

KERN DKM 3-A İLE ASTRONOMİK ENLEM, BOYLAM VE AZİMUT BELİRLEME

M. Acar¹, B.Turgut²

¹Niğde Üniversitesi Aksaray Müh. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Aksaray, acarmusta@yahoo.com

²Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Konya, bturgut@selcuk.edu.tr

ÖZET

Dünya'nın şeklinin belirlenmesi, dolayısıyla da bir koordinat sisteminde ifade edilebilmesi jeodezinin esas konusunu oluşturur. Astronomik yöntemle enlem, boylam ve azimutun belirlenmesinin amacı, yıldızlara yapılan gözlemler aracılığı ile, uzayda değişmez (sabit) noktalar belirlemek ve bu noktalardan yararlanarak, gözlem yerinin tanımını yapabilmek için, yerin dönme eksenini ve gözlem yerindeki çekül doğrultusuna göre kesinlikle tanımlanabilen doğrultular bulmaktır.

Astronomik gözlemler yardımı ile yeryüzü noktalarının konumlarının belirlenmesi, yer elipsoidinin boyutlarının hesaplanması, çekül sapması miktarları, iki ve üç boyutlu jeodezik ağların konumlandırılıp yerleştirilmesi gibi jeodezik problemler çözülebilmektedir.

Astronomik ölçmelerde kullanılan aletlerin ufuk sistemine uygun olarak çalışmaları için, aletlerin eksenleri bu sisteme göre yöneltilirler. Bu aletlere teodolitler veya üniversal aletler denir. Astronomik bir teodolitin dürbünü, yeter sayıda yıldızı gözlemeye elverişli ve bu yıldızların görüş alanının her yerinde kusursuz yani nokta şeklinde keskin ve net görüntülerini sağlayacak iyi ve aydınlık bir optik sistem ile donatılmalıdır. Ayrıca dürbünün görüş alanında, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik ince gözlem çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulunmalı ve çizgilerin gece de yıldızlarla birlikte görülebilmesi için görüş alanı aydınlatma olanağı sağlanmış olmalıdır. Açık dairelerinin ve düzlemlerin okunabilmesi için de ışıklandırma gerekir.

Bu çalışma, yukarıda anılan tüm özellikleri taşıyan Kern DKM3-A aleti kullanılarak Selçuk Üniversitesi Kampüsü sınırları içinde tesis edilen test ağında gerçekleştirilmiştir. Test ağında seçilen noktalarda söz konusu alet ile astronomik gözlem yapılarak noktaların, Sirkum-Meridyen Zenit Uzaklıkları Yöntemi ile astronomik enlemleri, Birinci Düşeyde Zenit Uzaklıkları ile Zaman Tayini Yöntemi ile astronomik boylamları ve Kutup Yıldızının Saat Açılıyla Azimut Tayini Yöntemi (Doğrultu Yöntemi) ile azimut değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Astronomik enlem, astronomik boylam, astronomik azimut tayini, Kern DKM 3-A

ABSTRACT

ASTRONOMICAL LATITUDE, LONGITUDE AND AZIMUTH DETERMINATION WITH KERN DKM 3-A

Definition of the shape of the Earth and therefore its representation in a coordinate system is the fundamental subject of geodesy. The aim of the determination of latitude, longitude and azimuth with astronomic methods is to find directions that can be certainly defined with respect to the earth rotation axis and the direction of deflection of vertical at the observation station. In this context, observations to the stars are carried out in order to determine stable (fixed) points and to define the observation station using these points.

With the help of astronomical observations geodetic problems such as positioning the points on the earth, computing the size of earth ellipsoid, determination of values of deflection of vertical, locating 2 or 3 dimensional geodetic networks can be solved.

Since the instruments employed for the astronomical observations should be compatible with horizon system, their axes are oriented with respect to this system. These instruments are called Theodolites or universal instruments. The ocular of a theodolite should be suitable for observing required number of stars and should have a good and enlightened optical mechanism to ensure obtaining perfect, sharp, clear point-type images of these stars at any location of the line of sight. The enlightenment is also needed for for reading angle circles and checking levels.

The observations used in this study were carried out in a test network established in the campus area of Selcuk University. The instrument used is Kern DKM3-A instrument that has the above mentioned characteristics. Using the astronomical measurements collected on the test network points, astronomical latitudes, astronomical longitudes and azimuth values were determined with the methods of Circum-Meridian zenith distances, time prediction using zenith distances on prime vertical and azimuth prediction using hour angles of pole star, respectively.

