**GÖZLEM HAZIRLIĞI**

**1. YILDIZ SEÇİMİ**

Ankara Üniversitesi Rasathanesi’nde farklı türden yıldızlara ilişkin yapılan gözlemler ışık ölçümüne dayalı (fotometrik) yöntemlerle elde edilmektedir. Fotometrik yöntemler arasında kolay uygulanabilirlik ve cisimlerin parlaklıklarındaki küçük değişimleri ölçebilmek adına en duyarlı yöntem diferansiyel (fark) ışıkölçüm (fotometri) yöntemdir. Bu yöntem genellikle kısa dönemli değişen yıldızlar ve örten değişen yıldızlarda çok kullanılmaktadır. Diferansiyel ışıkölçümünde değişen yıldızının parlaklığına ve rengine yakın mukayese yıldızı olarak adlandırılan ikinci bir yıldız kullanılır. Mukayese yıldızı olarak, uzun zaman aralığında parlaklık değişimi göstermeyen “sakin” bir yıldız seçilmelidir. Bununla birlikte mukayese yıldızı değişen yıldızına olabildiğince yakın konumda bir yıldız olmalıdır (açısal olarak tercihen bir derecenin içerisinde bulunmalıdır). Bu sayede gözlemci iki yıldız arasında hızlı bir sekilde geçis yapabilir. Yakın bir mukayese yıldızı seçmedeki diğer önemli bir neden ise sönümleme düzeltmesi yapılma aşamasında karşımıza çıkar ve diferansiyel ışıkölçümü sayesinde sönümleme, dikkate alınmayacak kadar küçük bir etkiye neden olur. Bunun nedeni ise her iki yıldızın gözlem anında hemen hemen aynı hava kütlesinde bulunması ve bu nedenle de sönümleme miktarının yaklaşık aynı olmasıdır. Diferansiyel ışıkölçümü yöntemindeki temel prensip, mukayese yıldızına göre değişen yıldızında meydana gelen değişimlerin elde edilmesidir. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta mukayese yıldızının da gece boyunca sık sık gözlenmesidir, çünkü gece boyunca bu yıldızın gökyüzündeki konumu sürekli değişim gösterir. Bu yöntemle yapılan ışıkölçümüne dayalı çalısmaların duyarlılığı son derece iyidir (0.005 kadir) ve atmosferik kosulların iyi olmadığı veya değistiği bölgeler için tercih edilen bir gözlem yöntemidir. Belirli kriterlere uyan herhangi bir yıldız, mukayese yıldızı olarak kullanılabilir. Fakat yine de ikinci bir yıldız seçilerek gözlemlerin daha güvenilir olması sağlanır. Bu yıldıza Denet yıldızı adı verilir. Mukayese yıldızında değişim olup olmadığını kontrol amacıyla kullanılır. Denet yıldızının gözlemleri, mukayese yıldızı kadar sık yapılmaz. Diferansiyel ışıkölçümünün bir baska avantajı çoğu cisim için standart sisteme kalibrasyonun yapılma zorunluluğunun olmamasıdır. Bu gözlem yönteminin dezavantajı ise hesaplanan parlaklık farkının standart sistemde ölçülenden farklı olmasıdır. Fakat belirli bir dedektör ve filtre kullanıyorsanız ve mukayese olarak seçilen yıldızın rengi değişen yıldızı ile uyum içerisinde ise standart sisteme çok yakın değerlere ulasmak mümkündür. Bir baska dezavantajı ise sonuçlarınızın parlaklık farkı olmasıdır. Gerçek parlaklık ve renklere ulasılabilmesi için kullandığınız mukayese yıldızının standart bir yıldız olması gerekir, aksi durumda standart parlaklık değerlerine geçmeniz mümkün olamaz. Fakat bu yöntemle elde edilen sonuçlar ısık eğrisinin biçimi ya da örten değişen bir yıldızın minimum zamanının belirlenmesi gibi birçok proje için yeterince iyi sonuçlar verecektir. Isıkölçüm teknikleriyle ilgili daha detaylı bilgi gözlem ve indirgeme bölümünde aktarılacaktır.

Diferansiyel ısık ölçümün gerektirdiği kosullar çerçevesinde, gözlemi yapılacak olan değişen yıldıza göre seçilecek olan mukayese ve denet yıldızları için özellikle asağıdaki üç kritere dikkat edilmesi gerekir:

- Mukayese ve denet yıldızlarının tayf türlerinin değişen yıldızın tayf türüne yakın olmalıdır (Örneğin G5 tayf türündeki bir değişen yıldız için seçilecek mukayese ve denet yıldızlarının tayf türleri G0 – K0 aralığında olmalı). Tayf türü farkının fazla olması renk düzeltmesini gerektirir.

- Mukayese ve denet yıldızları, değişen yıldıza mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Bu sayede gözlem daha hızlı yapılır ve sönümlemenin etkisi minimuma indirilmis olur.

- Mukayese ve denet yıldızlarının görünür parlaklıkları değişen yıldızın görünür parlaklığına mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Parlaklık farkının fazla olması durumunda fotokatlandırıcı tüp ile yapılan gözlemlerde “tasma” (overflow) hatası meydana gelirken, ccd ile yapılan gözlemlerde benzer sekilde sönük olan yıldızı doyurmak için kullanılan poz süresinde parlak olan yıldız için elde edilen sayımlarda aşırı doyma veya taşma meydana gelecektir.

Mukayese ve denet yıldızlarının seçiminde, yukarıda da bahsedildiği gibi yıldızların uzun zaman aralığında parlaklık değişimi göstermediğinden emin olunmalıdır. Bunun için mukayese ve denet yıldızların iliskin katalog ve literatür bilgileri incelenmelidir. Her ne kadar yıldız haritası hazırlamak için kullanılan “GUIDE” programı yıldızların türleri hakkında bilgiler verse de güncel bilgileri edinmek açısından literatür bilgilerini incelemekte yarar vardır. Bu bağlamda yaygın olarak kullanılan iki organizasyon Strasbourg Astronomi Veri Merkezi (Centre de Données astronomiques de Strasbourg – CDS) ve SAO/NASA Astronomik Veri Sistemi (The SAO/NASA Astrophysics Data System – NASA ADS)’dir. Mukayese ve denet yıldızlarına iliskin aranan tüm bilgiler ilgili organizasyonların internet sitelerinden elde edilebilmektedir.

**2. EVRE HESABI**

Gözlemevlerinde farklı cisimlere iliskin yapılan gözlemler, birçok farklı hesap gerektirmektedir. Bu hesaplamalardan en önemli iki tanesi gökcisminin doğma-batma zamanları ile özellikle değişen yıldızlarda kullanılan evre hesabıdır. Bu iki temel hesap zamana dayalı hesaplamalar olduğundan, bu bölümde astronomide kullanılan bazı zaman tanımlarıyla ilgili bilgiler vermek faydalı olacaktır:

**2.1. Jülyen Günü**

Baslangıç noktası olarak tanımlanmış olan düzeltilmiş jülyen takviminde M.Ö. 1 Ocak 4713 tarihinin öğlen Evrensel Zamanından sonra geçen tam gün sayısıdır. Bu gün, Pazartesiye gelmektedir. İlk geçen gün, 0. Jülyen Günü olarak ele alındığı için, herhangi bir Jülyen Günü 7’ye tam bölünüyorsa hep Pazartesi olur. Negatif günler de tanımlıdır. Jülyen gün sayısı, takvim tarihleri tamsayı olan, oldukça basit bir takvimdir. Bu kullanım, karşılaştırma, hesaplama ve dönüşüm için çok uygundur. Farklı iki tarih arasındaki zaman, basit bir çıkarma islemi ile bulunabilir. Jülyen gün sistemi gökbilimciler tarafından ortaya atılmıs olan, farklı takvimlerle ilgili hesaplamalarda kullanılabilen ve farklı tarihsel hesaplamaları birlestirmek için kullanılabilen tekil bir tarih sistemidir. Jülyen günü ve Jülyen tarihi, bir takvimden diğerine herhangi bir tarihin dönüstürülebilmesine karsın, Jülyen takvimi ile doğrudan bağlantılı değildir.

