıcı veya uzaklaşıcı olduğuna göre, tesbit edilir. Oklar O ya yaklaşıcı ise Δz nin işareti negatif, uzaklaşıcı ise pozitif olarak kabul olunurlar.

Hakikî prizma açıklığının hesabı

Şekil 1 den görüleceği üzere, bu açı, objektife dayanan astrolab tabanının karşısındaki prizma başı açıklığı olup, büyüklüğü 60 derecedir. Bunun bir Ball

grupu rasatlarından elde edilecek kıymeti, grafikten alınan Az ortalamalarının, refraksiyon tashihi görmüş zenit mesafesine eklenmesiyle, kabildir (Tablo III).

Misal :

Rasat Programı

Yıldız	Cihet	Mag.	AR	Dekl.	Semt	U _o
664 FK3	SE	4.9	17 ^h 37 ^m 13.50	+68°47'03.2"	169°01'	18 ^h 38 ^m
836 »	SW	3.6	22 09 07.11	+57 57 20.0	229 32	19 37
831 »	NW	4.0	22 04 40.64	+25 06 02.8	294 20	19 59
743 »	NE	3.9	19 45 08.18	+18 34 36.4	50 45	21 21

Rasat yeri : Ankara Çiftlik Tul Santrali

Râsıt : Kasım Yaşar

$\varphi_0 : +39^{\circ}55'43''$

Alet : No. 13658 Wild T3 Astrolab

Z : 30 00 30.6

Tarih : 6/7 Ekim 1949

L_o : - 2^h11^m09.7

Rasat epoku : 19^h54^m

(epok 13^h06^m)

$\Delta u_0 : + 54.8$

Barometre : 698 mm

(GBR¹²-GBR²¹)

$g_0 : + 158$

Termometre : +12° Celsius

Saat açıları ve muvakkat durumların hesapları

İşaret	664	836	831	743
cos Z sec φ	0.052 7868	0.052 7868	0.052 7868	0.052 7868
sec Dekl	0.441 4339	0.275 2512	0.043 0813	0.022 8160
I	0.494 2207	0.328 0380	0.095 8681	0.075 6022
I =	3.120 4748	2.128 2902	1.247 0046	1.190 1503
II = -	2.156 0980	- 1.337 1348	- 0.392 0832	- 0.278 5897
cos t =	0.964 3768	0.791 1554	0.854 9214	0.911 5606
t° =	15° 20' 20.8"	37° 42' 23.0"	31° 14' 56.2"	24° 16' 41.0"
tg φ	9.922 7143	9.922 7143	9.922 7143	9.922 7143
tg Dekl	0.410 9542	0.203 4609	9.670 6640	9.522 2508
II	0.333 6685	0.126 1752	9.593 3783	9.444 9651
E - AR =	17 ^h 37 ^m 13.50	22 ^h 09 ^m 07.11	22 ^h 04 ^m 40.64	19 ^h 45 ^m 08.18
W \mp t = +	1 01 21.39	- 2 30 49.53	- 2 04 59.75	+ 1 37 06.73
AR \mp t =	18 ^h 38 ^m 34.89	19 ^h 38 ^m 17.58	19 ^h 59 ^m 40.89	21 ^h 22 ^m 14.91
U =	18 37 38.79	19 37 21.88	19 58 45.29	21 21 18.95
Δu = +	55.93	+ 55.70	+ 55.73	+ 55.96

Elde edilen hassasiyetin saat durumu ve dolayısıyla tulde arzu edilen hudutlar dahilinde kaldığı, fakat buna mukabil arz ve zenit mesafeleri arasındaki farkların bir miktar fazla olduğu ve bunun da bilhassa Niethammer usulüne göre tertip olunan programdaki 639 numaralı yıldızın rasadında normal barometre ve ısı kıymetlerinin birdenbire sıçramasından ve 831 numaralı yıldız (—1} kıymetinin, diğerlerine nazaran büyük olmasından ileri geldiğini hemen farketmek kabildir.

Her iki usule göre tertiplenen program yıldızlarının bazıları; grafik usulde, bulut örtmesi, fazla rüzgâr ve tozdan dolayı iyi neticeler vermediğinden bilhassa semt farklarını 90 ar derece olarak tutmak mümkün olamamıştır. Böylece birbirini tâkibeden ve örten, dörtlü iki grupu her iki usulde de kullanma ve normal bir mukayese, yazarın arzusu haricinde kalmıştır.

Yazarın esas maksadı, bilinen usulleri basit bir şekilde mukayese ettikten sonra, kendi rasat ve hesap usulüne göre bulduğu neticeleri astrometrik yünden en ince detaylara kadar açıklamak olacaktır.

Dr. Niethammer'in muvazeneli usulü

Alet ve rasat yerine ait takribî değerlerden istifade ederek, doğruluk miktarlarının elde edilebilmesi için, aşağıda verilecek olan teorik bilgilere ihtiyaç vardır.

Z, rasat edilen gök cisminin ufki kılı geçiş anında refraksiyonun vertikal değişimlerini taşımayan zenit mesafesinin sabit bir kıymeti olduğu nazarı itibara alınır ve dr miktarı da ölçü anı için zenit mesafesine değerlenen ortalama refraksiyon kıymetine getirilecek bir tashih olarak kabul olunursa, hakikî zenit mesafesini kısaca,

$$Z' = Z + \text{Ref}_0 + dr \text{ deyimiyle göstermek kabildir.}$$

Burada, $Z'' = Z + \text{Ref}_0$ kabul edilerek aynı ifadeyi bu sefer de,

$$Z' = Z'' + dr \text{ şeklinde yazabiliriz.}$$

Ayrıca takribî değerlerle hakikî değerler arasında aşağıdaki münasebetleri de yazabiliriz. Bunlar,

$$\begin{aligned} Z'' &= Z_0'' + dz \\ \varphi &= \varphi_0 + d\varphi \dots\dots\dots (9) \\ \Delta u &= \Delta u_0 + d\Delta u \end{aligned}$$

dır.

O halde, (4) numaralı denklemden (9) daki deyimler yerlerine konarak ve mevcut takribî değerler ve doğruluk miktarları cinsinden bu yeni şekli, zenit mesafesi arz ve saat açısının kısmî türevlerine göre,

$$\cos Z_0'' - \sin \varphi_0 \sin \text{Dekl}_0 - \cos \varphi_0 \cos \text{Dekl}_0 \cos t_0 + \cos \varphi_0 \sin Z_0'' \sin A_0 dt - \sin Z_0'' \cos A_0 d\varphi - \sin Z_0'' (dz + dr) = 0 \dots\dots\dots (10)$$

deyimiyle göstermek kabildir. Bu denklemin ikinci ve üçüncü terimleri toplamı yerine, $\cos Z_0$ ifadesini yazmak kabildir.

Burada, evvelâ $dt = d\Delta u$ olduğunu düşünerek, $\cos Z_0$ deyimini de yerine va'zederek,

$$\cos Z_0'' - \cos Z_0 + \cos \varphi_0 \sin Z_0'' \sin A_0 d\Delta u - \sin Z_0'' \cos A_0 d\varphi - \sin Z_0'' (dz + dr) = 0$$

ifadesini bulmak kabildir. Halbuki bu deyimde,

$$\cos Z_0'' - \cos Z_0 = -2 \sin (Z_0'' + Z_0) / 2 \cdot \sin (Z_0'' - Z_0) / 2$$

olduğundan ve Z_0'' ile Z_0 arasındaki farkın çok küçük bir miktara balığ olmasından; her iki cosinüs farkını kısaca,

$$\cos Z_0'' - \cos Z_0 = (Z_0 - Z_0'') \sin Z_0''$$

deyimiyle gösterebiliriz. Bunu (10) da yerine koyarak,

$$(Z_0 - Z_0'') \sin Z_0'' + \cos \varphi_0 \sin A_0 \sin Z_0'' d\Delta u - \cos A_0 \sin Z_0'' d\varphi - \sin Z_0'' (dz + dr) = 0$$

elde edilir.

Bu denklemin her iki tarafını $\sin Z_0''$ ile bölersek,

$$\cos \varphi_0 \sin A_0 d\Delta u - \cos A_0 d\varphi + Z_0 - Z_0'' - dz - dr = 0 \quad \text{bulunur.}$$

Burada,

$$Z_0 - Z_0'' - dr = l \quad \text{kabul edildikte,}$$

$$dz + \cos A_0 d\varphi - \cos \varphi_0 \sin A_0 d\Delta u - l = v \dots\dots\dots (11)$$

hata denklemini yazmak kabildir.

Not : (11) numaralı denklemdaki v ler, kareleri toplamı bir minimum olan, ölçü hataları olarak kabul edilmişlerdir.