Keywords : Astronomical latitude, astronomical longitude, astronomical azimuth determination, Kern DKM 3-A

Kern DKM 3-A ile Astronomik Enlem, Boylam ve Azimut Belirleme

1. GİRİŞ

Jeodezi, gök cisimlerinden biri olan dünyanın tümünü ya da bir parçasını şekil yönünden belirlemeyi amaç edinen bir bilimdir. Bu şeklin belirlenmesi, yani bir koordinatlar sisteminde ifade edilebilmesi için, dünyanın fiziksel yüzünde seçilecek, amaca uygun noktalarda amaca uygun bilgiler elde edilmelidir. Jeodezide amaca ulaşabilmek için astronomik gözlemler yapmak zorunluluğu vardır. Jeodezik amaçlarla yapılan astronomik gözlemler ve bu gözlemlerden gerekli bilgileri çıkarmak için yapılan hesaplamalar genellikle “Jeodezik Astronomi” adı altında özel bir bilim dalı olarak incelenebilir.

Jeodezik astronominin temelinde iki ana konusu vardır.

- 1-) Gök cisimlerine rasat yaparak, yeryüzü noktalarının koordinatlarını hesaplamak
- 2-) Gök cisimlerine rasat yaparak yeryüzündeki iki noktaya göre astronomik açıklığı hesaplamak

Gök cisimlerine rasat yaparak enlem boylam ve azimutun astronomik yolla tayin edilmesinin amacı, yıldızlara yapılan gözlemler aracılığı ile uzayda değişmez (sabit) noktalar belirtmek ve bu noktalardan yararlanarak, gözlem yerinin tanımını yapabilmek için, yerin dönme eksenini ve gözlem yerindeki çekül doğrultusuna göre kesinlikle tanımlanabilen doğrultular bulmaktır.

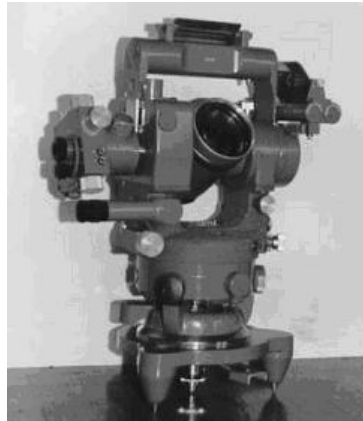
Jeodezik astronomi, tecrübeye dayanan bir bilim olmaktan ziyade bir gözlem bilimidir. Yani bilim olduğu kadar sanattır da. Zira bilimlerin bu dalı, ölçü aletlerinin kullanılması, yöntemlerin geliştirilmesi ve ölçülerin değerlendirilmesi ile uğraşır.

Çözümlerinde jeodezik astronomi ile belirlenen coğrafi enlem, boylam ve azimutun gerekli olduğu jeodezik problemler genel olarak :

- 1-) Astro - jeodezik yöntemle yerin biçiminin belirlenmesi,
 - a) Yer elipsoidinin yada yeryüzü ile en iyi uyuşan elipsoidin boyutlarının belirlenmesi
 - b) Astro - jeodezik çekül sapmaları yardımı ile jeoid profilinin belirlenmesi
- 2-) İki boyutlu jeodezik ağların yerleştirilmesi ve yönetilmesi
- 3-) Trigonometrik yükseklik ağlarının hesaplanması
- 4-) Üç boyutlu jeodezik ağların teşkili
- 5-) Kutup noktasının hareketi ile yerin dönme hızının belirlenmesi
- 6-) Geniş alanları kapsayan topoğrafik yada fotogrametrik alımlarda sabit yada pas noktalarının belirlenmesidir (Acar, 1999).

2. KERN DKM 3-A

Astronomik bir teodolit dürbünü, yeter sayıda yıldızı gözlemeye elverişli ve bu yıldızların görüş alanının her yerinde kusursuz yani nokta şeklinde keskin ve net görüntülerini sağlayacak iyi ve aydınlık bir optik sistem ile donatılmalıdır. Ayrıca dürbünün görüş alanında, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik ince gözlem çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulunmalı ve çizgilerin gecede yıldızlarla birlikte görülebilmesi için görüş alanı aydınlatma olanağı sağlanmış olmalıdır. Açık dairelerinin ve düzlemlerin okunabilmesi için de ışıklandırma gerekir (Müller, 1973).



Şekil 1: Kern DKM 3-A astronomik gözlem aleti

DKM3 – A teodolitinin özelliklerinden bazılarını şöyle sıralayabiliriz:

- 1-) Dürbün objektif açıklığı 72 mm, dürbün büyütme gücü 45 X veya 27 X ve en kısa gözleme uzaklığı ≈ 19 m dir.
- 2-) Gözleme ve açı okuma oküleri aletin yan tarafında olduğu için gözlem kolaylığı sağlar.
- 3-) Gözleme dürbünü kısadır. Dürbünün kısıklığı ve düşey eksen etrafında 360° dönme özelliği, yıldız zenit doğrultusunda olsa bile ölçü yapma kolaylığı sağlar.
- 4-) Yıldız gözlemlerinde uygulanacak yöntemlere göre, hem açı ölçmeleri hem de düzeç okumaları ile gözlem yapma olanağı sağlanmıştır.
- 5-) Açı okuma düzeni derece birimindedir.
- 6-) Gözlemlerde zamanı kaydetmek için teodolit ile yazıcı arasında bir kablo bağlantısı sağlanmıştır.
- 7-) Teodolit üzerinde açı daireleri ve düzeçlerin okunması için ışıklandırma olanağı sağlanmıştır.
- 8-) Dürbünün görüş alanında, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik gayet ince gözleme çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulunmaktadır.
- 9-) Gözlem anında, gözlem dürbünü içerisinde yıldız ile hareketli gözleme çizgisinin üst üste olmasına çaba gösterilir. Bu arada gözlem anını kaydetmek için gözleme çizgisine üniform aralıklarla ince bir kontak şeridi taşıyan bir tambur bağlanmıştır. Bu tambur kontak şeridi yardımı ile her defasında yazıcıda, eskiden gözleyicinin bir tuş ile sağladığı gibi, bir elektrik devresini kapatır. DKM3 –A da böyle 10 kontak şeridi vardır.
- 10-) Her durumda yıldızın kolaylıkla izlenebilmesi için özellikle iyi bir ışıklandırma düzenine sahiptir (Müler, 1973, Acar, 1999).

3. ENLEM BELİRLEME

Astronomik gözlem yöntemlerinin amaca en uygun ayrımları, enlem, boylam tayini ve azimut ölçmeleri olmak üzere çözümü istenen üç probleme göre yapılır. Her ne kadar ustaca bir düzenleme yapılsa ile, örneğin durak çizgileri yöntemi ve bunun farklı şekillerinde olduğu gibi, boylam ve enlem iki bilinmeyenin birlikte tayin yöntemleri düşünülmüştür. Fakat bilinmeyenlerin mümkün olduğu kadar yüksek hassasiyetle elde edilmesi istendiğinden, genellikle yalnız bir bilinmeyenin tayinini sağlayabilecek yöntemlerin uygulanması ve bu yöntemlerde kaçınılmaz hataların bu bilinmeyene etkilerinin çok küçük olmasının sağlanmasına çalışılır.

Enlem tayini yöntemleri olarak ; Meridyen zenit uzaklıkları (Sterneck) yöntemi, Horrebow-Talcott yöntemi, Sirkum-Meridyen zenit uzaklıkları yöntemi, Polaris yöntemi, Pewzow yöntemi, Struwe yöntemi, Polarisin ve bir güney yıldızının zenit uzaklığı ile enlem belirleme yöntemi, İki yıldızın eşit zenit uzunluklarıyla enlem belirleme yöntemi, Yakın elengasyondaki bir yıldız çiftinin azimutları ile enlem belirleme yöntemi, Wayfinder' a göre enlem belirleme yöntemi olarak sayılabilir.

3.1 Sirkum- Meridyen Zenit Uzaklıkları ile Enlem Belirleme

Eksiksiz bir enlem tayini için her zaman iki yıldız gözlem yapma gereğinin güçlüğü, bir yıldız, meridyen dolaylarında dürbünün iki durumunda gözlem yapmak suretiyle giderilebilir. Bu durumda yıldız her iki gözlemlerde tam meridyende bulunamaz, meridyen geçişinden biraz önce veya biraz daha sonraki bir konumdadır. Bu yüzden buna Sirkum- Meridyen zenit uzaklığı yöntemi denir.

Meridyen yakınında yıldızın zenit uzaklığı, meridyen geçişine kıyasla biraz büyük olacaktır. Bu durumda ölçülen zenit uzaklığından meridyen zenit uzaklığını bulmak için gözlem zamanının bilinmesine gerek vardır. Gözlem anındaki yıldız zamanından yıldızın saat açısı bulunur. Gözlem saat açısı yardımı ile, ölçülen zenit uzaklığından, meridyen zenit uzaklığını hesaplamak için kolay formüller geliştirilmiştir. Meridyen zenit uzaklığından daha evvel verilmiş olan basit bağıntılar ile kutup yüksekliği bulunur. Yıldız meridyene ne kadar yakınsa, meridyen zenit uzaklığına indirgeme işlemi o kadar kolay olur. Ayrıca indirgeme işlemlerini kolaylaştırmak için uygun yardımcı tablolar da düzenlenmiştir.

Gözlemin yapılışı şöyledir : Yıldız meridyen geçişinden önce bir süre (belki on dakika) önce uygulama yapmaya başlanır, yani yatay orta çizgiden geçişinden biraz öncesine getirilerek beklenir. Yıldız yatay çizgi üstüne getirilerek kısa bir işaret verilir ve yazıcı bu işaretle saati 0.1^s ye kadar okur ve kaydeder. Sonra daire okumaları yapılır. Eğer yeterli zaman varsa aynı dürbün durumunda okumalara devam edilir (yaklaşık 1'er dakika aralıkla). Yıldızın meridyen geçişinden sonra da aynı aralıklarla gözlemlere devam edilir. Refraksiyonun hesaplanması için ısı ve basınç ölçülür.