**2.2. Jülyen tarihi**

Aynı başlangıç zamanından beri geçen kesiksiz gün sayısı ve öğlenden geçen gün kesrinin toplamıdır. 17 Mart 2017, saat UT 14:00 için Jülyen tarihi 2457830.083333’dür. Bunun tamsayı kısmı Jülyen gün sayısıdır. Kesir kısmı ise UT cinsinden öğleden beri geçen gün miktarıdır. UT cinsinden geceyarısı da 0.5 değerine karsılık gelir. 64-bitlik ondalık sayı (çift duyarlıklı) 1 milisaniye duyarlıkla Jülyen tarihini temsil eder.

**2.3. Güneş-merkezli Jülyen Günü (Heliocentric Julian Day (HJD))**

Güneş merkezine göre hesaplanan Jülyen günüdür ve bu nedenle de normal Jülyen gününden 8.3 dakika kadar farklıdır. Bu fark, Günes ısığının Yer’e ulasması için geçen zaman kadardır. Jülyen günü kimi zaman HJD’den ayırdetmek için Yermekezli Jülyen Günü (Geocentric Julian Day (GJD)) olarak da tanımlanır. Gözlemler sırasında gözlemlerinize ait kaydedilen zamanlar ister yerel zaman, UT (Universal Time – Evrensel Zaman), Jülyen günü, yıldız zamanı veya ne olursa olsun, tümü yer merkezli zamanlar olacaktır. Yani yıldızdan gelen sinyalin Yer’e ulastığı ana iliskin zamanlarınız olacaktır. Dünya’daki diğer astronomlarında paylastığı gibi gözlemlere iliskin zamanların Günes merkezine indirgemesi yapılarak yerel konumdan bağımsız gözlemsel değerler elde ederek gözlemler, baska yapılmıs gözlemler ile birlestirilebilir veya sizin gözlemlerinizi baska arastırmacılar alarak kullanabilmesi sağlanır. Bu durum Yer’in Günes çevresinde dolanması sırasında yörüngenin herhangi bir yerinde sinyalin ulasma zamanı ile yörüngenin baska bir konumunda iken sinyalin ulasma zamanının birbirinden farklı olmasından kaynaklanır. Zamana bağlı değişimlerin gözlemi yapıldığına göre, değişimlerin ortak bir noktaya ulasması durumunda karsılastırma yapmak daha doğru olacaktır. Buna güzel bir örnek Yer’in yörüngesindeki konumuna bağlı olarak yıldızdan gelen sinyalin Günes’e ulasmadan 8dk19sn daha önce veya Günes’e ulastıktan 8dk19sn sonra Yer’e ulasması ile verilebilir (bkz. Şekil 1). Gözlemi yapılan bir yıldız için Heliocentrik düzeltme Yer’in bulunduğu konuma göre negatif, pozitif veya sıfır değerini alabilir. Yıldızın ekliptik doğrultusunda bulunması durumunda maksimum değere ve bunun dısındaki konumlar için yukarıdaki değerlerden daha küçük düzeltmeler yapılması gerekmektedir. Yıldızın kuzey veya güney kutbunda olması durumunda bu düzeltme yıl boyunca sıfır olacaktır.



**Şekil 1.** Yıldızdan gelen bir sinyalin Yer’in yörüngesi üzerindeki konuma göre ulasma süresi

Yer merkezli Jülyen gününden Günes merkezli Jülyen gününe geçis için kullanılan denklem asağıdaki gibidir;

Hel.Corr. = -KR[Cosθ Cosα Cosδ + sinθ (Sinε Sinδ + Cosε Cosδ Sinα)]

Burada,

K = ısığın bir astronomi birimi yolu alması için geçen zaman = 8dk19sn = 0d.0057755

R = Yer-Günes uzaklığının astromi birimindeki gerçek değeri.

θ = Günesin boylamı

ε = Ekliptiğin eğimi = 23°27’

α = Yıldızın sağaçıklık değeri

 δ = Yıldızın dik açıklık değeridir.

Burada R ve θ gözlem zamanına bağlıdır, α ve δ ise gözlenen yıldıza bağlıdır. K ve ε ise sabit değerlerdir. Buradaki R ve θ değerleri ya gözlemci tarafından hesaplanır ya da almanaklardan gözlem tarihi için doğrudan alınır. Yer merkezli Jülyen gününden Günes merkezli Jülyen gününe geçis için düzeltme terimi hesaplandıktan veya bulunduktan sonra yapılacak islem, gözlem zamanlarına iliskin hesapladığınız Jülyen Günü (JD) değerlerine ilave etmeniz olacaktır.

JD(hel.) = JD(yer merkezli) + hel.düzelt.

Jülyen Günü’nün hesaplanması için asağıdaki islemler yapılır:

YYYY = yıl

MM = ay

DD.dd:

gün ve gün kesri olmak üzere,

MM > 2 ise,

Y = YYYY ve m = M

MM = 1 veya 2 ise,

y = YYYY - 1 ve m = MM + 12

alınır. Bu islemden sonra,

YYYY.MMDDdd ≥ 1582.1015 ise,

A = INT(y / 100), B = 2 – A + INT(A / 4)

YYYY.MMDDdd < 1582.1015

ise A ve B terimlerini hesaplamaya gerek yoktur.

JD = INT(365.25 \* y) + INT(30.6001(m + 1)) + DD.dd + 1720994.5 + B

denklemi kullanılarak Jülyen günü hesaplanır.

Eğer bir yıldızın ısığı düzensiz veya rasgele bir değişimden çok periyodik olarak değişim gösteriyorsa, o zaman herbir çevrimi tekrarlanan bir olay olarak dikkate alabilirsiniz. Her çevrimde meydana gelen süreçler evre olarak adlandırılan doğrudan zamanın bir kesri olarak gösterilen ve 0 ile 1 arasında veya 0° ile 360° arasında değişen bir sayı ile göstermek mümkündür. Alısılmıs sekliyle derece seklindeki gösterim, örten değişen yıldızlardaki gibi yörüngesel hareketler yapan sistemler için kullanılır. Bu tür gösterim seklinde yıldızları birbirine bakan merkezler doğrultusu baslangıç olarak alınır ve herbir yörüngesel dolanımında 360° bir açı süpürürler.

Periyodik değişen yıldızlar için (ya da herhangi bir dönemli olay için) değişen yıldızın yörüngesi üzerindeki belirli bir noktası baslangıç zamanı kullanılır. Bu amaçla Günes Merkezli Jülyen zamanları kullanılır. Bir örnek olarak SW Lac çift yıldızı için minimum ısığın alındığı noktayı geçmiste birinci minimuma girdiği herhangi bir zaman olarak alıp, yıldızın dönemiyle birlikte asağıdaki yazım biçiminde gösterilir ve ‘Işık Elemanları’ olarak adlandırılır:

HJD minimum ışık = 2451056.2839 + 0g.3207152 x E

Bu ifadede yer alan ilk terim, değişen sistem için baslangıç zamanını, genellikle T0 olarak gösterilir ve SW Lac sisteminin geçmis bir zamanda ısığının minimum olduğu bir zamanı temsil eder. İkinci sayısal veri ise dönem olarak isimlendirilir ve genellikle P sembolü ile gösterilir. Dönem bir çevrimin tamamlanması için gerekli olan süre olarak tanımlanır. İfadenin en sonunda yer alan ve “E” ile gösterilen terim, çevrim sayısıdır (ve epok sayısı olarak adlandırılır). Çevrim sayısı, tam sayıdır ve negatif olarak alındığında geçmisteki bir minimum ısık zamanını, pozitif tamsayı alındığında ise gelecekte meydana gelecek bir minimum ısık zamanının bulunmasında kullanılır. Bu ifade yardımıyla SW Lac sistemi için gelecekte veya geçmiste meydana gelen minimum ısık zamanlarının hangi tarihlerde meydana geldiğini belirlemek için E sayısını değistirerek bir tablo hazırlamak mümkündür.

Örten değişen bir yıldız için baslangıç zamanı alısılmıs sekliyle sistemin ısığının minimum olduğu zaman (tutulmada birinci minimum zamanının ortası) olarak alınır. Bir Cepheid veya RR Lyrae türü değişen yıldızları için baslangıç zamanı genellikle ısığın maksimumda olduğu an olarak seçilir. Belirli bir Jülyen günü için, ki bu zaman için bir değişen yıldızın belirli bir zamanını gözlemek istiyorsanız bu gözlemin yapılacağı zamana iliskin evreyi asağıdaki formül yardımıyla hesaplayabiliriz:



Bu denklemde SW Lac örneği için verilen değerler kullanıldığında, JD(hel.)= 2454525.4892 (28 Subat 2008 saat 22:03) tarihinde yapılacak bir gözlemin evresi,

**

olarak elde edilir. Hesaplama sonucunda elde edilen 10816 sayısı, gözlemi yapacağınız zaman için bu sistemin baslangıç zamanından itibaren 10816 çevrim gerçeklestirdiği ve 10817’inci çevrime basladığı anlasılmaktadır. Gözlemlerinizi zamana göre grafiğe geçirmek istediğinizde burada ortaya çıkan 10816 tam sayısı dikkate alınmaz, sadece kesirsel kısmı dikkate alınır (0.872). Bu değer gözlemi yapmayı düsündüğünüz veya yaptığınız ilk gözlem noktasının evresini gösterir.