Yıldız rektasenzionlarına getirilecek olan aberasyon doğruluğunu ayrıca saat durumunda nazarı itibara almak icabettiğinden, bunu kısaca,

$$d\Delta u = d\Delta u_0 - 0^s.021 \cos Z_0''$$

formülüyle ifade ederek katî hesaplar için cari olan hata denklemini, bu sefer

$$dz + \cos A_0 d\varphi - \cos \varphi_0 \sin A_0 d\Delta u_0 - l = v \dots\dots\dots (12)$$

ile belli edilir.

Şimdi meselenin pratik çözümüne ve misal olmak üzere, 6/7 Ekim 1949 gecesine ait astrolab rasatlarının mufassal bir şekilde kıymetlendirilmesine geçelim.

Rasat Yeri :	Ankara Çiftlik Tul Santrali	$\varphi_0 = +39^{\circ}55'43''$
Alet :	No. 13658 Wild T3 Astrolab	$Z_0'' = 30^{\circ}00'30''$
Râsıt :	Kasım Yaşar	$L_0 = -2^h11^m09^s.7$
Tarih :	6/7 Ekim 1949	
Rasat epoku :	$19^h58^m.3$	(epok 13^h06^m) için $\Delta u_0 = + 54^s.8$
Barometre :	696.5 mm	(GBR ¹² — GBR ²⁰) den $g_0 = + 0^s.158$
Termometre :	$+13^{\circ}.0$ Celsius	

Misal :

Rasat programı

Yıldız	Cih.	Mag.	AR	Dekl.	Semt	U	t
664 FK3	SE	4.9	17 ^h 37 ^m 13.50	+68°47'03.2	169°01'	18 ^h 37 ^m 38.79	+1 ^h 01 ^m 21.39
639 »	SE	3.2	17 08 37.02	+65 46 45.1	158 13	18 55 11.86	+1 47 30.56
831 »	NW	4.0	22 04 40.64	+25 06 02.8	294 20	19 58 45.29	-2 04 59.75
676 »	SE	2.4	17 55 25.56	+51 29 48.6	126 16	20 36 04.77	+2 41 35.19
870 »	NW	2.6	23 01 20.70	+27 48 42.6	283 39	20 46 57.73	-2 13 26.96
743 »	NE	3.9	19 45 08.18	+18 24 36.4	50 45	21 21 18.95	+1 37 06.73

Saat mukayeseleri ve takribi Δu_o hesabı

GBR _{12h}	U ₄₈₁₂	GBR _{20h}	U ₄₈₁₂	FYA _{22h}	U ₄₈₁₂
1	13 ^h 04 ^m 10.3	1	21 ^h 05 ^m 27.3	1	23 ^h 11 ^m 48.2
62	5 10.4	62	6 27.4	62	12 48.3
123	6 10.5	123	7 27.5	123	13 48.4
184	7 10.7	184	8 27.7	184	14 48.5
245	8 10.8	245	9 27.9	245	15 48.7
306	9 10.8	306	10 28.0	306	16 49.0
153.5	13 06 40.6	153.5	21 07 57.6	153.5	23 14 18.52
Δu_o^1	+ 54.8	Δu_o^2	+ 56.4	Δu_o^3	+ 56.6

Hata denklemlerinde sabit hadlerin hesabı

Yıldız	664	639	831	676	870	743
sin φ_o	9.8074218	9.8074218	9.8074218	9.8074218	9.8074218	9.8074218
sin Dekl	9.9695205	9.9599811	9.6275827	9.8935253	9.6689152	9.4994348
Pay	9.7769423	9.7674029	9.4350045	9.7009471	9.4763370	9.3068566
=	0.5983321	0.5853328	0.2722726	0.5022813	0.2994588	0.2027013
cos Z_o	0.8659534	0.8659498	0.8659627	0.8659516	0.8659498	0.8659508
cos Z_o	9.9374945	9.9374927	9.9374992	9.9374936	9.9374927	9.9374932
Z_o	29.75	31.21	25.86	30.49	31.25	30.81
cos φ_o	9.8847074	9.8847074	9.8847074	9.8817074	9.8847074	9.8847074
cos Dekl	9.5585661	9.6130530	9.9569187	9.7941797	9.9466903	9.9771839
cos t_o	9.9842468	9.9503535	9.9319337	9.8818208	9.9217953	9.9597856
Payda	9.4275203	9.4481139	9.7735598	9.5607079	9.7531930	9.8216769
=	0.2676214	0.2806170	0.5936901	0.3636703	0.5664910	0.6632495
-1	+ 0.25	- 1.21	+ 4.14	- 0.49	- 1.25	- 0.81

Hata denklemleri

$$\begin{aligned}
 dz - 0.98 d\varphi - 0.19 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 0.25 &= v_1 \\
 dz - 0.93 d\varphi - 0.37 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 - 1.21 &= v_2 \\
 dz + 0.41 d\varphi + 0.91 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 4.14 &= v_3 \\
 dz - 0.59 d\varphi - 0.81 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 - 0.49 &= v_4 \\
 dz + 0.24 d\varphi + 0.97 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 - 1.25 &= v_5 \\
 dz + 0.63 d\varphi - 0.77 \cos \varphi_0 d\Delta u_0 - 0.81 &= v_6
 \end{aligned}$$

Normal denklemler ve çözümleri

	Q_{11}	Q_{12}	Q_{13}		[11]
6	$dz - 1.22$	$d\varphi - 0.26$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 2.250$	$- 1.000 = 0$	<u>21.128</u>
	$dz - 0.203$	$- 0.043$	$+ 0.375$	$- 0.166$	
	$+ 2.80$	$d\varphi + 1.13$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 2.202$	$0 = 0$	
	$- 0.248$	$- 0.053$	$+ 0.457$	$- 0.203$	
		$+ 3.20$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 2.815$	$0 = 0$	
		$- 0.011$	$+ 0.098$	$- 0.043$	
<hr/>					
	$+ 2.562$	$d\varphi + 1.077$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 2.657$	$- 0.203 = 0$	[11.1]
		$d\varphi + 0.420$	$+ 1.035$	$- 0.079$	<u>20.283</u>
		$+ 3.189$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 2.913$	$- 0.093 = 0$	
		$- 0.451$	$- 1.115$	$+ 0.085$	
<hr/>					
		$+ 2.738$	$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 1.798$	$- 0.008 = 0$	[11.2]
			$\cos \varphi_0 d\Delta u_0 + 0.656$	$- 0.003$	<u>17.531</u>
<hr/>					
					[11.3]
			$d\Delta u_0 = -0.856$	$, Q_{11} = +0.183$	<u>16.351</u>
	$dz = +0.233$	$d\varphi = -0.759$	$d\Delta u_0 = -0.057 \pm 0.1$		
	$d\Delta u = -0.057 - 0.021 \cos Z_0''$	$= -0.057 - 0.018$	$= -0.075 \pm 0.1$		

Hata hesapları

1942 ve 1948 seneleri arasında Göz-Kulak metodu ve yıldızların meridyen geçişlerine göre yaptığım zaman ölçülerinden istihraç ettiğim (a) ve (b) sabit miktarları ve bunlara dayanarak, Dr. Niethammer'in usulüne göre vezin birimi ve ısı tahavvülâtından ileri gelen prizma başı açısı değişim hataları aşağıda dercedilmiştir.

- Yazarın işitme hata sabitesi : a = 0.093
- Yazarın görüş hata sabitesi : b = 4.7
- Yazarın vezin birimi hatası : m_o = ±0.065
- Yıldızların v. koordine hatası : m₊ = ±0.02
- Prizma açısı değişim hatası : m_r = ±0.02 (Niethammer'den alındı)
- Teodolit oküler büyültmesi : V = 40 defa (Wild T3 için)

olduklarından, Dr. Niethammer'e göre, muvazeneden evvel elde olunan durumun hatası,

$$m_1^2 = (b/2V)^2 + \cos^2 \text{Dekl} \sin^2 q(a)^2 + m_2^2 + m_3^2$$

deyimiyle bellidir.

Burada, ikinci terimin emsalini rasada aldığımız altı yıldızdan bir ortalama ile, yani 0.093 rakamıyla gösterirsek,

$$m_1^2 = 0.0035 + 0.0086 + 0.0004 + 0.0004 = 0.0129$$

$$m_1 = \pm 0^{\circ}11$$

olur. Ayrıca hesaplar neticesinde elde edilen arzın hatası,

$$m_{\varphi}^2 = \frac{2}{3} \cdot 225 \cdot 0.0129 = 1.93$$

$$m_{\varphi} = \pm 1.^{\circ}38 \text{ olup, durumun hatası da,}$$

$$m_{\Delta u} = m_{\varphi} / 15 \cos \varphi_0 = 1.^{\circ}38 / (15.0,77) = \pm 0^{\circ}12 \text{ dir.}$$

Normal denklemleri vezin akislerine göre çözümlerinden de, dz kıymetinin hatasını aşağıdaki formüle göre hesaplamak kabildir. O halde,

$$m_{dz} = \pm m_0 \sqrt{Q_{11}} = \pm 0^{\circ}065(15) \sqrt{0.183}$$

$$m_{dz} = \pm 0.^{\circ}42$$

bulunur.