Gözlemler meridyenden çok açıkta yapılmamalı ve ayrıca yıldızlarında zenite çok yakın olmasından sakınılmalıdır. Çünkü bu durumlarda sözü edilen indirgeme formüllerine göre düzeltmeler çok büyük çıkarlar. Orjinal yöntem karşılık burada ölçülerin kendileri için saate gerek vardır. Değerlendirme için de yıldızın rektesansiyonu yıldız cildinden alınmalıdır. Ancak bu durumda, saatin okunması için ön koşul olan hassasiyet 0.1^s yeterlidir. O halde α için

Kern DKM 3-A ile Astronomik Enlem, Boylam ve Azimut Belirleme

doğrusal enterpolasyon yapılır ve kısa periyotlu nutasyon dikkate alınmaz. Bu yöntem gözlemlerde ve değerlendirmede daha fazla işlemi gerektirir. Ancak dolunay, az kapalı gökyüzü ve benzeri gözleme uygun olmayan şartlarda çok az sayıda yıldız gözlem yapma imkanı bulunuyorsa yapılabilir.

Yıldızın meridyen dolaylarında ölçülen ve refraksiyon dolayısı ile düzeltilen zenit uzaklığı z ve gözlem anı T den hesaplanacak saat açısı t den

$$\tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t} \quad (1)$$

olmak üzere durak nokrasının enlemi, $\delta < \phi$ ise yani yıldız baş ucu noktasının güneyinde ise

$$\cos(\phi - M) = \frac{\cos z \sin M}{\sin \delta}, \quad \phi = (\phi - M) + M \quad (2)$$

veya $\delta > \phi$ ise, yani yıldız başucu noktasının kuzeyinde ise

$$\cos(M - \phi) = \frac{\cos z \sin M}{\sin \delta}, \quad \phi = M - (M - \phi) \quad (3)$$

bağıntıları ile bulunur.

Yıldızın meridyen dolaylarında ölçülen ve refraksiyon dolayısı ile düzeltilen yüksekliği h , meridyendeki yüksekliği h_0 ise

$$h + \Delta h = h_0 \quad (4)$$

yazılabilir. Δh meridyen dolaylarında küçük olduğundan

$$A = \frac{\cos \phi \cos \delta}{\cosh_0}, \quad a = 2\rho \sin^2 \frac{t}{2} \quad (5)$$

gösterilişi ile

$$\Delta h = Aa - \frac{\Delta h^2}{2\rho} \tanh_0 \quad (6)$$

yazılır. İlk yaklaşıkla $\Delta h \approx Aa$ kabul edilirse

$$B = A^2 \tanh_0, \quad b = 2\rho \sin^4 \frac{t}{2} \quad (7)$$

gösterilişi ile

$$\Delta h = Aa - Bb \quad (8)$$

elde edilerek ϕ enlemi, c olmak üzere

$$\phi = \delta + 90^\circ - h - \Delta h = \delta + z - \Delta h \quad (9)$$

bağıntısı ile hesaplanır. $\delta > \phi$ ise, yani yıldız başucu noktasının kuzeyinde ise, bu takdirde

$$\phi = \delta - z + \Delta h \quad (10)$$

şeklini alır.

Türkiye’de enlem tayini için, deklinasyonu -35° ile 20° arasında olan yıldızlar seçilmelidir (Erbudak ve Tuğluoğlu, 1984, Acar, 1999).

4. BOYLAM TAYİNİ

Boylam ile zaman tayini eş anlamlıdır. Önceleri saatin durum ve gidişini belirtmek için astronomik zaman tayini yapılıyordu. İlk defa yüzyılımızda saptanmış olduğu üzere dünyanın dönüşü düzenli olmadığı için çalışmalar yer saatinin durum ve gidişini saptama amacına yönelmiştir. Düzenli zaman bugün atom saatleri ile sağlanmaktadır. Ancak yeryüzünde bulunulduğu için, eskiden olduğu gibi şimdide dünyanın dönüşüne dayanılarak tanımlanan zaman esas olmakta ve yıldızlar yardımı ile doğrultular ölçülecekse, yine bu zaman kullanılmaktadır.

Herhangi bir yerde o yerin yıldız zamanı astronomik yoldan tayin edilmişse, bununla o yerin boylamını bulmak mümkündür, çünkü;

$$\theta_{Gr} = \theta_\lambda + \lambda \text{ veya } \lambda = \theta_{Gr} - \theta_\lambda \quad (11)$$

dır (λ batıya doğru pozitif sayılır).

Prensip olarak, gözlenen yıldız ne kadar hızlı hareket ederse, yani görüş alanında ölçü çizgisinden ne kadar çabuk geçerse, zaman o kadar hassas tayin edilir. Bu arada tekrar yıldızın düşey daire veya almukantarattan geçişinin gözlenebileceği olanaklar vardır.

Boylam veya zaman tayini yöntemleri olarak, Meridyen yöntemi, Birinci düşeyde zenit uzaklıkları ile zaman tayini, Zinger yöntemi, Döllen yöntemi, Simetrik gözlemlerle zaman tayini, Yatay açılarla boylam belirleme, Mayer yöntemi, Kwee Van Woerden yöntemi sayılabilir (Müler, 1973).