Bu hesaplamalar ile, gözlenecek yıldızların istenilen tarihte belirli zaman aralıklarına göre evreleri listelenerek ilgili geceye iliskin gözlem programı yapılmıs olur. Bu sayede yıldızlara iliskin minimum-maksimum zamanı veya ısık eğrisi gözlemleri daha sistematik bir sekilde yürütülebilmektedir.

**3. DOĞMA-BATMA ZAMANI VE UFUK YÜKSEKLİĞİ HESABI**

Yıldızların evre hesaplarına ek olarak, ilgili gözlem tarihine ve gözlemevi koordinatlarına göre yıldızların doğma-batma zamanlarının belirlenmesi de gözlem prosedürü açısından büyük önem tasımaktadır. Dolayısıyla bu bölümde yıldızların doğma-batma zamanlarına iliskin hesaplamalar ve genel tanımlar hakkında bilgiler verilecektir: Elimizde doğma-batma zamanlarını hesaplayacağımız gökcismine iliskin ekvator koordinatları (α - sağaçıklık, δ - dik açıklık) bulunmaktadır. İhtiyacımız olan parametrelerden biri yerel yıldız zamanıdır (LST). Yerel yıldız zamanını bulmak için evrensel saat 00:00 iken Greenwich yıldız zamanını (GST) bulmamız gerekir. Bunun için;



denklemi kullanılır. Burada T, 1900’den beri geçen yüzyıl sayısı olup;



denklemiyle elde edilir. Burada GST saat birimlerinde yazılabildiği gibi derece birimlerinde de yazılabilmektedir (24 saat 360° ye karsılık gelir). Artık Greenwich yıldız zamanını (GST) bulduğumuza göre yerel yıldız zamanına (LST) geçebiliriz. Bunun için;



ifadesi kullanılır. Burada UT (Universal Time) Evrensel Zaman olup 15.04107 ile çarpmamızın nedeni saat biriminden derece birimine dönüsüm yapmaktır. Burada λ gözlemcinin enlemi olup yine derece birimlerindedir. Gözlem yeri için yıldızın saat açısını (HA) hesaplamak için;



ifadesi kullanılır. Burada saat açısı (HA) yıldızın meridyenden olan açısal uzaklığı olup 0sa ile 24sa arasında değismektedir. Yıldız üstgeçiste ve meridyende iken saat açısı 0sa, altgeçiste ve meridyende iken saat açısı 12sa dir.

Saat açısını da belirledikten sonra artık gökcisminin ufuk yüksekliklerini (h) asağıdaki denklem yardımıyla belirleyebiliriz:



Evre hesabıyla birlikte yıldızların doğma-batma hesaplarının da tamamlanmasından sonar artık gökcisimlerinin saat kaçta hangi evrede ve hangi koordinatlarda olduğunu belirleyerek ilgili gözlem gecesinde gözlenecek yıldızlara iliskin detaylı bir program yapabiliriz. Ankara Üniversitesi Rasathanesi’nde de benzer ifadeler kullanılarak yazılan bir excel sayfası yardımıyla gecelik gözlem programları aksamadan sürdürülmektedir. Bu bağlamda Ankara Üniversitesi Rasathanesi’nde gözlenecek yıldızlara iliskin evre listesi çıkartılırken, gözleme baslanabilecek ideal ufuk yüksekliği olması bakımından, 15° ve daha büyük ufuk yüksekliklerine sahip cisimlerin seçilmesine özen gösterilmektedir.



**Şekil 2.** AÜG’de gecelik gözlem programını hazırlamak için kullanılan excel sayfasından bir görüntü

**4. YILDIZ HARİTALARININ ÇIKARTILMASI**

Yıldız haritaları gözlem prosedürünün en önemli parçalarından biridir. Günümüz modern teleskoplarında gözlenecek cismin koordinatları bilgisayar aracılığı ile teleskoba girilmekte ve büyük bir yaklasıklıkla hedef cisim bulunabilmektedir. Ancak yine de hedef cisimden emin olabilmek için denetleme anlamında yıldız haritaları büyük önem tasımaktadır. CCD dedektörle yapılan gözlemlerde hedef cismin de içerisinde bulunduğu bölgenin CCD görüntüsü yıldız haritalarıyla karsılastırılarak bölgenin doğruluğu belirlenmelidir. Fotokatlandırıcı tüp kullanılarak yapılan gözlemlerde ise yıldız haritaları daha da büyük önem kazanmaktadır. Teleskop hedef cisme yönlendirildiğinde denetleme islemi gözlemcinin gözüyle hedef bölgeye ve yıldız haritasına bakılarak yapılır. Bu asamada gözlemci, teleskobun yönlendirildiği bölgede dolasıp yıldız haritasındaki bölge ile aynı olup olmadığını, yıldızların olusturduğu sekilleri karsılastırarak belirlemeye çalısır. Bölgenin, hedef cismin de içerisinde bulunduğu bölge olduğuna emin olunduktan sonra gözleme baslanabilir. Özellikle diferansiyel fotometride gözlem esnasında değişen – mukayese – denet yıldızları için ölçüm alındığından gözlem boyunca yıldız haritaları, hedef bölgenin kaybedilmemesi bakımından kullanılmalıdır.

Yıldız haritalarını olusturmakta kullanılan programlardan en yaygın olanı Microsoft Windows isletim sisteminde çalısan GUIDE programıdır. Bu program farklı kataloglara ait veri tabanlarını kullanmakta olup (SAO - Smithsonian Astrophysical Observatory, PPM – Position and Proper Motion Catalog, the Hubble GSC - Guide Star Catalog,...) Günes Sistemi üyelerinden galaksi dısı gökcisimlerine kadar uzanan, veri tabanında 15 milyondan fazla cismi barındıran bir programdır. Bu program ile 180o den 1″ (yay saniyesi)’ne kadar istenilen gökcismine ait bölgenin haritası çıkartılabilir. Bununla birlikte herhangi bir gökcismi üzerine gelinip mouse ile sağa tıklandığı zaman o cisme iliskin katalog bilgileri, türü ve bazı fiziksel parametreleri gibi özellikler görülebilmektedir. Bu sayede, özellikle diferansiyel fotometri tekniğinde değişen yıldıza yakın mukayese ve denet yıldızlarının seçimi daha pratik bir hal almaktadır. Ayrıca programın veri tabanına kullanıcı tarafından veri girisi de yapılabilmektedir. Bu sayede gözlenecek cisim programın veri tabanında olmasa bile gerekli bilgiler girildikten sonra hedef cisme iliskin harita hazırlanabilir.

Guide programının dısında UNIX platformda çalısan Xephemeris, WINDOWS platformda çalısan Starrynight, Stellarium ve Celestia gibi benzer programlarla da hedef cisme iliskin haritalar çıkarmak mümkündür.

Gözlem haritası hazırlarken gözönünde bulundurmamız gereken bir durum gökcisminin parlaklığıdır. Gökcisminin parlaklığı gözlemin yapıldığı teleskobun çapına bağlıdır. Çapı D olan bir teleskobun görebileceği en sönük cismin parlaklığı o teleskobun limit parlaklığıdır. Bu konuyla ilgili ayrıntılı bilgiler Teleskopların tanıtımı bölümünde verilecektir. Ankara Üniversitesi Rasathanesi’nde 40 cm’lik Kreiken teleskobunun limit parlaklığı yaklasık olarak 13 kadir civarındadır. Dolayısıyla Kreiken teleskobunda yapılacak bir gözlem control açısından kullanılacak harita için Guide programında limit parlaklık seçeneğini 13 kadir olarak belirlemek gerekmektedir.