Δu , φ ve Z'' kıymetleri ve bunların hataları

Sahife 112 deki (9) numaralı denkleme göre,

$$\Delta u = + 55^{\circ}81 \pm 0^{\circ}12 \text{ epok } 19^{\text{h}}58^{\text{m}}3 \text{ için}$$

$$\varphi = + 39^{\circ}55'42.^{\circ}24 \pm 1.^{\circ}38$$

$$Z'' = 30^{\circ}00'30.^{\circ}23 \pm 0.^{\circ}42$$

değerleri elde edilir.

Muvazeneli metotla elde edilen neticelerin münakaşası

Daha evvel Kısım I, sahife 111 de, «grafik metotla bulunan neticelerin münakaşası» başlığı altında verilen mukayeseli açıklamalar, Dr. Niethammer'in usulüyle bulunan kıymetlere de raci olup, yalnız hesaplara ithal edilen yıldızların semtleri arasındaki farkların 90 veya 120 derece olmalarına, bulunacak kıymetlerin bu şartlar yerine getirilmediği takdirde, kendilerine ve hatalarına nasıl tesir edecekleri düşünülerek dikkat edilmemiştir. Yazarın hata hesapları için altı senelik meridyen zaman rasatlarından elde ettiği sabitelere dayanan vezin birimi hatasıyla, ayrıca kabul ettiği prizma açısı değişim hatalarının, iyi elverişli miktarlar olmadıklarından ötürü, durum ve arz da bunların kıymetlerini büyültmüş, fakat buna mukabil müşterek zenit mesafesinde hatayı oldukça küçültmüştür.

1949 senesi için hazırlanmış bulunan FK₃ yıldız katalogundan alınan bu yıldızların sabit katalog hataları, bunların rektassenzivon ve deklinasyon hatalarından elde olunan hata ortalamalarından istihraç edildiklerinden, mertebeleri küçük kalmış ve neticelere tesirleri az olmuştur.

Sabit prizma açısı değişim hatası, Dr. Niethammer tarafından yazılmış bulunan «Die Genauen Methoden Der Astronomisch-Geographischen Ortsbestimmung,

1947» adlı kitabın 157 nci sahifesindeki 78a formülüne göre hesaplandığı takdirde, miktarı + 0."27 olur ki, bunun sahife 116 da muvazeneden sonra, dz için hesaplanan hata miktarından 1.6 defa daha küçük olduğu aşikârdır.

Dr. Niethammer'in kabul ettiği m_r değeri, yazarın kendi rasatlarından bulunduğu kıymete nazaran, 0.^s008 lik küçük bir fark göstermiştir ki, bunun evvelâ rasat kabiliyetinden ve saniyen aletin stabil olmasından ileri geldiği düşünülebilir.

KISIM II

Yazarın tatbik ettiği yeni hesap usulü ve ölçülerde kullandığı mikrometre

Meselenin daha pratik bir şekilde çözülebilmesi için, Kısım I, sahife 99 daki (4) No. 1ı denklemleri üç yıldızla tatbik edelim ve buna göre yıldız deklinasyon hatalarından sarfınazar ederek, bunların türevsel deyimlerini yazalım. O halde,

$$\begin{aligned} dz - \cos \varphi \sin A_1 (d\Delta u + dt_1) + \cos A_1 d\varphi &= 0 \\ dz - \cos \varphi \sin A_2 (d\Delta u + dt_2) + \cos A_2 d\varphi &= 0 \\ dz - \cos \varphi \sin A_3 (d\Delta u + dt_3) + \cos A_3 d\varphi &= 0 \end{aligned} \quad \text{olacaktır.}$$

Burada; dΔu ve dφ miktarlarının hakikî değerleri; birinci denklemden ikinci ve üçüncünün çıkarılmasıyla elde edilen iki meçhullü denklem sisteminin çözülmesine dayandığından ve

$$\begin{aligned} \cos \varphi \sin A_1 dt_1 &= l_1 \\ \cos \varphi \sin A_2 dt_2 &= l_2 \\ \cos \varphi \sin A_3 dt_3 &= l_3 \end{aligned} \quad \text{olduklarından,}$$

$$\begin{aligned} dz - \cos \varphi \sin A_1 d\Delta u + \cos A_1 d\varphi - l_1 &= 0 \\ dz - \cos \varphi \sin A_2 d\Delta u + \cos A_2 d\varphi - l_2 &= 0 \quad \dots\dots\dots (13) \\ dz - \cos \varphi \sin A_3 d\Delta u + \cos A_3 d\varphi - l_3 &= 0 \end{aligned}$$

bulunur ve buradan,

$$\begin{aligned} D_{d\Delta u} &= \begin{vmatrix} (l_1 - l_2) & (\cos A_1 - \cos A_2) \\ (l_1 - l_3) & (\cos A_1 - \cos A_3) \end{vmatrix} = \begin{aligned} &l_1 (\cos A_2 - \cos A_3) + \\ &+ l_2 (\cos A_3 - \cos A_1) + \\ &- l_3 (\cos A_1 - \cos A_2) \end{aligned} \\ D_{d\varphi} &= \begin{vmatrix} \cos \varphi (\sin A_2 - \sin A_1) & (l_1 - l_2) \\ \cos \varphi (\sin A_3 - \sin A_1) & (l_1 - l_3) \end{vmatrix} = \begin{aligned} &\cos \varphi [l_1 (\sin A_2 - \sin A_3) + \\ &+ l_2 (\sin A_3 - \sin A_1) + \\ &+ l_3 (\sin A_1 - \sin A_2)] \\ D_0 &= \begin{vmatrix} \cos \varphi (\sin A_2 - \sin A_1) & (\cos A_1 - \cos A_2) \\ \cos \varphi (\sin A_3 - \sin A_1) & (\cos A_1 - \cos A_3) \end{vmatrix} = \begin{aligned} &\cos \varphi [\cos A_1 (\sin A_2 - \sin A_3) + \\ &+ \cos A_2 (\sin A_3 - \sin A_1) + \\ &+ \cos A_3 (\sin A_1 - \sin A_2)] \end{aligned} \end{aligned}$$

elde olunur. O halde,

$$\begin{aligned} d\Delta u &= - \cos \varphi \sin A_1 / D_0 \cdot (\cos A_2 - \cos A_3) dt_1 - \\ &- \cos \varphi \sin A_2 / D_0 \cdot (\cos A_3 - \cos A_1) dt_2 - \\ &- \cos \varphi \sin A_3 / D_0 \cdot (\cos A_1 - \cos A_2) dt_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ve } d\varphi = & + \cos \varphi \sin A_1/D_0 \cdot (\sin A_2 - \sin A_3) dt_1 + \\ & + \cos \varphi \sin A_2/D_0 \cdot (\sin A_3 - \sin A_1) dt_2 + \\ & + \cos \varphi \sin A_3/D_0 \cdot (\sin A_1 - \sin A_2) dt_3 \end{aligned}$$

elde edilir.

Burada, $dt = dz/\cos \varphi \sin A$ olduğundan, bunu hemen yukarıda yazılı denklemlerde yerine koyarak,

$$\begin{aligned} d\Delta u = & - \frac{1}{D_0} [(\cos A_2 - \cos A_3) dz_1 - \\ & - (\cos A_3 - \cos A_1) dz_2 - \\ & - (\cos A_1 - \cos A_2) dz_3] \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$\begin{aligned} d\varphi = & \frac{\cos \varphi}{D_0} [(\sin A_2 - \sin A_3) dz_1 + \\ & + (\sin A_3 - \sin A_1) dz_2 + \\ & + (\sin A_1 - \sin A_2) dz_3] \end{aligned}$$

yazmak kabildir.

Rasada aldığımız üç yıldızın semt farklarını 120° şer derece olarak kabul edersek,

$$A_1 = A_2 + 120^\circ \text{ ve } A_3 = A_1 + 120^\circ$$

değerlerini,

$$\begin{aligned} \sin A_3 - \sin A_1 &= 2 \cos (A_3 + A_1)/2 \cdot \sin (A_3 - A_1)/2 \\ \cos A_3 - \cos A_1 &= -2 \sin (A_3 + A_1)/2 \cdot \sin (A_3 - A_1)/2 \end{aligned}$$

deyimlerinde yerlerine koyarak,

$$\begin{aligned} \sin A_1 - \sin A_3 &= \sqrt{3} \cdot \cos A_2 \\ \cos A_1 - \cos A_3 &= \sqrt{3} \cdot \sin A_2 (+) \end{aligned}$$

ifadelerini elde eder ve nihayet analog olarak,

$$\begin{aligned} \cos A_3 - \cos A_2 &= \sqrt{3} \cdot \sin A_1 \\ \cos A_1 - \cos A_3 &= \sqrt{3} \cdot \sin A_2 \\ \cos A_2 - \cos A_1 &= \sqrt{3} \cdot \sin A_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin A_2 - \sin A_3 &= \sqrt{3} \cdot \cos A_1 \\ \sin A_3 - \sin A_1 &= \sqrt{3} \cdot \cos A_2 \\ \sin A_1 - \sin A_2 &= \sqrt{3} \cdot \cos A_3 \end{aligned}$$

yazabiliriz.