4.1. Birinci Düşeyde Zenit uzaklıkları ile Zaman Tayini

Zaman tayini problemi, belli bir saat zamanına karşılık olan yerel zamanı (yıldız zamanı, ortalama veya gerçek zamanı) veya diğer bir deyişle belli bir saat zamanına karşılık olan yerel zaman ile bilinen saat zaman farkı ΔT saat düzeltmesinin belirlenmesidir. $S(\alpha, \delta)$ yıldızının gözlenmesinde kullanılan saat yıldız zamanına göre işliyor ve T anını gösteriyor ve hatası da ΔT ile

$$T + \Delta T = \theta = t + \alpha \text{ veya } \Delta T = t + \alpha - T \quad (12)$$

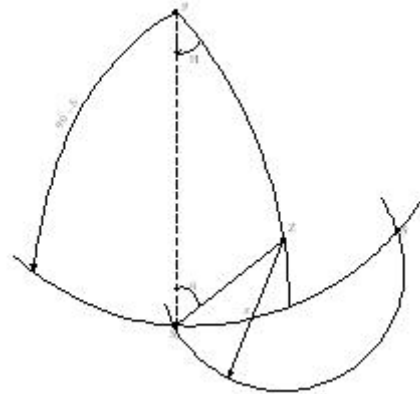
olur. Eğer gözlemden kullanılan saat ortalama zamana göre işleyen bir saat ise, T ortalama zamanı gösterir ve $\theta = \alpha + t$ yıldız zamanı bu durumda zaman bahsinde anlatıldığı şekilde ortalama zamana dönüştürülmelidir.

(12) ye göre ΔT saat düzeltmesinin belirlenmesi için konumu bilinen bir yıldız gözlem yaparak t saat açısının hesaplanması gerekir.

ΔT saat düzeltmesinin inceliği ilk planda gözlem için seçilen yıldızın α, δ koordinatlarına bağlıdır. Bu nedenle seçilecek yıldızın, koordinatlarının yıllıklardan istenen incelikte alınabilecek temel yıldızlar olması gerekir.

Birinci düşey daire üzerinde $a = 90^\circ$ veya $a = 180^\circ$ olduğundan, yıldızın hızı birinci düşey daire üzerinde en büyük değerini alır. Bu durumda zenit ölçümleriyle boylam tayininde birinci düşey daire yakınında gözlem yapılmalıdır. (Altınsoy ve Şenol, 1997)

Enlemi ϕ olan bir yerde (α, δ) koordinatı belli olan bir yıldız gözlem yapılarak z zenit uzaklığı ölçülmüşse yıldızın Gauss Küresi üzerindeki yeri çizilebilir (Şekil 2).



Şekil 2: Yıldızın 1. Düşey dairedeki yeri

S yıldızının yeri P ve Z noktalarından $(90^\circ - \delta)$ z küresel yarıçapları ile çizilen dairelerin kesişme noktalarıdır. Bu daireler birbirini q paralaktik açısı altında keserler.

Yıldızların yerini, büyük bir kesinlikle elde etmek için dairelerin dik açı altında kesişmeleri veya q paralaktik açının en büyük olması gerekir. Bu şart ise, zenit ölçümü yapıldığında, yıldız ancak birinci düşey daire üzerinde ise sağlanabilir.

Yıldız birinci düşey dairede iken q paralaktik açısı da büyük olacağından, hem $d\phi$ hem de $d\delta$ hatalarının etkisi ortadan kalkar. Zenit uzaklığı hatasının etkisi azalır. Bir yıldız birinci düşey daire üzerinde iken azimutu 90° dir.

$$\sin z \cos a = -\sin \delta \cos \phi + \sin \phi \cos t \cos \delta \quad (13)$$

bağıntısında $a = 90^\circ$ konulursa

$$\cos t = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \quad (14)$$

bulunarak

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t \quad (15)$$

bağıntısında yerine konulursa

$$\cos z = \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \quad (16)$$

Kern DKM 3-A ile Astronomik Enlem, Boylam ve Azimut Belirleme

birinci düşey daire üzerindeki bir yıldızın saat açısı ve zenit uzaklığını veren bağıntılar elde edilir.

$\delta < 0$ ise $z > 90^\circ$ olur ve dolayısı ile yıldız ufuk düzleminin altında olacağından birinci düşey daire üzerinde gözlenemez. $\delta > \phi$ ise, yıldız birinci düşey daireden hiç geçmez

Kullanılan saatin verdiği zaman, zaman işareti vericilerinde olduğu gibi doğru kabul edilirse ΔT ile dünya gözlem yeri yıldız zamanına dönüştürülmesi için verilen λ_0 boylamından, λ düzeltilmiş boylamını bulmak için gerekli düzeltme miktarı elde edilmiş olur. Yani, λ batıya doğru pozitif alınırsa, $\lambda = \lambda_0 + \Delta T$ eşitliği geçerli olur (Müler, 1973, Acar, 1999).