Guide programında kullanarak çıkaracağımız harita için dikkat edilecek bir baska durum haritanın ölçeğidir. Bu, kullandığımız teleskobun çapına, odak uzunluğuna ve diyafram açıklığına göre değismektedir. Bu konuyla ilgili ayrıntılı bilgiler Teleskopların tanıtımı bölümünde verilmiştir. Örnek olarak Ankara Üniversitesi Rasathanesi’ndeki T40 Kreiken teleskobunun arayıcı teleskobu 6 cm çapında olup gördüğü alan 2o x 2o büyüklüğünde, teleskobun kendisi 40 cm çapında, 4064 mm odak uzunluğunda ve plak eseli yaklasık 51″/ mm’dir.

Bir uygulama olması bakımından Guide programını kullanarak Ankara Üniversitesi Rasathanesi’nde gözlenecek bir yıldızın haritasının hazırlanmasını adım adım inceleyelim: Yukarıda bahsi geçen parlaklık ve harita ölçeğini 40 cm’lik Kreiken teleskobunun özellikleri doğrultusunda hazırlamak için;

Öncelikle arayıcı teleskobun limit parlaklığı ve görüntü ölçeğine göre bir ayar yapmamız gerekmektedir. Arayıcı teleskobun limit parlaklığı yaklasık olarak 9 kadir civarındadır (temiz ve Ay’sız geceler için). Guide programının limit parlaklık ayarını 9 kadire getirmek için Display ana menüsünden Star display menüsü seçilir. Bu menü seçildiğinde açılan pencerede karsımıza çıkan ilk seçenek limiting magnitude yani limit parlaklık değerinin girildiği seçenektir.



**Şekil 3.** Guide programındaki Display seçeneğinin gösterimi



**Şekil 4.** Guide programındaki star display menüsü

Limiting magnitude seçeneğinin karsısındaki kutuya istediğimiz limit parlaklık değerini girerek elde edeceğimiz haritadaki limit parlaklık değerini belirlemis oluruz. Bizim örneğimiz için bu değer 9 kadir olsun. Bu menüde bizi ilgilendiren 3 önemli seçenek daha bulunmaktadır. Bunlardan biri Mag range yani parlaklık aralığı seçeneğidir. Bu seçenek ile haritada gösterilen en parlak yıldız ile en sönük yıldız arasındaki parlaklık farkı belirlenmektedir. Bu seçeneğin altındaki iki seçenek Min star size (minimum yıldız büyüklüğü) ve Max star size (maksimum yıldız büyüklüğü) haritadaki yıldızların parlaklıklarına göre boyutlarını belirlemek için kullanılan seçeneklerdir. Haritada bulunan bir yıldızın parlaklığı ne kadar fazla ise haritadaki boyutu o kadar büyük, parlaklığı ne kadar az ise haritadaki boyutu o kadar küçüktür. Buna göre Ankara Üniversitesi Rasathanesi’ndeki 40 cm’lik Kreiken teleskobuna bağlı 6 cm’lik arayıcı teleskop için bu değerler minimum ve maksimum yıldız büyüklüğü için sırasıyla 0.4 ve 6 olarak girilmistir. Bu değerler teleskobun kendisi için limit parlaklık değeri olarak 13, paralaklık aralığı olarak 10, minimum yıldız büyüklüğü için 0.8 ve maksimum yıldız büyüklüğü için 6 olarak girilmistir.

Bu menüdeki diğer seçenekler yıldızları renklendirme, çerçeveleme, katalog numaralarını gösterme ve yıldız olmayan cisimleri gösterme seçenekleridir. İsteğe bağlı olarak bu seçenekler de kullanılabilir.

Parlaklık limitini belirledikten sonra, yine teleskobun özellikleri doğrultusunda haritanın ölçeklendirilmesi yapılmalıdır. Ölçeklendirme yine hem 6 cm’lik arayıcı teleskop, hem de 40 cm’lik Kreiken teloskobunun kendisi için yapılmalıdır. Bunun için programdaki Settings ana menüsünden “Level a:b degrees” menüsü seçilir. Bu menü tıklandığında çıkan kutucuk a:b parametrelerinden b parametresini değistirmemizi sağlar. Bu parametre haritanın derece cinsinden ölçeğinin karsılığıdır. Örneğin 6 cm’lik arayıcı teleskobun gökyüzünde gördüğü alan 2o x 2o’dir ancak bölgeyi net olarak tanımlayabilmek açısından harita ölçeğini 10o x 10o yapmak mantıklı olacaktır. Dolayısıyla ilgili menüyü tıkladığımızda açılan kutuya 10 yazarak haritanın ölçeğini 10o x 10o yapmıs oluruz.



**Şekil 5.** Haritanın ölçeğinin değistirildiği Level a:b degrees menüsünün seçilmesi

Bu menüde görünen a parametresi 1’den 20’ye kadar değişen ve Guide programının farklı limit parlaklıkları için verdiği ölçek değerleridir. Bu parametre yine Settings ana menüsünde bulunan Level menüsünden ayarlanabilir. Daha önceden zaten limit parlaklık değerini star display menüsünden belirlediğimiz için bu parametre önemsiz hale gelmektedir. Level 3 seçeneği arayıcı teleskop için uygun bir seçimdir ancak daha önceden girilen limit parlaklık ve diğer parametreler kontrol edilerek bu değer kullanılabilir. Dolayısıyla Kreiken teleskobunda yapılacak gözlemler için hazırlanan haritalarda arayıcı teleskop için level ayarları 3:10, teleskop için görüntü ölçeğine bağlı olarak 8:1 seçilmistir.



**Şekil 6.** Level menüsünün seçilmesi

Bu ayarların dısında programda yapılması gereken baska ayarlar da vardır. Teleskopların mercekli ve/veya aynalı bir optik sisteme sahip olmasından dolayı gözlemcinin gözüne veya dedektöre düsen görüntü gökyüzündeki gerçek görüntü değil, ters çevrilmis ve/veya ayna görüntüsü seklinde olabilir. Dolayısıyla haritanın teleskobun optik düzeneğine göre ayarlanması gerekmektedir. Bunun için Guide programının Display ana menüsünden bulunan Inversion Menü seçeneği kullanılır. Bu menüdeki ilk 2 seçenek “Chart uninverted” ve “Chart inverted” seçenekleridir. Bu iki seçenek ve daha altta bulunan “Rotation” seçeneği kullanılarak harita istenn açıda döndürülebilmektedir. Üçüncü ve dördüncü seçenek olarak “Mirror image E/W” ve “Mirror image N/S” seçenekleri ile haritanın sırasıyla doğu-batı ve kuzey-güney ayna görüntüleri elde edilebilir. Menüdeki son 4 seçenek ise haritanın üzerindeki koordinat sisteminin seçiminde kullanılmaktadır. Yıldız gözlemlerinde genel olarak ekvator koordinat sistemi kullanılır. Kreiken teleskobunun arayıcı teleskobu mercekli bir optic sisteme sahiptir ve gelen görüntüyü 180o ters çevirmektedir.



**Şekil 7.** Inversion menüsünden haritanın 180o çevirilmesi için yapılması gereken ayarlar

Dolayısıyla ilgili seçenekten “Chart inverted” seçeneğini isaretleyerek veya “Chart uninverted” seçeneğini isaretleyip rotation seçeneğine 180 yazarak haritayı 180o ters çevirebiliriz. Bu sayede 6 cm’lik arayıcı telekosptan bakıldığında göreceğimiz görüntüyü haritada elde etmis oluruz. 40 cm’lik teleskop için de benzer ayarları yapmamız gerekmektedir ancak bu teleskop aynalı bir teleskop olduğundan bu sefer düzeneğin gerektirdiği sekilde harita ayarını 90o doğu-batı veya kuzey-güney 270o döndürülmüs ayna görüntüsü elde edecek biçimde ayarlamalıyız.



**Şekil 8.** Inversion menüsünden haritanın 90o çevirilmesi ve doğu-batı ayna görüntüsünün elde edilmesi için yapılması gereken ayarlar

Programda yapılması gereken ayarlardan bir diğeri Display ana menüsündeki Data shown menüsüdür. Bu menüde haritada görünen cisimlere iliskin katalog numarası, isim ve yıldız olmayan cisimlerin gösterilmesi gibi seçenekler mevcuttur. Ancak bu tür bilgilerin ve farklı cisimlerin haritada gösterilmesi bir karısıklığa yol açmaktadır. Bu nedenle ilgili menüde bu parametrelere iliskin seçeneklerin kapalı tutulması tavsiye edilir.