Pay için de ayrıca,

$$\sin (A_1 - A_2) + \sin (A_2 - A_3) + \sin (A_3 - A_1) = 3\sqrt{3}/2 \text{ elde olunur.}$$

Bu deyimleri (14) numaralı denklemlerde yerlerine koyarsak, özel bir hal için,

$$d\Delta u^* = - \frac{2}{45} (\sin A_1 dz_1 + \sin A_2 dz_2 + \sin A_3 dz_3) \sec \varphi$$

$$d\varphi^* = + \frac{2}{3} (\cos A_1 dz_1 + \cos A_2 dz_2 + \cos A_3 dz_3) \dots\dots\dots (15)$$

yazılır.

Not : Yukarda (+) işaretiyle gösterilen denklemlerin ispattı aşağıdaki gibi yapılır.

$$A_1 - A_2 = A_2 - A_3 = A_3 - A_1 = 120^\circ$$

kabul edildiğinden,

$$A_3 = 120^\circ + A_1 \quad \text{bulunur.}$$

Bunu,

$$\cos A_3 - \cos A_1 = -2 \sin (A_3 + A_1)/2 \cdot \sin (A_3 - A_1)/2 \quad \text{denkleminde}$$

yerine koyarak,

$$\begin{aligned} \cos A_3 - \cos A_1 &= -2 \sin (A_3 + A_1)/2 \cdot \sin 60^\circ \\ &= -\sqrt{3} \sin (A_3 + A_1)/2 \\ &= -\sqrt{3} \sin (2A_1 + 120^\circ)/2 \\ &= -\sqrt{3} \sin (A_1 + 60^\circ) \quad \text{bulunur.} \end{aligned}$$

Burada, $A_1 = A_2 + 120^\circ$ olduğundan,

$$\begin{aligned} \cos A_3 - \cos A_1 &= -\sqrt{3} \sin (A_2 + 120^\circ + 60^\circ) \\ &= -\sqrt{3} \sin (180^\circ + A_2) \quad \text{ve nihayet} \\ &= \sqrt{3} \sin A_2 \quad \text{elde edilir.} \end{aligned}$$

Bu suretle pratik bakımdan güç ve zaman alıcı hesap işlerini ortadan kaldırarak, basit bir şekilde, zaman tâyini veya saat mukayeselerinden elde olunan, takribi durumlar ve yine basit bir şekildeki ölçülerle bulunan rasat yeri, takribi arz kıymetleri ve ayrıca refraksiyon doğruluğu görmüş sabit zenit mesafesiyle ölçülerden elde olunan yıldızların zenit mesafe farkları yardımıyla bahsi geçen muvakkat kıymetlerin (15) numaralı formüle göre tashihlerini hesap edip, kesin değerleri bulmak kabildir.

O halde (9) numaralı denklem sisteminin son iki deyimiyle bulunacak miktarlar bir taraftan hakikî saat durumunu ve diğer taraftan rasat yerinin arz kıymetini vereceklerdir.

Veziin birimi ve ölçü vasatı hatasının hesabı

Sahife 120 de, saat durumu ve rasat yeri arz değeri için, istihraç edilmiş bulunan iki fonksiyona ait veziin birimi vasatı hatasını elde edebilmek için, yıldız geçişlerinde ya birçok kıl tatbiklerinden veya bilhassa astrolabda olduğu gibi şekil birleşimlerinden istifade etmek lâzımdır. Her birleşimin ayrı ayrı birer kıl tatbiki olduğunu nazarı itibara alırsak (buradaki kıl tatbikini $n=1$ ve buna mukabil dürbün büyültmesini aslının iki misli olarak kabul etmek lâzımdır), Th. Albrecht'e göre bir tek ufki kıl geçişi için veziin birimi hatası,

$$m_0 = \pm \sqrt{a^2 + (b/V)^2 \cos^2 \delta \sin^2 A} \quad \text{dır.}$$

Bu hataya, prizma açısının anormal suhnet değişimleriyle husule gelen refleksiyon değişimi vasati hatasını da eklersek, yeni vezin birimi hatası, deyiimiyle

$$m = \pm \sqrt{m_0^2 + m_r^2} \quad \text{belli edilir.}$$

Burada $B = b/2V$ ve $c_0 = a/B$ kabul ederek, yeni vezin birimi hatası için

$$m = \pm \sqrt{B^2 (c_0^2 + \sec^2 \delta / \sin^2 A) + m_{dz}^2}$$

formülünü yazmak mümkün olur.

$d\Delta u$ ve $d\varphi$ nin vasati hatalarını; hatti fonksiyonlarda hataların dağılıma kaidesine nazaran ve (15) numaralı denklemlerde,

$$c^2 = \left(\frac{2}{45}\right)^2 \quad \text{ve} \quad c'^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \quad \text{kabul edilerek,}$$

$$m_{d\Delta u}^2 = c^2 (\sin^2 A_1 \cdot m_{dz_1}^2 + \sin^2 A_2 \cdot m_{dz_2}^2 + \sin^2 A_3 \cdot m_{dz_3}^2) \sec^2 \varphi \quad \dots\dots (16)$$

$$m_{d\varphi}^2 = c'^2 (\cos^2 A_1 \cdot m_{dz_1}^2 + \cos^2 A_2 \cdot m_{dz_2}^2 + \cos^2 A_3 \cdot m_{dz_3}^2)$$

deyimleriyle gösterebiliriz.

Halbuki, farkları 120 dereceye eşit olan bu üç semt açısının gerek «sinüs» ve gerek «cosinüs» kareleri toplamının 3/2 ye müsavi olacağını düşünürsek, $d\Delta u$ ve $d\varphi$ miktarlarının vasati hataları için, bu sefer de, $m_{dz_1} = m_{dz_2} = m_{dz_3} = m$

kabul ederek,
$$(15)^2 \cdot m_{d\Delta u}^2 = \frac{2}{3} m^2 \sec^2 \varphi$$

$$m_{d\varphi}^2 = \frac{2}{3} m^2 \quad \text{elde edilir.}$$

O halde, her iki denklemin birleştirilmesiyle,

$$m_{d\varphi} = 15 \cos \varphi m_{d\Delta u} = \sqrt{\frac{2}{3}} m \quad \text{deyimini yazmak kabildir.}$$

İncelik derecelerinin artırılması için daha evvel izah edilen şartlara sadık kalarak, evvelâ üç yıldızdan müteşekkil N grup yıldız ölçüler yapılmasını, saniyen Kısım I, sahife 115 de Dr. Niethammer'e göre kabul edilen m_r miktarının küçük olduğunu düşünerek, bunun yerine yazarın kendi rasatlarından elde ettiği $m_{dz} = \pm 0.42 = \pm 0.028$ kıymetini kabul edersek, bu sefer saat durumu ve rasat yeri arz değerlerinin hatalarını,

$$m_{d\varphi}^2 = (15)^2 \cos^2 \varphi m_{d\Delta u}^2 = \frac{2}{3N} B^2 (c_0^2 + \sec^2 \delta / \sin^2 A) + m_{dz}^2 \quad \dots\dots\dots (17)$$

ile ifade edebiliriz.

Burada, evvelce verilen ve sabit miktarlara istinat ederek hesaplanan

$$\sin^2 A_v = \frac{1}{n} \sum_{1}^n \sin^2 A = 0.553$$

$$B = 0^s.0588$$

$$c_0 = 1.58$$

kıymetleri (17) numaralı denklemde yerlerine konursa,

$$m_{d\varphi}^2 = (15)^2 \cos^2 \varphi m_{d\Delta u}^2 = \frac{1}{N} (0^s.00314 + 0^s.00205 \sec^2 \delta) \quad \text{bulunur.}$$

O halde,

$$m_{d\varphi} = 15 \cos \varphi m_{d\Delta u} = \pm \sqrt{\frac{1}{N} (0^s.00314 + 0^s.00205 \sec^2 \delta)} \quad \dots\dots (18)$$

ifadesini yazmak kabildir.

Böylece (18) numaralı formülde N ve φ nin değişik değerlerine göre $m_{d\varphi}$ ve $m_{d\Delta u}$ hatalarını, hesaplanan iki tabelâ ile göstermek kabildir.