5. AZİMUT BELİRLEME

Azimut ölçmeleri, gözlem noktasından, diğer nirengi noktasındaki gözlem plakası ile belirtilen başka bir yer noktasına ait doğrultuyu belirtmeye yarar. Astronomik azimut ölçmelerinin büyük önemi jeodezik ağların yönlendirilmesi ve kontrol edilmesinden ibarettir.

Yıldızların seçimine göre azimut hesaplamalarında da hem gözlem yeri yıldız zamanının ve hem de gözlem yeri enleminin tam değerleri ile bilinmesi gerekmez. Bu her iki değerden birisi azimutla birlikte yıldızın geçiş zamanlarından faydalanılarak hesaplanabilir. Gözlem yerinin yıldız zamanı biliniyor kabul edilirse azimutun istenen her doğrultu için aynı hassasiyette tayin edileceği söylenebilir. O halde gözleme plakasının hangi azimutta olduğunun bir önemi yoktur.

Azimut belirleme yöntemlerinden bazıları ; Kutup Yıldızının Saat açılarıyla Azimut Tayini (Doğrultu Yöntemi), Kulminasyona Yakın Yıldızların Saat Açılıyla Azimut Tayini, “Pole Star Table” Çizelge Değerleri ile Azimut Tayini, Yıldızların Zenit Uzaklığı İle Azimut Tayini, Güneşin Saat Açılıyla Azimut Tayini, Güneşe Simetrik Gözlemlerle Azimut Tayini, Eşit Yükseklik Açılıyla Azimut Tayini, Zenit Uzaklığının Değişim Hızından Yararlanarak Azimut Tayini olarak sayılabilir (Erbudak ve Tuğluoğlu, 1984, Acar, 1999).

5.1. Kutup Yıldızının Saat Açısı ile Azimut Tayini

Coğrafi koordinatları bilinen bir P (ϕ, λ) noktasında bir S (α, δ) yıldızını gözlem yaparak yıldızın düşey gözlem çizgisinden geçiş anı T kaydedilmiş ise, ΔT saat düzeltmesi olmak üzere yıldızın saat açısı

$$t = T + \Delta T - \alpha \quad (17)$$

bağıntısı ile ve yıldızın astronomik azimutu ise

$$\cot ga = \frac{\sin \phi \cos t - \cos \phi \tan \alpha}{\sin t} \quad (18)$$

veya

$$\tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t}, \quad \tan a = \frac{\tan t \cos M}{\sin(\phi - M)} \quad (19)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Gözlemde ortalama zamana göre işleyen bir saat kullanılıyorsa, T gözlem zamanı saatin gidiş hatsına göre düzeltildikten sonra yerel yıldız zamanı bulunarak

$$t = \theta - \alpha \quad (20)$$

yıldızın saat açısı elde edilir. Günlük aberasyon etkisi yıldız koordinatlarının bulunmasında dikkate alınacağı gibi, kolaylık bakımından bulunacak a azimutuna

$$da = -0''.32 \cos \phi \cos a \cos ecz \quad (21)$$

bağıntısına düzeltme olarak da getirilebilir.

Yıldız ile bir yer noktası (N) arasındaki β açısı da ölçülmüş ise, N noktası doğrultusunun jeodezik azimutu

$$A_N = a \pm 180^\circ + \beta \quad (22)$$

olur.

Yatay açı β nın bulunmasında alet hatalarının dikkate alınması gerekir. S yıldızına gözlemde aletin muylu eksen eğikliği i , N yer noktasına gözlemde i_N , Aletin kolimasyon hatası c , S yıldızının zenit uzaklığı z_S ve N noktasının zenit uzaklığı z_N , S yıldızına gözlemde yatay açı bölüm tablasındaki okuma L_S ve N yer noktasında gözlemde L_N ise

$$\beta = L_N - L_S - i_S \operatorname{ctg} z_S + i_N \operatorname{ctg} z_N \pm c(\cos ecz_S - \cos ecz_N) \quad (23)$$

yıldız ile yer noktası arasındaki yatay açıyı veren bağıntı yazılır. Yıldız ve yer noktasına aletin her iki durumunda gözlem yapıp ortalaması alındığında kolimasyon ve muylu eksen hatası etkileri yok olur. Ancak dürbünün iki durumunda gözlem yapmak suretiyle muylu eksen hatası ile aynı olan asal eksenin eğiklik hatası yok edilemez ve bu

hata düzeç okumaları ile ölçülerek β açısının hesabında dikkate alınmalıdır. Ayrıca yatay açı bölüm tablasının daire bölüm hatalarının sistematik etkisini yok etmek içinde bölüm tablasının değişik yerlerin de birden fazla ölçü yapılmalıdır.