**Şekil 9.** Display ana menüsündeki Data shown menüsü

Haritanın alt kısmında bulunan açıklama bölümünün ayarları da dikkat edilecek hususlardan biridir. Açıklama bölümünde, hazırladığımız haritaya iliskin birçok bilgi opsiyonel olarak harita üzerinde gösterilebilmektedir. Genel olarak gök cisminin ismi, haritadaki cisimlerin parlaklık aralığı, ölçek bilgisi ve yön bilgisi gibi bilgileri göstermek yeterli olacaktır. Bu menü, Display ana menüsünün altında bulunan Legend menüsüdür.



**Şekil 10.** Display ana menüsündeki Legend menüsü

Bu ayarlamaları yaptıktan sonra örnek yıldızımız için harita hazırlamaya baslayabiliriz. Haritasını çıkaracağımız yıldız G5 ~ K0 tayf türünden, V-bandı parlaklığı yaklasık 8.9 kadir olan bir W UMa türü örten çift yıldız SW Lac olsun. Mukayese ve denet yıldızlarını belirlemek için literatür taraması yapılarak, varsa daha önce ilgili yıldızın gözlemlerinde kullanılan mukayese ve denet yıldızları alınabilir. Eğer literatürde gözlemi yoksa yıldıza yakın bölgelerdeki yıldızların özellikleri doğrultusunda mukayese ve denet yıldızları seçilmelidir. SW Lac için kullanılacak olan mukayese ve denet yıldızları sırasıyla BD +37 4715 ve BD +37 4711 yıldızları olsun. Guide programında SW Lac yıldızını görüntüleyebilmek için Go to ana menüsünden star menüsünü ve oradan da variable star menüsünü seçerek gelen kutucuğa yıldızımızın ismini yazmamız yeterlidir. Öncelikle arayıcı

teleskop görüntüsünü elde etmek için 3:10’luk ölçeğini seçiyoruz.



**Şekil 11.** Guide programında hedef yıldızın görüntülenmesi

Gelen görüntüde SW Lac yıldızı tam merkezde görülmelidir. Yıldızı isaretlemek için Display ana menüsünden Ticks, Grids, etc. menüsü seçilerek central cross-hair seçeneği isaretlenir. Bu sayede hedef yıldız isaretlenmis olur. SW Lac için seçilmis mukayese ve denet yıldızlarının da kontrolü haritadan yapılmalıdır. Legend yani açıklama kutusuna, yukarıda anlatıldığı gibi Legend menüsüne girildikten sonra önce “Clear Caption” daha sonra “Add to Caption” düğmelerine bastıktan sonra yıldızın ismi girilir.

CCD ile yapılan gözlemlerde kullanılan teleskoplar genellikle bilgisayar ile kontrol edilebilen yazılımlara sahiptir. Bu tür yazılımlara girilebilen koordinatlar sayesinde teleskop kolaylıkla gözlenecek cisme yönlendirilebilir. Ancak bu yönelimin doğruluğu, teleskobun kutup ayarı ve bazı kalibrasyon ayarlarının doğru yapılmasına bağlıdır. Bununla birlikte kimi zaman yazılımdan kaynaklı bazı problemler çıkabilir ve teleskobun yönelimi hatalı olabilir. Dolayısıyla gözlemi yapılan cismin doğruluğunu denetlemek ve değerli gözlem zamanını kaybetmemek açısından yıldız haritaları kullanmak gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta CCD’nin gördüğü alanın bilinmesidir. Bu alan teleskobun plak eseline, CCD’nin piksel sayısına ve piksellerin büyüklüğüne bağlıdır. Kreiken teleskobunun açıklığı 40.64 cm = 406.4 mm olup odak oranı f/10 dur. Dolayısıyla teleskobun odak uzunluğu f = 4064 mm dir. Bir teleskobun plak eseli, onun gökyüzünde gördüğü açısal büyüklüğü ifade etmektedir ve asağıdaki bağıntıyla belirlenir:



Burada F teleskobun odak uzunluğu, *θ*/S ise ″/ mm birimindeki plak eselidir. Kreiken teleskobunun odak uzunluk değeri yukarıdaki bağıntıda yerine konursa,



bulunur. Kreiken teleskobunda kullanılan Apogee ALTA U47 CCD kameranın piksel sayısı 1024 x 1024 = 1048576 olup her bir pikselin boyutu 13μ’ dur. Dolayısıyla CCD’nin mm cinsinden bir kenarının uzunluğu 1024 x 13 μ = 13312 μ = 13.312 mm’dir. Buradan, Kreiken teleskobuna bağlı CCD nin gökyüzünde gördüğü alan, 13.312 x 50.75 = 675″.584 = 11'.3 olarak bulunur. Dolayısıyla Kreiken teleskobuna bağlı CCD nin gördüğü alan 11'.3 x 11'.3 dır.

Guide programında CCD’nin gökyüzünde gördüğü alan çizdirilebilir. Bunun için Şekil 12’deki gibi Display menüsünden CCD frame seçeneği tıklanır. İlgili seçenek tıklandığında gelen pencerede CCD nin boyutları ve durus açısının girilmesi için kutucuklar bulunmaktadır. Kreiken teleskobuna bağlı CCD için Şekil 13’daki gibi kutucuklar doldurularak OK tusuna basıldığında CCD nin gökyüzünde gördüğü alan harita üzerinde ölçekli olarak görülmektedir (Şekil 14). Bu asamadan sonra gözlenecek cisim Guide programından seçilerek control kolaylıkla yapılabilir.



**Şekil 12.** Guide programında CCD frame seçeeğinin görüntüsü



**Şekil 13.** CCD frame özelliklerinin Kreiken teleskobuna bağlı CCD ye göre belirlenmesi



**Şekil 14.** SW Lac’ın Kreiken teleskobuna bağlı CCD üzerindeki Guide programı görüntüsü

**5. CCD FOTOMETRİ**

**5.1. Giriş**

“Dedektörler” bölümünde CCD dedektörler konusunda geniş bilgi verilmişti. Astronomide CCD dedektörler, her bir piksel üzerine ne kadar ışık düştüğünü ölçmek için kullanılır. Bir CCD görüntüsü, her pikselin CCD çipi üzerindeki koordinatları ve bu koordinatlara karşılık gelen pikselin üzerine düşen ışığın şiddetini ifade eden bir sayısal değerden oluşan sayısal (dijital) bir görüntüdür. Sayısal bir görüntü olması sebebiyle CCD görüntüleri bilgisayar programları aracılığıyla kolaylıkla görüntülenebilir, üzerinde ölçümler yapılabilir ve manipüle edilebilir.

Çalışma prensipleri detaylı olarak “Dedektörler” bölümünde anlatılmış olan CCD'ler fotoelektrik olayı temel alarak çalışırlar. O halde “Bir CCD görüntüsü üzerinde herhangi bir pikselden okuduğumuz değer o pikselin üzerine düşen foton sayısı mıdır?” sorusu akla gelir. Yanıt herşeyden önce bu sayının bir sayma işleminin sonucu olmadığı, bir akım ölçme işleminin sonucu olduğu şeklinde verilmelidir. Bu değer üzerinde sistemin elektroniğinden kaynaklanan gürültünün yanı sıra ısınmasından kaynaklanan termal gürültü gibi istenmeyen etkiler de bulunmaktadır. Görüntünün öncelikle bu etkilerden arındırılması gereklidir. Bu işlem gerçekleştirildikten sonra her bir piksel üzerinde geriye kalan sayı, o piksel üzerine düşen foton sayısı ile orantılıdır. Gerçekte bir CCD üzerine düşen her fotona cevap veremez. Üzerine düşen fotonların ne kadarına cevap verdiği CCD'nin kuantum etkinliğidir ve arkadan aydınlatmalı modern CCD dedektörlerde bu değer %90 civarındadır. (Yani CCD dedektör, üzerine düşen 100 fotonun ortalama olarak 90'ına cevap verebilmektedir.)