$m_{d\varphi}$ için

$m_{d\Delta u}$ için

N	1	2	3	4	5
φ	3+	6+	9+	12+	15+
36°	1.19	0.84	0.68	0.60	0.54
37	1.20	0.85	0.68	0.60	0.54
38	1.20	0.85	0.68	0.60	0.54
39	1.21	0.86	0.70	0.61	0.55
40	1.21	0.87	0.70	0.62	0.55
41	1.23	0.87	0.71	0.62	0.56
42	1.23	0.88	0.72	0.63	0.56

N	1	2	3	4	5
φ	3+	6+	9+	12+	15+
36°	0.10	0.07	0.06	0.05	0.04
37	0.10	0.07	0.06	0.05	0.04
38	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05
39	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05
40	0.11	0.08	0.06	0.05	0.05
41	0.11	0.08	0.06	0.06	0.05
42	0.11	0.08	0.07	0.06	0.05

Bu cetveldeki hata miktarları, yazarın 1942-1948 seneleri arasında Göz-Kulak usulü üzere ve yıldızların meridyen geçişlerine nazaran, zaman ölçülerinden istihraç ettiği, (a) ve (b) miktarları ile dürbün büyültme kıymetine dayandıklarından relatiftirler. Kısım I, sahife 116 da muvazeneden sonra elde olunan hatalarla, cetvelden alınan değerler arasındaki farklar, durumda 0.04 zaman saniyesi ve cp de 0.51 kavis saniyesi olarak tesbit edilmiştir ki, bu da tabelâ kıymetlerinin daha nazari olduklarını gösterir.

Bu sebeple, Wild T3 astrolabından ebatça bir miktar daha büyük, yani serbest objektif açıklığı 50 milimetre, dürbün büyültmesi 65 defa, bilâhara izah edileceği üzere, okülerlerinde simetrik şebeke kıllarını havi oküler mikrometrelili aletlerle ölçüler yapıldığı takdirde, yukarda iki ayrı tabelâyla verilen hata miktarları küçüleceklerdir.

Ölçülerde kullanılan ve incelik derecelerini artıran yeni oküler

İstihraç ettiği formüllerin hangi incelikte neticeler sağlayacağını düşünen yazar, 1949 senesi Eylül ayının sonunda, Wild T3 astrolabıyla prova -rasatlarını bitirip bunları kıymetlendirdikten sonra, alet okülerinde aşağıda izah edilecek değişikliğin yapılmasını nazarı dikkate almış ve 6/7 Ekim gecesine ait ölçülerini bilâhara bu okülerle ifa etmiştir.

Malûm olduğu üzere, bilcümle astrolab ölçülerinde sahai rüyet ortasında bir tek şekil birleşimi hâsıl olur. Fakat, bu tek birleşim yerine birçok simetrik tatbikler elde ederek, bunların ortalamalarıyla aşikâr bir surette her yıldız için birleşim sıhhatini ıslah etmek kabildir. Bu maksat için dürbün kıl şebekesi düzlemine simetrik birçok ufki kılları ihtiva eden yeni bir şebeke koymak, bu işi pratik olarak halletmek için yegâne çaredir.

Yazarın rasatlarında kullandığı bnsit kıl şebekesi, mevcut-Max Hildebrandt Üniversal teodolitinin oküler mikrometresi kıl şebekesi olup, çok büyük bir dikkat ve titizlikle bahsi geçen aletten alınarak Wild T3 aletinin okülerine monte edilmiş ve dürbün hendesi mihverine ayar edilmiştir.

Bu yeni okülerle ne şekilde ölçüler yapılacağını anlayabilmek için, evvel-emirde bunun kıl şebeke merkezinin alt veya üstünde, yalnız birer tek kılı havi olduğunu düşünmek lâzımdır.

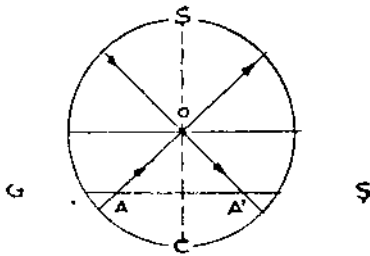
Şekil 6 dan görüleceği üzere, tam ufki olan f doğrusu, bu tek şebeke kıllarından altta bulunanını ve O da birleşim merkezini gösterirlerse, yıldızın evvelâ prizmadan kırılarak gelen ve sonra da civadan akseden resimlerinin dürbün görünüş sahasındaki hayalleri OA ve OA' olacaktırlar.

OAA' üçgeninde OA ve OA' kenarları birbirlerine eşit olduklarından, f üzerindeki A noktasına ait bulunan prizma resminin kıl geçiş anıyla A noktasına ait, civalı aynadan akseden resmin kıl geçiş anı vasatilerinin, esas birleşim anına eşit olmaları lâzımdır.

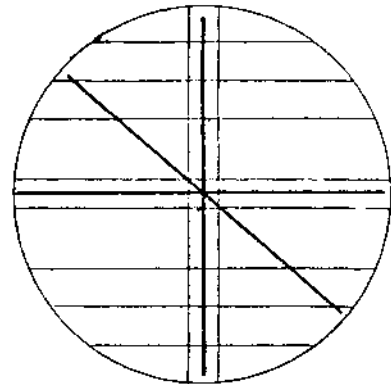
Va'zedilen yeni şebeke, rüyet sahasının alt ve üstünde. 6 adet ufki kılı hâmil olduktan başka,, Şekil 7 de görüleceği üzere, ayrıca ikisi ufki ve ikisi de şakuli olan ve görünüşe nazaran, sahanın tam ortasında bir dörtköşe teşkil eden dört kılı daha ihtiva etmektedir.

Bu hale göre, rasada alınan yıldızların dürbün içerisindeki hareket hatlarının ufki kılları, kesiş açıları semtlerine eşit olduklarından,

- Birinci vertikal veya bunun yakınlarında ölçülere alınan yıldızların hareket hatları, ufki kılların hepsini keserler.
- Meridyen veya bunun civarında rasada alınan yıldızların hareket hatları, hiçbir bir ufki kılı kesmezler.
- Her iki hudut arasında rasada alınan yıldızların hareket hatları, şebeke kıllarından bazılarını keser ve bazılarını da kesmezler.



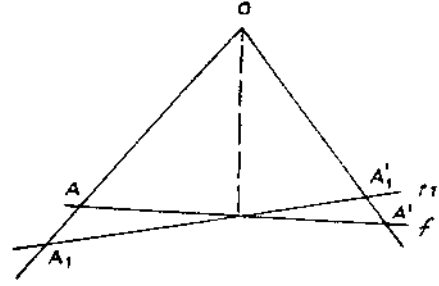
Şek. 6



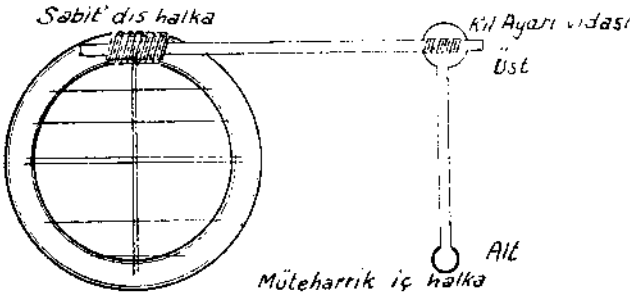
Şek. 7

Yukarda bahsi geçen kıllar ufki değilseler, prizma ve ayna hayallerinin aynı kılı kesişlerine ait ortalama zaman, Şekil 8 den görüleceği veçhile, birleşim noktasına ait zaman olmyacaktır.

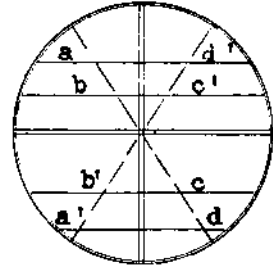
Bu halin ortadan kaldırılmasına çalışan yazar,, şebeke kıllarını üzerinde bulunduran madenî halkayı, diğer bir dış halka içerisine, her zaman döndürülebilecek bir halde vidalıyarak, dürbün hendesi mihverine yerleştirmiş ve dürbün tüpüne dıştan koyduğu bir vida yardımıyla ve merkez harici hareketle bu sistemi her zaman sağa veya sola hareket ettirecek sekile sokmuştur. Böylece, râsât ölçüler esnasında, kıl ufkiyetinin bozukluğunu görür görmez derhal bahsi geçen mekanizmayla şebeke kıllarını düzelterek, doğru geçişleri elde eder. Yukardaki izahattan ve Şekil 9 un tetkikinden anlaşılacağı üzere, kıl şebekesi birleşim noktasının her iki tarafında birbirlerine paralel ve simetrik olarak yapılan ölçüler, sistematik ye tesadüfi cinsten hataları havi olmazlar.