Eğer hedef , dürbünün her iki durumunda gözlenir ve okumaların ortalaması alınır, kolimasyon hatasının etkisi yok olur. Bu yüzden azimut ölçmelerinde mutlaka dürbünün iki durumunda gözlem yapılır. Ancak yıldız gözlemlerinde iki durum arasında geçen zamanda yıldızın zenit uzaklığının değiştiği göz önünde tutulmalıdır. Her iki durumdaki gözleme birbiri ardına yapılmışsa, cosecz deki değişim çok küçük olacaktır ve kolimasyon hatasının da çok küçük bir değerde olacağı nedeniyle c.cosecz için pratik olarak hiçbir değer değişimine yol açmaz. Bu durum çok yavaş hareket eden Kutup yıldızı için her zaman geçerlidir.

En büyük digrasyonların da bulunan yıldızların gözlenmesi halinde, küçük enlemlerde büyük kutup uzaklıkları olan ve bu yüzden zenit uzaklıkları çabuk değişen yıldızlara gözleme yapılıyorsa dikkatli olunmalıdır.

Bu arada, gözleme plakasına bakıştaki daire okumasında asal eksen eğikliğinin önemsiz olduğuna işaret etmek gerekir. Çünkü gözleme plakası genellikle ufka yakın bulunur. Yani cotan z değeri her zaman çok küçüktür. O halde asal eksen eğikliğinin hatası çok küçüktür (Erbudak ve Tuğluoğlu, 1984, Acar, 1999).

6. SAYISAL UYGULAMA

Gök cisimlerine uygulama yapmadan önce gözlem planlarının hazırlanması gereklidir. Çünkü gözlem günündeki hava şartları gözlemci için önemlidir. Yaklaşık olarak astronomik bir gözlem planı şöyle hazırlanır.

- 1) Gözlem yapılacak gün belirlenir.
- 2).Gözlem yapılacak gün için hava durumu tahmin raporlarına bakılarak gözlem yapmanın uygun olup olmadığına bakılır.
- 3) Gözlem yapılacak yöntem belirlenir.
- 4) Astronomik gök atlasından veya yıldız kataloglarından gözlem yapılacak yıldız veya yıldızlar belirlenir.
- 5) Belirlenen yönteme göre yıldızların meridyenden (veya birinci düşeyden) geçişleri hesaplanır.
- 6) Astronomik gözlemlere uygun gözlem aletleri kullanılarak gözlemler yapılabilir.

Astronomik gözlemler Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs yerleşim bölgesinde Kampüs GPS Test Ağında 02, 13, 14, 15, 16, 17 no lu noktalarda toplam 6 noktada yapılmıştır. Gözlemlerde, astronomik gözlemler için üretilmiş olan Kern DKM 3-A üniversal teodoliti, Omega OTR6 yazıcısı, Drake R7 zaman alıcısı ve ışıklandırma tertibatı, gözlenecek yıldızların belirlenmesinde Ege Üniversitesi' nin hazırladığı Astronomik Gök Atlası, hesaplamalarda ise Harita Genel Komutanlığı'nın hazırlamış olduğu Astronomik Almanak kullanılmıştır Gözlemler Temmuz ve Ağustos 1998'de yapılmıştır (Acar, 1999).

Yapılan astronomik gözlemlerde enlem belirlemek için Sirkum - Meridyen Zenit Uzaklıkları Yöntemi kullanılmıştır. Gözlemlerden önce seçilen yıldızların meridyenden geçiş zamanları hesaplanmış, yıldız yaklaşık olarak meridyene girmeden 10 dakika önce gözlemlere başlanmış ve olabildiğince sık olarak yıldız gözlem yapılmıştır. Yıldız meridyen geçişinden 10 dakika sonrasına kadar gözlemler devam etmiştir. Gözlemlerde yıldızın geçiş zamanları kaydedilmiş ve yıldızın zenit uzaklığı ölçülmüştür. Gözlemlerde OPHIUCHUS (Yılan) takım yıldızının parlak yıldızı α OPH, AQUILA (Kartal) takım yıldızının parlak yıldızı α AQL ve PEGASUS (Kanatlı At) takım yıldızının parlak yıldızlarından olan ϵ PEG kullanılmıştır

Yöntemin üstünlüğü meridyen doğrultusunun tam olarak yerinin bilinmesine gerek olmaması ve havanın hafif kapalı olduğu zamanlarda çok iyi sonuçlar vermesidir.

Astronomik boylam belirlemesi için, gözlem gününde, gözlem yapılacak yıldızların birinci düşey dairenden geçiş (doğuş veya batış) zamanları hesaplanmıştır. Yıldız birinci düşeye girmeden yaklaşık olarak 10 dakika önce gözlemlere başlanarak zaman ve zenit açıları ölçülmüştür. Bu gözlemler yıldızın birinci düşeyden geçişinden 10 dakika sonrasına kadar sürmüştür. Gözlemlerde PEGASUS (Kanatlı At) takım yıldızının en parlak yıldızı olan α PEG ve BOOTES (Çoban Yıldızı) takım yıldızının en parlak yıldızı α BOO kullanılmıştır.