**5.2. Bir CCD Gözleminde Veri Üzerine Binen İstenmeyen Etkiler ve Bu Etkilerden Görüntülerin Arındırılması**

**5.2.1. Okuma Gürültüsü (Read Out Noise)**

CCD dedektörü belirli bir süre için (poz süresi) ışığa maruz bırakıldıktan sonra, her bir pikselin üzerine düşen foton sayısına verdiği cevabı ölçmek için bir okuma işleminin yapılması gerekir. Bu okuma işleminin kendisi de elektron üreten bir süreç olup üretilen bu elektronlardan doğan akım istenmeyen bir etkidir. Çünkü, ölçülmek istenen sadece gökyüzünden gelen fotonlardan kaynaklanan akımdır. Okuma gürültüsü, verilen poz süresinden bağımsızdır ve her CCD için sabit bir değerdir. Ankara Üniversitesi Rasathanesi T40 Kreiken Teleskobu'nun CCD dedektörü için okuma gürültüsü değeri 1.1 elektrondur. CCD görüntülerinin indirgenmesinde kullanılan bütün programlarda (Maxim DL, IRAF vb.) okuma gürültüsü değeri hesaplara katılır. Özellikle görüntü birleştirme işlemlerinde bu değerin programa doğru girilmesi büyük önem taşır. Okuma gürültüsünden gözlemleri arındırmak için gözlemcinin ve indirgemeleri yapan araştırmacının yapması gereken artı bir işlem yoktur.

**5.2.2. Taban Gürültüsü ve Bias Görüntüleri**

Bir CCD dedektörü, üzerine hiç ışık düşmese dahi elektron üretir. Bu elektronların bir kısmı poz süresi boyunca üretilirken bir kısmı ise sürekli olarak her bir pikselde yer alır. Poz süresi boyunca üretilen elektronlar kara akımı oluşturur ve bir sonraki gürültü kaynağı olarak incelenecektir. Her pikselde birbirine yakın ama ayrı miktarlarda ve sürekli olarak sistemde bulunan elektronlar ise taban gürültüsünün kaynağıdır. Bu elektronlardan kaynaklanan sayımları, toplam sayımdan çıkarmak gereklidir. Her ne kadar çok yakın değerler alsa da bu elektronlardan kaynaklanan sayımlar pikselden piksele ve gece boyunca değişir. Bu etkiyi gidermek için, gözlem başında, gözlemi etkilemeyecek şekilde gecenin belirli bölümlerinde ve gözlem sonunda sıfır saniye poz süresiyle CCD'nin üzerine hiç ışık düşürülmeden görüntüler alınır. Bu görüntülere “bias görüntüleri” denir. Sıfır saniye poz süresi teoride mümkündür. Ancak pratikte sıfır saniyede görüntü almak mümkün değildir. CCD ile gözlem yapmak için kullanılan yazılımların tümünde bias görüntüleri almak için bir seçenek mevcuttur. Bu seçenek yardımıyla, olabilecek en kısa sürede bias görüntüleri alınır. Gece boyunca bu gürültünün çok az miktarlarda değiştiği ve pikselden piksele farklı olduğu gözönünde bulundurularak alınan bias görüntülerinin birleştirilip kullanılması bu gürültünün CCD dedektörü üzerindeki değişiminin daha sağlıklı olarak modellenmesini sağlar. Sonuçta elde edilen bias görüntüleri veya bu bias görüntülerinin birleştirilmesiyle elde edilen “master” görüntü ya da görüntüler, alınan diğer görüntülerden çıkarılır. Böylece bilimsel görüntüler her an sistemde bulunan elektronlardan arındırılmış olur (Şekil 15).



**Şekil 15.** Ankara Üniversitesi Rasathanesi Apogee Alta U47 CCD’si örnek bias görüntüsü Ankara Üniversitesi Rasathanesi, 8 Eylül 2007

**5.2.3. Kara Akım Gürültüsü ve Dark Görüntüleri**

CCD ile görüntü alınırken verilen poz süresi boyunca sistemin sıcaklığından dolayı bazı elektronlar termal olarak uyartılır. Bu elektronlar kara akım adı verilen ve görüntülerde istenmeyen bir gürültünün kaynağıdır. Kara akım sistemin sıcaklığına oldukça hassastır. Bu nedenle astronomi amaçlı kullanılan CCD'ler çok iyi soğutulur. Örneğin, Ankara Üniversitesi Rasathanesi T40 Kreiken Teleskobu’na bağlı Apogee Alta U47 CCD'si -30ºC 'ye kadar elektronik olarak soğutulur. Gözlemlere başlamadan önce CCD'nin bu değere kadar soğutulması ve sıcaklığının bu değerde kararlı hale gelmesi sağlanır. Her ne kadar CCD çok iyi soğutulsa da bir kara akım üretir. Bu kara akım, alınan görüntülerin üzerinde ek olarak bulunan, istenmeyen bir gürültüdür. Bu etkiden görüntüleri arındırmak için, görüntülerin alındığı poz süresine eşit sürede fakat CCD dedektör üzerine ışık düşürülmeden görüntü alınması gerekir. Bu görüntülere “dark görüntüsü” adı verilir. Tıpkı bias görüntüleri gibi dark görüntüleri de kullanılacak poz süreleri belirlendikten sonra, bias görüntülerinden farklı olarak bu poz süreleriyle gözlem başında, gözlem sırasında uygun zamanlarda ve gözlem sonunda alınır. Alınan bu dark görüntüleri uygun bir algoritmayla birleştirilerek ya da ayrı ayrı tüm görüntülerden çıkarılır. Böylece görüntüler kara akım gürültüsünden arındırılmış olur (Şekil 16).



**Şekil 16.** Ankara Üniversitesi Rasathanesi Apogee Alta U47 CCD’si örnek dark görüntüsü Ankara Üniversitesi Rasathanesi, 8 Eylül 2007

**5.2.4. CCD Dedektörün Cevabının Yüzey Boyunca Değişimi ve Flat Görüntüleri**

Bütün CCD dedektörlerinde, her piksel üzerine düşen fotona farklı cevap verir. Yani, bir CCD dedektörün üzerine düşen ışığa verdiği cevap dedektör yüzeyi boyunca tekdüze olmaz. CCD dedektörünün yüzeyi boyunca bir pikselden diğerine tekdüzelikten küçük sapmalar olduğu gibi, CCD'nin bir bölgesinden diğerine de tekdüzelikten daha büyük sapmalarla genellikle karşılaşılır. Pikselden piksele farklar, genellikle piksel boyutlarının tam olarak eşit olmamasından, bölgeden bölgeye farklar ise silikon kalınlığındaki farklardan kaynaklanır. Piksellerin aynı miktarda ışığa farklı tepkiler vermesi değerleri bir çarpan olarak etkiler. Görüntüleri bu sorundan arındırmak için piksellerin ışığa verdiği tepkiler modellenmelidir. Bunun için CCD yüzeyinin her noktasına aynı miktarda ışık düşürülür. Bunun için çeşitli yöntemler uygulanabilir.

Bir yöntem, teleskobun içinde bulunduğu kubbeye bir perde asmak ve bu perdeyi bir lamba ile aydınlatmak ve teleskobu perde üzerinde bir noktaya doğrultarak yeterli bir poz süresiyle görüntü almaktır (“kubbe düz alan görüntüsü” ya da “dome flat”). Bu yöntem, perde üzerinde gözle algılanamayan farkların görüntüye yansıması, perdenin aynı mkitarda aydınlatılmasının zorluğu ve bu aydınlatma için kullanılan lambaların pahalılığı sebebiyle dezavantajlıdır. Ancak, ideal bir poz süresi belirlendikten sonra hep bu poz süresini kullanmak, hava kapalı olsa dahi düz alan görüntüsü alabilmek gibi önemli avantajları vardır (Şekil 17).



**Şekil 17.** Kitt Peak 3.5 metre ayna çaplı WIYN Teleskobu’nda perdeyle düz alan görüntüsü almak için kurulmuş düzenek. <http://www.noao.edu/wiyn/>

Bir başka yöntem ise Ankara Üniversitesi Rasathanesi'nde de uygulandığı gibi “alacakaranlık düz alan görüntüleri” almaktır. Teleskoplar gökyüzünde çok dar bir alan görürler. Gökyüzünde, içerisinde yıldız görülmediği sürece bu alan boyunca ışık şiddeti sabit Kabul ediliebilir. Düz alan görüntüsü alınırken teleskop, CCD piksellerinin hemen doymaması için alacakaranlıkta gökyüzünde, ufuktan en az 20º yukarıda bir noktaya çevrilir. Sabah güneşten doğmadan önce doğudan, akşam üzeri güneş batmadan önce batıdan alacakaranlık görüntüsü almak, bu bölgelerde gökyüzünün parlaklığı çok hızlı değiştiğinden doğru değildir. Alacakaranlık görüntüsü alınırken görüntünün içine yıldız girmemesine dikkat edilmelidir. Poz süresi buna izin vermeyecek şekilde belirlenir. Ayrıca bulutlu havalarda düz alan görüntüsü alınmaz. Bulut içerisinde dar bir alanda dahi ışık şiddeti değişim gösterir. Ancak parçalı bulutlu havalarda açık olduğundan emin olunan bir bölgeden düz alan görüntüsü alınabilir. Önemli olan görüntüsü alınan alan boyunca ışık şiddetinin değişmemesi, tüm piksellere eşit miktarda ışığın düşürülmesidir.