Şek. 8



Şek. 9



Şek. 10

Va'zedilen bu yeni şebekede, her ne kadar 6 ufki kıl mevcutsa da, yazar bu kıllardan, birleşim noktasına en yakın bulunan 4 kıldan istifade etmiştir. Çünkü, dürbün görünüş sahasının elverişli kısmının haricinde, cisimlere yapılan tatbikler, ışık dağılması ve şekil deformasyonundan ötürü, iyi elde olunamamakta ve ölçüleri bozmaktadırlar.

Bu hale göre yazar, ölçülerinde en elverişli kıl şebekesi olarak, Şekil 10 da görülen kılları almış ve birleşime tekabül eden geçişleri, aşağıda verilen basit ortalama deyimlere göre çözmüştür.

$$\begin{aligned} \text{Üstte, 1 No. lı kıl için : } & (U_a + U_{d'})/2 = U_0^1 \\ \text{2 No. lı kıl için : } & (U_b + U_{c'})/2 = U_0^2 \\ \text{Altta, 3 No. lı kıl için : } & (U_{b'} + U_c)/2 = U_0^3 \\ \text{4 No. lı kıl için : } & (U_{a'} + U_d)/2 = U_0^4 \end{aligned}$$

Yukarda riyazi ispatı yapılan yeni hesap ve rasat metodunun pratik çözümüne misal olmak üzere, 6/7 Ekim 1949 gecesine ait astrolab ölçülerinin en ince detaylarıyla değerlendirilmesine intikal ederek, Kısım I, sahife 113 de kaydedilen

rasat yeri, alet, saat, barometre ve termometre, râsıt ve diğer lüzumlu ölçü miktarlarının aynen kabulü ile, bundan evvel dercedilen ve bütün ölçü kıymetlerine esas olan rasatlar aşağıdaki semada gösterilmiştir :

Yeni mikrometre ile yapılan ölçülerin neticeleri

Görünüş	Kıl No.	U ₆₆₄	U ₆₃₉	U ₈₃₁	U ₈₇₀	U ₇₄₃
Altta	4 a'	18 ^h 36 ^m 50 ^s .6	18 ^h 54 ^m 29 ^s .4	19 ^h 58 ^m 26 ^s .0	20 ^h 46 ^m 39 ^s .0	21 ^h 21 ^m 00 ^s .5
Altta	3 b'	37 04.5	54 41.6	58 31.5	46 43.7	21 05.8
Üstte	1 a	37 04.5	54 41.6	58 31.5	46 43.6	21 05.8
Üstte	2 b	37 18.3	54 53.8	58 37.1	46 49.3	21 11.1
Üstte	2 c'	37 59.3	55 29.9	58 53.5	47 06.1	21 26.8
Üstte	1 d'	38 13.0	55 42.1	58 59.0	47 11.8	21 32.1
Altta	3 c	38 13.0	55 42.1	58 59.0	47 11.8	21 32.1
Altta	4 d	38 27.0	55 54.4	59 01.6	47 17.5	21 37.4
Oküler	Birleş.	18 37 38.79	18 55 11.86	19 58 45.29	20 46 57.73	21 21 18.95

Epok : 19^h55^m6

Prizma açısı değişim miktarlarının hesabı

Yıldız	664	639	831	870	743
sin φ	= 0.641 8324	0.611 8324	0.641 8324	0.641 8324	0.641 8324
sin Dekl	= 0.932 2244	0.911 9711	0.424 2118	0.466 5683	0.315 8164
Pay	= 0.598 3321	0.585 3328	0.272 2726	0.299 4588	0.202 7013
cos Z _o	= 0.865 9534	0.865 9498	0.865 9627	0.865 9498	0.865 9508
Z _o	= 30°00'29."75	30°00'31."21	30°00'25."86	30°00'31."25	30°00'30."81
dz	= + 0."25	- 1."21	+ 4."14	- 1."25	- 0."81
cos φ	= 0.766 8447	0.766 8447	0.766 8447	0.766 8447	0.766 8447
cos Dekl	= 0.361 8812	0.410 2542	0.905 5631	0.884 4847	0.948 8202
cos t	= 0.964 3769	0.891 9767	0.854 9363	0.835 2092	0.911 5606
Payda	= 0.267 6214	0.280 6170	0.593 6901	0.566 4910	0.663 2495

Yukardaki hesap şemasında ortalama birleşimlere tekabül eden saat okumalarından istifade ederek, hesaplanan prizma açısı değişim miktarları, (15) numaralı formülde yerlerine va'zedilirse, evvelâ 664-831-743 ve saniyen 639-870-743 katalog numaralı yıldızlardan müteşekkil iki gruptan elde edilen durum ve arz doğruluklarını,

Grup No. 1 için

$$d\Delta u^s = -\frac{2.608}{45} \left[(+0.1905) (+0.25) + (-0.9112) (+4.14) + (+0.7744) (-0.81) \right]$$

$$d\varphi = +\frac{2}{3} \left[(-0.9817) (+0.25) + (+0.4120) (+4.14) + (+0.6327) (-0.81) \right]$$

Grup No. 2 için

$$d\Delta u^s = -\frac{2.608}{45} \left[(+0.3711) (-1.21) + (-0.9718) (-1.25) + (+0.7744) (-0.81) \right]$$

$$d\varphi = +\frac{2}{3} \left[(-0.9286) (-1.21) + (+0.2360) (-1.25) + (+0.6327) (-0.81) \right]$$

denklemleriyle gösterebiliriz.

O halde her iki yıldız grubu için bulunan miktarlar,

$$d\Delta u_1 = +0^s.25 \qquad d\varphi_1 = +0.^s32$$

$$d\Delta u_2 = -0^s.01 \qquad d\varphi_2 = +0.^s11$$

olup, yıldız rektassenzionlarına getirilecek aberasyon tashihihinin, saat durumunda nazarı itibara alınmasıyla, nihai durum ve arz doğrulukları hatalariyle birlikte,

$$d\Delta u = +0^s.12 - 0.021 \cos Z_o = +0^s.10 \pm 0^s.08$$

$$d\varphi = -0.^s22 \pm 0.^s87$$

belli edilir.

Yazarın yeni tatbik ettiği metodla elde edilen neticelerin münakaşası

Tetkike tabi tuttuğum iki belli metod ve ayrıca ortaya koyduğum yeni rasat ve hesap usulü ile elde edilen rasat yeri, arz, saat-durumu ve prizma-açısı değerleri, hatalariyle birlikte aşağıdaki tabelâda gösterilmiştir.

Bulunan nihai kıymetler, mezkûr rasat yerine ait 70 AP. lik Passage veya Wild T4 Üniversal aletleriyle istihsal olunan (demi-definitif) sonuçlarla mukayeseye tabi tutulurlarsa, pratik maksatlar için her üçünün de kâfi geleceğine hükmetmek kabildir.

Yalnız incelik dereceleri bakımından ikinci derece jeodezik-astronomi işlerini karşılayacak metodun bunlardan hangisi olduğuna kanaati tamme getirebilmek için, her üç usulle bulunan $d < p$, AU ve dz kıymetlerinin vasati hatalarını incelemek lâzımdır. Bu maksatla gerek Th. Niethammer'in metoduna ve gerek tatbik ettiğim ölçü ve hesap usulüne göre, üç yıldızdan müteşekkil asgari 5 grup yıldız rasadının ifa edilmesi şart koşulup, J. Ball'un grafik usulüne göre, yine bir ölçü gecesinde asgari 8 grup yıldızın alınması icabeder.

Kısım I, sahife 111-112 ve 116-117 de izah olunan sebeplerden ötürü, şartların tamamen yerine getirilmemiş olmasına rağmen, neticelerin mukayesesi bir gecelik 2 grup rasadından da mümkün olmaktadır.

Mukayese tabelâsı

Yazar İşaret	Th. Niethammer	J. Ball	Kasım Yaşar
Tarih	6/7 Ekim 1949	6/7 Ekim 1949	6/7 Ekim 1949
Rasat epoku	19 ^h 58. ^s 3	19 ^h 54. ^m	19 ^h 55. ^s 6
Alınan yıldız	6	4	6
Yıldız grubu	2	1	2

Mukayese tabelası (devam)

Yazar İşareti	Th. Niethammer	J. Ball	Kasım Yaşar
Alet ve tipi	Wild T3 Prizmalı Astrolab	Wild T3 Prizmalı Astrolab	Wild T3 Prizmalı Astrolab
Kullanılan saat	U. Nardin Kontaktlı Kronometre	U. Nardin Kontaktlı Kronometre	U. Nardin Kontaktlı Kronometre
Saat durumu ve hatası	+ 55 ^s .81 ± 0 ^s .12	+ 55 ^s .82	+ 55 ^s .98 + 0 ^s .08
Arz doğruluğu ve hatası	+ 0 ^{''} .24 + 1 ^{''} .38	+ 0 ^{''} .53	+ 0 ^{''} .22 + 0 ^{''} .87
Prizma açısı doğruluğu ve hatası	+ 0 ^{''} .23 + 0 ^{''} .42	+ 1 ^{''} .13	+ 0 ^{''} .22 ± 1 ^{''} .02
Arz ve hatası	39°55'43 ^{''} .24 ± 1 ^{''} .38	39°55'43 ^{''} .53 ±	39°55'43 ^{''} .22 ± 0 ^{''} .87
Prizma açısı ve hatası	30°00'30 ^{''} .23 ± 0 ^{''} .42	30°00'31 ^{''} .13 ±	30°00'30 ^{''} .22 ± 1 ^{''} .02

Tabelâdan görüldüğüne göre, gerek birinci ve gerek üçüncü hesap usullerine nazaran, elde edilen değerler ve vasati hatalarının birbirlerine oldukça yakın oluşları, bunları maksada tercih hususunda yekdiğerinden farksız tutmaktadır. Vakıa, ilk bakışta yazarın metoduna göre bulunan kıymetlerin, diğer iki usule nazaran istihsal olunan kıymetlerden incelikçe daha sağlam görünüşü, neticede yıldız gruplarının fazlalaştırılmasıyla her üçünü de birbirlerine yaklaştırmaktadır.