Yöntemin üstünlüğü iki yıldız gözlem yapmak zorluğu yerine tek yıldız aletin birinci ve ikinci durumunda gözlem yapılarak aynı hassasiyette sonuçlar elde edilebilmesidir. Gözlem sonuçlarının değerlendirilmesinin kolay olması yöntemin diğer bir üstünlüğüdür.

Gözlemlerin yapılışı ve gözlem sonuçlarının değerlendirmesi Acar 1999'da ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.

Kern DKM 3-A ile Astronomik Enlem, Boylam ve Azimut Belirleme

NOKTA NO	ASTRONOMİK ENLEM	ASTRONOMİK BOYLAM
02	38° 00' 13".77	32° 31' 20".40
13	38° 00' 11".97	32° 31' 02".10
14	38° 00' 17".66	32° 30' 49".05
15	38° 00' 35".49	32° 30' 20".25
16	38° 00' 49".13	32° 30' 27".00
17	38° 00' 27".02	32° 30' 34".20

Tablo 1: Astronomik gözlemlerden elde edilen enlem ve boylamlar değerleri

Azimut belirlemelerinde kutup yıldızından yararlanılarak uygulamada 02 - 13, 17 - 15, 14 - 13, 15 - 02, 15 - 16, 16 - 14 doğrultuları belirlenmiştir. Fiziksel yeryüzünde astronomik gözlemlerle bulunan ve ortalama kutup noktası CIO'ya indirgenmiş astronomik azimutun elipsoidal azimuta indirgenmesi gerekir. Bu indirgeme Laplace denklemi yardımı ile yapılır. Bu denklem yardımı ile bulunan astronomik azimut değerine hedef noktası ve normal kesitten jeodezik eğriye geçiş indirgeme değerleri getirilerek elipsoide indirgenmiş azimut azimut değerleri elde edilmiştir (Tablo2).

BELİRLENEN DOĞ.	ASTRONOMİK AZİMUT	İNDİR. AZİMUT (α')
02 - 13	238° 59' 07".87	238° 58' 59".1
17 - 15	111° 46' 33".74	111° 46' 27".3
14 - 13	168° 42' 25".70	168° 42' 30".0
15 - 02	101° 14' 32".40	101° 14' 43".3
15 - 16	338° 38' 48".74	338° 38' 59".6
16 - 14	129° 44' 47".54	129° 44' 49".7

Tablo 2: Astronomik ve indirgenmiş azimut değerleri

7. SONUÇ

Jeodezik ya da astronomik ölçmelerde istenen doğruluğa ulaşmak için gerekli unsurlardan bir tanesi de ölçmelerde kullanılan aletlerin istenen doğrulukta ölçme yapabilme özelliğine sahip olmasıdır. Kern DKM 3-A, teodolitinin dürbününün, yeter sayıda yıldızı gözlemeye elverişli olması, bu yıldızların görüş alanının her yerinde kusursuz yani nokta şeklinde keskin ve net görüntü sağlaması, aydınlık bir optik sistem ile donatılması, dürbününün kısa olması nedeni ile düşey eksen etrafında 360° dönme özelliği, yıldızla zenit doğrultusunda olsa bile ölçü yapma kolaylığı sağlaması, gözlemlerde uygulanacak yönteme göre, hem açı ölçmeleri hem de düzeç okumaları ile gözlem yapma olanağı sağlaması, gözlemlerde zamanı kaydetmek için teodolit ile yazıcı arasında bir kablo bağlantısı bulundurmaması, teodolit üzerinde açı daireleri ve düzeçlerin okunması için ışıklandırma olanağı sağlaması, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik gayet ince gözleme çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulundurmaması nedeniyle astronomik gözlemler için yeterli olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Acar M., 1999, *Astronomik Gözlem Sonuçları ile Jeodezik Gözlem Sonuçlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Aksoy A., 1987, *Jeodezik Astronominin Temel Bilgileri (Küresel Astronomi)*, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Altınsoy G., Şenol Ö., 1997, *Ankara'nın Boylamını Belirleme*, Lisans Tezi, A. Ü. Astronomi ve Uzak Bilimleri Bölümü, Ankara
- Arslan E., *Jeodezik Astronomi Ders Notları*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Erbudak M., Tuğluoğlu A., 1984, *Geodezik Astronomi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, 334 sayfa
- Müller H., 1973, *Kern DKM 3-A ile Yapılan Astronomik Gözlemlerle Yer, Zaman ve Azimut Tayini*, (Çeviri : M. Gündoğdu Özgen, A. Aksoy), İstanbul Teknik Üniversitesi, 127 sayfa
- Turgut B., 1996, *Jeodezik Astronomi Ders Notları*, Selçuk Üniversitesi, Konya (Basılmadı)
- Astronomik Almanak, 1998, Harita Genel Komutanlığı Yayınları (Yayın No: 23), Ankara
- Gök Atlası, 1998, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Uzak ve Astronomi Bilimleri Bölümü, İzmir