Bütün CCD'ler belirli bir ADU değerinden sonra doğrusallığını (lineerliğini) kaybeder. Yani dedektör, üzerine düşen ışığa şiddetin artmasıyla doğru orantılı olarak tepki vermez. Bu nedenle piksel değerlerini doğrusallığın korunduğu değer aralığında bırakacak bir poz süresi belirlemek idealdir. Ankara Üniversitesi Rasathanesi T40 Kreiken Teleskobu’na bağlı Apogee Alta U47 CCD'si için 30000 ADU civarında piksel değerleri veren düz alan görüntüleri idealdir (Şekil 18). CCD gözlemleri için kullanılan bilgisayar programlarının çoğunda düz alan görüntüsü (flat) alma seçeneği vardır. Eğer böyle bir seçenek yoksa bilimsel görüntüler alındığı şekilde de düz alan görüntüsü alınabilir. Düz alan görüntüleri ve bilimsel amaçla alınan gökcismi görüntüleri bias ve kara akım gürültülerinden arındırıldıktan sonra, bilimsel görüntüler düz alan görüntülerine bölünür. Böylece, CCD'nin tüm yüzeyi aynı miktarda ışığa aynı tepkiyi (aynı ADU değerini) verecek şekilde modellenmiş olur.

CCD dedektörlerde, gelen ışığa verilen tepkinin yüzey boyunca değişmesi nedeniyle oluşan görüntü bozulmalarından biri “**vignetting**” etkisidir. Bu etki, kullanılan ikincil mercekler, filtreler gibi optik elemanların ya da koruyucu camların, gelen ışığın CCD’nin tüm yüzeyi üzerine aynı açıyla düşmesini engellemesi nedeniyle, ışığın dik geldiği piksellerde yüksek, dik gelmediği piksellerde düşük sinyal yaratması sonucu oluşur. Işığın dik geldiği merkezi pikseller daha parlak görünürken, eğik geldiği dış pikseller daha sönük görünür (Şekil 19). Vignetting etkisi aynı koşullarda (tercihen teleskop ve tüm optik sistemin aynı açıyla gökyüzüne doğrultulduğu) alınan düz alan görüntüleri ile düzeltilebilir. Vignetting etkisi ile zayıf ışık kaynaklarının ve karanlık bir gökyüzünün görüntülendiği astronomi gözlemlerinde sıkça karşılaşılmaz. Ancak etkinin görüntülere bir çarpan olarak dahil olduğunu, dolayısı ile uygun düz alan görüntülerine bölünerek giderilebildiğini bilmekte fayda vardır.



**Şekil 18.**  Ankara Üniversitesi Rasathanesi Apogee Alta U47 CCD’si örnek R Bandı flat görüntüsü.Ankara Üniversitesi Rasathanesi, 8 Eylül 2007



**Şekil 19.** Görüntü merkezinin parlak, kenarların sönük algılanması sonucu oluşan “vignetting etkisi”http://en.wikipedia.org/wiki/Vignetting

CCD yüzeyinin tamamının aynı şekilde cevap vermesini engelleyen bir diğer görüntü bozulması “**fringing**” ya da “**saçaklanma**” olarak bilinir. Arkadan aydınlatmalı, inceltilmiş CCD dedektörlerde özellikle kuvvetli uzun dalga boylu ışınımın (Yer atmosferi kaynaklı salma çizgileri) bir bölümü CCD çipin silikon yüzeyi tarafından soğurulmadan geçerek CCD’nin tabanından yansır ve gelen ışıkla girişim yapar (Şekil 20). Dedektör yüzeyinde oluşan girişim desenleri, yüzey boyunca piksellere artı bir ışık katkısı olarak yansır. Giderilmesi için “saçaklanma haritalarının” (fringe maps) elde edilmesi ve bu haritaların gözlemlerden çıkarılması gereklidir. Modern görüntü işleme programlarında (iraf gibi) saçaklanma haritaları hazırlamak üzere geliştirilmiş rutinler bulunmaktadır.



**Şekil 20.** Bir astronomi gözleminde saçaklanma (fringing) etkisi <http://www.astro.uni-bonn.de/~mischa/datareduction/fringing.html>

**5.3. Bir CCD Gözlemi**

**5.3.1. Gözleme Çıkmadan Önce Yapılması Gereken Hazırlıklar**

Öncelikle gözlenecek yıldızın, varsa mukayese ve standart yıldızların haritaları çıkarılmalıdır. Gözlenecek yıldızların gece boyunca ufuktan olan yükseklikleri, değişen yıldızsa evreleri ve gözlemin hangi filtrelerle yapılacağı önceden belirlenmelidir.

Gözlenecek cisimler ufkun en az 30º üzerindeyken gözlenmelidir. Daha düşük ufuk yüksekliklerinde sönümleme ve şehir ışıkları gözlemleri çok fazla etkiler, bu nedenle bu yüksekliklerde gözlem yapılmamalıdır.

Gözlemin saat kaçta başlayıp saat kaçta biteceği, gece boyunca kaç yıldızın gözleneceği en ince ayrıntılarına kadar planlanmalıdır. Gözlemevlerinden teleskop zamanı elde etmek çok zordur. Bu nedenle teleskop zamanı değerlidir ve çok etkin kullanılmalıdır.

Gözleme astronomik tan vaktinden birbuçuk iki saat kadar önce çıkılmalıdır. Öncelikle, kubbe ve teleskop kapakları açılmalı, ortamın sıcaklığının dışarınınkiyle aynı olması sağlanmalıdır. Daha sonra sırasıyla bilgisayarlar, teleskop ve CCD dedektör açılır. Gözlemde kullanılan bilgisayar programı aracılığı ile teleskoba ve CCD'ye bağlantı yapılır. CCD soğutulmaya gözleme başlamadan en az bir saat önce başlanmalıdır ki CCD soğutulduğu sıcaklıkta kararlı hale gelebilsin.

**5.3.2. Düz Alan Görüntülerinin Alınması**

Hangi bantlarda gözlem yapılacağı önceden bilindiği için öncelikle bu bantlarda düz alan görüntüleri alınır. Öncelikle ideal düz alan görüntülerine olabildiğnce yakın görüntüleri verebilecek poz süreleri saptanır. Her bantta ADU değerlerinin 10000 – 30000 aralığında kalacak şekilde olmasına dikkat edilmelidir. R bandında bu değerlere çok kısa sürelerde ulaşılırken, U bandında daha uzun zaman gerekir. Bu durum dikkat alınarak öncelikle gözlem için kullanılacaksa U filtresiyle düz alan görüntüleri alınmalıdır. Hava hızla kararacağından uzun zaman gerektirecek görüntüleri önce almak daha akılcı olur. Zaman geçtikçe istenen değerlere ulaşmak için daha da uzun poz süresi vermek gerekir ki; bu da daha fazla zaman kaybı demektir. CCD gözlemin en fazla hız, dikkat ve tecrübe gerektiren bölümü düz alan görüntülerinin alınmasıdır.

U bandı için uygun poz süresi belirlenir belirlenmez U filtresiyle düz alan görüntüleri alınır ve kaydedilir. Üç ile beş arası görüntü yeterli olacaktır. Daha sonra sırasıyla B, V, R, I veya B, V, I, R bantlarında ideal poz süreleri için deneme görüntüleri alınır, ideal poz sürelerine karar verildikten sonra bu poz süreleriyle düz alan görüntüleri alınmaya başlanır. Hava karardıkça alınan değerler yetersiz gelecek, poz sürelerini değiştirmek gerekecektir. Giderek poz süreleri uzatılır. Havanın kararmasıyla birlikte görüntülerde görünmese bile ADU değerlerini etkileyebilecek parlak yıldızlar var olabilir. Bu nedenle her görüntüden sonra teleskop bir miktar hareket ettirilir veya teleskobun takip moturu kapatılır. Bunun amacı, daha sonra görüntüler birleştirildiğinde kullanılan istatistiksel yöntemler aracılığı ile görüntüye giren yıldızlardan kurtulabilmektir. Havanın daha da kararmasıyla yıldızlar daha da belirgin hale gelir. Bu durumda düz alan görüntüsünün alınması durdurulur.