Bu sebeple tatbik ettiğim, bahsi geçen metodu Dr. Th. Niethammer ve J. Ball'un metodlarına eşit tutabilirim.

KISIM. III

Kronometre marşları, vezin tâyini, tul hesapları ve umumi mukayeseler

Malûm olduğu üzere, ölçüler için kullandığımız kronometrenin marşını ya ritmik zaman sinyallerinden veya yıldız rasatlarından elde etmek kabildir. Nitekim, sinyallerden elde edilecek g_s lerin, o ölçü gecesinde dinlenen iki dış sinyalden ve buna karşılık zaman rasatlarından bulunacak g^* ların da her rasat epokuna değerlendirilen durumların bir muvazeneğe tabi tutularak hesaplanmaları şarttır.

Böylece, bahsi geçen marşlara tekabül eden P^* ve P_s lerin hesabı için vezin birimi hatasını, Kısım I, sahife 115-116 daki kıymetini, kendisine en yakın büyük değere yuvarlayan + 0^s.10 ve bir tek sinyal alımı vasati hatasını da + 0^s.06 olarak kabul edersek, tul hesaplarına sokacağımız marsı,

$$g_0 = (P_s g_s \div P_* g_*) / (P_s + P_*) \dots\dots\dots (19)$$

formülü ile hesaplayabilir ve bu kıymete tekabül eden marş vasati hatasını da,

$$m_{g_0} = 0^s.1 / \sqrt{(P_s + P_*)} \dots\dots\dots (20)$$

deyimi ile belli edebiliriz.

- Not : a) Ritmik sinyallerden elde edilen saat marşları hakkında, mufassal bilgileri yazarın 1952 senesinde Harita Genel Müdürlüğünde neşrettiği «Jeodezik Astronomi» adlı kitabın, bölüm 2, sahife 28, astro No. 3 tabelâsiyle, bölüm 3, sahife 48-49 da verdiği izahatta bulmak kabildir.
- b) Göz-Kulak metodu üzerine, yazarın verdiği sinyal vasati hatası, 1942-1949 senelerinde muhtelif memleketlere ait saat servisleri istasyonlarından alınan ritmiklerden hesaplanmıştır.

Eğer rasat epokuna değ erlenen durum $\Delta U_{Ep} = \Delta U_v \text{ dgi} = \Delta U_i +$ formülü ile gösterilir ve buradaki marş doğruluk terimi de $\text{dgi} = \Delta T_i \cdot g_*$, ile ifade edilirse, ölçü farklarını $l_i = \Delta U_v - \Delta U_i$ kabul ederek her ayrı netice için hata denklemlerini,

$$x - \Delta T_i \cdot g_* - l_i = v_i \dots \dots \dots (21)$$

ile gösterebiliriz.

Bu sebeple 6/7 Ekim 1949 gecesi muhtelif rasat epoklarına nazaran elde olunan durumların aşağıdaki hesap şemasından görüleceği üzere, bir muvazeneye tabi tutulmaları, neticede bize (19) ve (20) numaralı denklemlerde bilinmiyen hadlerin miktarlarını verecektir.

Hata denklemleri

Tarih	Yıldız adedi	Rasat epoku	ΔT_i	ΔU_i	$-l_i$	Hata denklemleri
6/7 Ekim 1949	4	19 ^h 54 ^m 0	-1 ^m 97	+55 ^s 82	+0 ^s 05	$x + 0.0328 g_* + 0.05 = v_1$
» » »	6	19 55.6	-0.37	+55.98	-0.11	$x + 0.0061 g_* - 0.11 = v_2$
» » »	6	19 58.3	+2.33	+55.81	+0.06	$x - 0.0388 g_* + 0.06 = v_3$
		19 55.97	-0.01	+55.87		

Normal denklemler

$$\begin{aligned}
 3x + 0.0001 g_* + 0.0000 &= 0 \\
 x + 0.00003 g_* + 0.0000 & \\
 + 0.0026 g_* - 0.0014 &= 0 \\
 - 0.0000 g_* - 0.0000 & \\
 \hline
 0.0026 g_* - 0.0014 &= 0
 \end{aligned}$$

Buradan, $g_* = +0.538 \pm 0.1$, $x = -0.00002 \pm 0.07$ ve $\Delta U_{Ep} = +55.87 \pm 0.07$ elde edilir.

Böylece bulunan bu kıymetlerin ilk ikisi ve hataları yardımıyla evvelâ,

$$m_{g_*} = \frac{m_*}{\sqrt{(bb.1)}} = \frac{0.1}{\sqrt{0.0026}} = \pm 1.96$$

$$P_* = \frac{m_*^2}{m_{g_*}^2} = \frac{0.01}{(1.96)^2} = 0.0026$$

kıymetlerini ve sonra da, Kısım I, sahife 114 e göre, o rasat gecesi alınan GBR₁₂h ve FYA₂₂h işaretleriyle belli iki dış sinyal ve aralarındaki zaman farkı olan 10.1 saatlik kıymetten istifade ederck,

$$m_{g_s} = m_s \cdot \sqrt{\frac{i}{(\Delta T)^2}} = 0^s.06 \sqrt{\frac{2}{(10.1)^2}} = \pm 0^s.0087$$

$$P_s = \frac{m_s^2}{m_{g_s}^2} = \frac{0.01}{(0.009)^2} = 115$$

$$g_o = \frac{0^s.158 \times 115 + 0^s.538 \times 0.0026}{115.0026} = 0^s.142$$

$$m_{g_o} = \frac{0^s.1}{\sqrt{115}} = \pm 0^s.01$$

miktarlarını hesaplamak kabildir.

Zaman grafikleri, durum doğrulukları ve muvakkat tullerin hesabı

Her ölçü gecesinde, muayyen bir an için tâyin edilmiş olan saat durumunun sinyal epoklarına ircaları genel olarak, $Au_{R.Ep} + g.A T = AUR$. $E_p + Au^2$ deyimi ile hesap olunup, burada ikinci terimi teşkil eden miktar, durum doğruluğudur. Hesaplan aşağıda üç ayrı grafikte gösterilen bu doğruluklardan ilk ikisi, iki dış zaman sinyalinden istihraç edilen ve üçüncüsü de, küçük bir muvazene hesabı sonunda bulunan saat marşlariyle kıymetlendirilmislerdir.

Th. Niethammer'e göre durum doğrulukları

$$g_s = +0^s.158$$

GBR ₁₂ h ; S.Ep.	13 ^h 06 ^m 68 6 ^h 86030 -1 ^s 08 = Δu ²
ΔU ; R.Ep.	19 ^h 58 ^m 30 1 ^h 16101 +0 ^s .18 = Δu ²
GBR ₂₀ h ; S.Ep.	21 ^h 07 ^m 97 3 ^h 26683 +0 ^s .52 = Δu ²
FYA ₂₂ h ; S.Ep.	23 ^h 14 ^m 31

John Ball'a göre durum doğrulukları

$$g_s = +0^s.158$$

GBR ₁₂ h ; S.Ep.	13 ^h 06 ^m 68 6 ^h 78750 -1 ^s .07 = Δu ²
ΔU ; R.Ep.	19 ^h 54 ^m 00 1 ^h 23280 +0 ^s .19 = Δu ²
GBR ₂₀ h ; S.Ep.	21 ^h 07 ^m 97 3 ^h 33850 +0 ^s .53 = Δu ²
FYA ₂₂ h ; S.Ep.	23 ^h 14 ^m 31

Yazara göre durum doğrulukları

$$g_0 = +0^s142$$

GBR ₁₂ h ; S.Ep.	13 ^h 06 ^m 68 6 ^b 81530 -0 ^s 97 = Δu ²
ΔU ; R.Ep.	19 ^h 55 ^m 60 1 ^h 20620 +0 ^s 17 = Δu ²
GBR ₂₀ h ; S.Ep.	21 ^h 07 ^m 97 3 ^h 31180 +0 ^s 47 = Δu ²
FYA ₂₂ ² h ; S.Ep.	23 ^h 14 ^m 31

Böylece, ayrı ayrı epoklarda alınan zaman sinyalleri ve yukardaki grafikler yardımıyla, o rasat yerine değerlendirilen bir gecelik tulleri ancak,

$$L = (U_{yer} + \Delta U_{R. Ep} + \Delta u^2) - (U_{Grw} + \eta) \dots\dots\dots (22)$$

numaralı denklemle hesaplamak mümkündür. Burada,

- U_{yer} Rasat yerindeki saat mukayeselerinde kronometrede okunan yıldız zamanlarını,
- ΔU_{R. Ep} Zaman tâyininde muayyen epoka değerlendirilen kronometre durumlarını,
- ΔU² Durum doğruluklarını,
- U_{Grw} Alınan zaman sinyallerinin «Greenwich» yıldız zamanına göre miktarlarını,
- η Elektro-manyetik dalgaların gecikmesinden ötürü sinyal gönderme anı tashihiğini göstermektedirler.

Bu izahata göre, Ball ve Niethammer'in zaman tâyini kıymetlerinden elde edilen bir gecelik muvakkat tullerle yazarın kıymetlerinden hesaplanan tul ve hatası, mukayese maksadiyle aşağıdaki şemalarda ayrı ayrı gösterilmiştir.

John Ball'a göre bir gecelik muvakkat tuller :

Sinyal İşaret	GBR ₁₂ h	GBR ₂₀ h	FYA ₂₂ ² h
U _{yer}	13 ^h 06 ^m 40 ^s .60	21 ^h 07 ^m 57 ^s .60	23 ^h 14 ^m 18 ^s .52
ΔU _{R.Ep}	+ 55.82	+ 55.82	+ 55.82
Δu ²	- 1.07	+ 0.19	+ 0.53
η	- 0.01	- 0.01	- 0.01
U' _{yer}	13 07 35.34	21 08 53.60	23 15 14.86
U _{Grw.}	10 56 25.63	18 57 44.49	21 04 05.18
L	2 11 09.71	2 11 09.11	2 11 09.68
L _v	2 ^h 11 ^m 09 ^s .50 ± 0 ^s .20 sec <i>σ</i>		

Th. Niethammer'e göre bir gecelik muvakkat tuller :

Sinyal İşaret	GBR ₁₂ h	GBR ₂₀ h	FYA ₂₂ ² h
U _{yer}	13 ^h 06 ^m 40. ^s 60	21 ^h 07 ^m 57. ^s 60	23 ^h 14 ^m 18. ^s 52
ΔU _{R.Ep.}	+ 55.81	+ 55.81	+ 55.81
Δu ²	— 1.08	+ 0.18	+ 0.52
η	— 0.01	— 0.01	— 0.01
U' _{yer}	13 07 35.32	21 08 53.58	23 15 14.84
U _{Grw.}	10 56 25.63	18 57 44.49	21 04 05.18
L	2 11 09.69	2 11 09.09	2 11 09.66
L _v	2 ^h 11 ^m 09. ^s 48 ± 0. ^s 20 sec φ		

Yazara göre bir gecelik muvakkat tuller :

Sinyal İşaret	GBR ₁₂ h	Gbr ₂₀ h	FYA ₂₂ ² h
U _{yer}	13 ^h 06 ^m 40. ^s 60	21 ^h 07 ^m 57. ^s 60	23 ^h 14 ^m 18. ^s 52
ΔU _{R.Ep.}	+ 55.98	+ 55.98	+ 55.98
Δu ²	— 0.97	+ 0.17	+ 0.47
η	— 0.01	— 0.01	— 0.01
U' _{yer}	13 07 35.60	21 08 53.74	23 15 14.96
U _{Grw.}	10 56 25.63	18 57 44.49	21 04 05.18
L	2 11 09.97	2 11 09.25	2 11 09.78
L _v	2 ^h 11 ^m 09. ^s 67 ± 0. ^s 073 sec φ (*)		

Not : (*) Yazar, bulduğu tülün sağlamlığını, yukarda bahsi geçen «demi-definitif sonuçlarla» kontrol etmek maksadiyle, kendi rasatlarından elde ettiği marş, sinyal ve prizma açısı tahavvülâtı hatalarından çıkarmayı hakikate daha uygun bulmuş ve bu vesile ile aşağıdaki deyimle belli edilen tül hata formülünü kullanmıştır. Bu izahata göre, bir gecelik tülün hatası, saat marşı, sinyal ve prizma açısı vasatî hatalarıyla malûl bulunan saat durumunun hatasından başka bir şey olmayıp, miktarı,

$$m_1 = \sqrt{[m_{g_0} (Ep. S. - Ep. U)]^2 + m_s^2 + m_{d_2}^2}$$

deyimiyle hesaplanabilir. O halde, hemen yukarda verilen miktar, formülde yerlerine konan malûm değerlerin kıymetleriyle hesaplanır ki, o da,

$$m_1 = \sqrt{0.0019 + 0.0036 + 0.0008} = \pm 0.^s073 \text{ tür.}$$

Bu açıklamalara göre,

- a) Ankara Çiftlik Tul Santralında, Harita Genel Müdürlüğü Astronomi Postalarının, gayri şahsi mikrometrelili Wild T4 Üiversal teodolitleri, hususi şekilde tertiplenmiş, müşeddeli radyo ve kronograf takımları kullanarak, meridyen zaman rasatları yardımıyla, 1947, 1948 ve 1949 senelerine ait tul gidiş-dönüş mukayese ölçülerinden elde edilen demi-definitif tul kıymetleriyle,
- b) Yine aynı noktada ve aynı aletleri istimal ederek Horrebow-Talcott metodu ile yapılan arz mukayese ölçülerinden elde edilen vasati arz kıymeti hatalarıyla birlikte aşağıda dercedilmişlerdir.

$$L_d. \text{ def.} = 2^h 11^m 09^s 72 \pm 0^s 02 \text{ sec } \varphi \text{ doğu}$$

$$\varphi_k \text{ değer} = 39^{\circ} 55' 43''.18 \pm 0''.11 \quad \text{kuzey}$$

Buna nazaran, Wild T3 prizmalı astrolabiyle bulunan kıymetlerle, kesin miktarlar arasında metod, alet, tesadüfi, şahsi ve sistematik hatalardan hâsıl olan farklar,

$$\text{tulde (yazar-demi-definitif)} = -0^s 06 \pm (0^s 073 - 0^s 02) \text{ sec } \varphi \text{ ve}$$

$$\text{arzda (yazar-kesin değer)} = +0^s 04 \pm (0^s 87 - 0^s 11) \text{ olarak tesbit edilir.}$$

Böylece muvakkat değerleri, ya mevcut topografik haritalardan veya tâli derece usullerle, zaman ve arz tâyin ederek elde etmek şartıyla, arazi çalışmalarında bu metodu jeodezik-astronomi işlerinde kullanmak üzere, John Ball ve Th. Niethammer usullerinden daha fazla sürat ve hesap kolaylığı temin eden iyi bir arz ve tul tâyini metodu olarak tavsiye edebilirim.

Neşre verildiği tarih 20 Aralık, 1961

B İ B L İ Y O G R A F Y A

- ANDOYER, H. H. (1909) : Course D'Astronomie, p. 243-248.
- BALL KNOX SHAX, J. (1919) : Handbook of the prismatic Astrolabe Cairo.
- CHANDON, E. - GOUGENHETM, A. (1935) : Hydrographical Reviev XII, Nr. 1, p. 39-121.
- HARZER, P. (1922-1924) : Berechnung der Ablenkungen der Lichtstrahlen in der Atmosphaere der Erde auf rein meteorologisch physikalischer Grundlage Publ. Kiel 13-14.
- NIETHAMMER, TH. (1947) Die genauen Methoden der Astronomisch-Geographischen Ortsbestimmung, Basel.
- SCHÜTTE, K. (1939) : Astronomische-Geodätische Arbeiten der Bayrischen Erdmessung. K. Heft 12.
- SCHWIDEFSKY, K. (1936) : Allgemeine Vermessungs Nachrichten. Band 254, p. 256-258 Jena.
- STECHELT, C. (1905) : Zeit und Breitenbestimmung, durch die Methoden der gleichen Zenitdistanzen.
- ZINGER, N. (1874) : Die Zeitbestimmung aus korrespondierenden Höhen verschiedener Sterne.
- VVÜNSCHMANN, F. (1931) : Über die Konstitution der Atmosphaere und die astronomischer Inflexion in ihr, Gerlands Beitrâge. 31-83.