**5.3.3. Bilimsel Görüntülerin Poz Sürelerine Karar Verilmesi**

Gözlenecek ilk yıldıza teleskop yönlendirilir. Gözlemin yapılacağı filtrelerde poz süresi belirlenmeye çalışılır. Poz süresi belirlenirken dikkate alınması gereken iki parametre, teleskobun takip duyarlılığı ve yıldızın parlaklığıdır. Her filtre için ideal olan yıldız görüntülerinde 10000 – 30000 ADU değerleri arasıdır. Ancak, bu değerlere ulaşmak için çok uzun poz süresi verildiğinde teleskoptaki takip problemleri nedeniyle istenen görüntü elde edilemeyebilir. Bu nedenle çok sönük yıldızları ve gökcisimlerini gözlemek mümkün olmayabilir.

Ankara Üniversitesi Rasathanesi T40 Kreiken teleskobu için limit parlaklık V filtresinde 16 kadir yöresindedir. Sağlıklı, ideal gözlem verisi için yine V bandında parlaklığı 13 kadirin üstünde olan sönük yıldızlar iyi sonuç vermez. Diğer bantlarda daha uzun poz süreleri kullanmak gerekebilir. Özellikle U bandında çok uzun poz süresi vermek gerekmektedir. Takip 60 saniyeden fazla poz süreleri için güvenilir değildir.

Poz süresine karar verirken bir başka önemli sorun aynı görüntü içerisinde birden fazla yıldızın gözlenme gerekliliğidir. Diferansiyel fotometri yapmak isteyen gözlemci, alacağı görüntülerde hem değişen yıldızının, hem de mukayese ve denet yıldızlarının bulunmasını tercih eder. Küme gözlemlerinde bir görüntüde pek çok sayıda yıldız gözlenir. Bu durumda poz süresi belirlemek çok zordur ve deneyim gerektirir. Gözlenmek istenen en sönük yıldıza göre poz süresi belirlendiğinde parlak yıldızlar için doyma değeri (65535 ADU) aşılabilir, bu durumda parlak yıldız için ölçüm alınamaz. En parlak yıldıza göre poz süresi belirlenirse bu kez sönük yıldızlar için sağlıklı ölçüm almak mümkün olmaz. Bu nedenle diferansiyel fotometri yapılırken parlaklık ve renk indisleri uygun mukayese ve denet yıldızı seçmek astrofizik gerekçelerin dışında artı bir önem daha kazanır. Küme fotometrisinde ise gözlenmek isteyen yıldızlardan orta düzeyde parlaklığı olanları öncelikle dikkate alarak farklı poz süreleri belirlenir. Sönük yıldızları alabilmek için ayrı bir poz süresi (ki bu durumda parlak yıldızlar doyma sınırını aşabilir), parlak yıldızları alabilmek için ayrı bir poz süresi kullanmak gerekebilir. Anlamlı sonuçlar verebilecek kadar sinyal/gürültü oranına ulaşılabilen en küçük gökcismi parlaklığı ile piksellerin doyup, artık cevap veremeyeceği en yüksek gökcismi parlaklığı arasındaki fark, gözlenecek cisim, mukayese yıldızı ve poz süresi seçiminde önemlidir. Bu aralık bir CCD’nin dinamik aralığı dynamic range) olarak tanımlanır.

Ayrıca CCD'nin gökyüzünde gördüğü sınırlı alana (Ankara Üniversitesi Rasathanesi T40 Kreiken teleskobunda bu alan 11­­'x11­' yay dakikadır) gözlenmek istenen tüm yıldızları denk getirmek de sorun teşkil edebilir. Özellikle limit durumlarda yıldızları CCD görüntüsünün kenarlarında bırakmak uygun bir çözüm değildir. CCD dedektörler kenarlarda en az duyarlılığa sahiptir, Duyarlılık dedektörün (dolayısıyla görüntünün) merkezinde maksimum olur. Böyle durumlarda diferansiyel fotometri yerine mutlak fotometri yöntemini uygulamak daha uygun bir çözüm olur.

**5.3.4. Bias ve Dark Görüntülerinin Alınması**

Bilimsel görüntüler için poz süreleri belirlendikten sonra gözleme geçmeden önce bias ve dark görüntülerini almak iyi bir stratejidir. Böylece gözlem bu görüntülerin alınması için kesilmemiş olur. Ancak gözlenen yıldızın istenen bir evresi yakınsa bu durumda bu görüntüleri almak sona bırakılabilir. Bir gecede birden fazla yıldız gözlenecekse, bir gözlemden diğerine geçerken bias ve dark görüntülerini almak da iyi bir stratejidir. Gözlem tamamlandıktan sonra sabah hava aydınlanmaya başlayıp, alacakaranlık düz alan görüntüleri alınana kadar bütün gece için dark ve bias görüntüleri almak genellikle tercih edilir. Ancak, gece boyunca dedektörün sıcaklığındaki değişimler ve yaşanabilecek bütün aksaklıklar da dikkate alınarak bias ve dark görüntüleri uygun zamanlarda alınmaya çalışılmalı, ancak gözlenen yıldızın gözlendiği evre aralığında bulunduğu zamana dikkat edilmeli, gözlenmek istenen evrede mümkün olduğunca çok görüntü alınmaya çalışılmalıdır. Bilimsel görüntüler için belirlenen poz süreleriyle eş poz sürelerinde dark görüntüsü alınmaya çalışılmalıdır.

Bu görüntüler kaydedilirken dosya ismi olarak poz süresini ya da hangi banttaki görüntülerin indirgenmesinde kullanılacaksa o bandı çağrıştıracak isimler kullanılması indirgemede büyük kolaylık sağlar. (60 sn'lik bir dark görüntüsü için dark\_60.fits ya da B bandındaki görüntüler için kullanılacak bir dark görüntüsü için dark\_B.fits gibi) İndirgenmesinde kullanılacak bilimsel görüntü ile eşit poz süreli dark görüntüsü alınamadıysa, bilimsel görüntüye en yakın zamanda alınmış bir dark görüntüsü ölçeklendirilerek kullanılabilir. Aynı poz süreli dark görüntülerini birleştirerek kullanmak da iyi bir seçimdir. Farklı poz süreli dark görüntüleri de birleştirilebilir. Hatta gözlemin yapıldığı tarihe çok uzak olmamak kaydıyla aynı sistemle (teleskop + CCD dedektör) farklı bir günde alınmış dark ve bias görüntüleri dahi kullanılabilir ancak sonuç aynı gün alınmış görüntülerle yapılan indirgemeye göre kötü olur.

CCD gözleminde kullanılan bilgisayar programlarının gerek bias gerek dark almak için özel seçenekleri vardır. Her iki tür görüntüde de CCD dedektör üzerine ışık düşmez. Bu görüntülerde filtrenin bir önemi yoktur. Kullanılan programlarda da bu tür görüntüler alınırken filtre seçme seçeneği inaktif durumda bulunur.

**5.3.5. Gözlemin Sonlandırılması**

Bias ve dark görüntülerinin son kez alınmasıyla gözlem gecesi tamamlanır. Sabah alacakaranlığı ile birlikte tekrar düz alan görüntüleri akşam üzeri alınan düz alan görüntülerine benzer strateji ile, bu kez ters sıralamayla alınır. Akşam üzeri düz alan görüntüsü alınmış olsa dahi sabah mümkünse düz alan görüntüsü alınmalıdır. Bunun birkaç sebebi vardır. Öncelikle, sabahları atmosferik koşullar daha uygun olur. Tüm gün boyunca yükselen toz akşam gökyüzünü kirletirken, sabah gökyüzü sıcaklığın düşüklüğü nedeniyle de dahatemizdir. Ayrıca, tüm sistem (teleskop + dedektör) sabah çok daha kararlı halde olur.

Düz alan görüntüleri de alınıp gözlem tamamlandıktan sonra, CCD elektronik olarak ortam sıcaklığına getirilir. CCD'yi kapatıp ortam sıcaklığına bir anda getirmek çok tehlikelidir. Bu tür ani güç kesmeleri, uygulandığı zaman hissedilmese dahi zamanla CCD dedektörün kuantum etkinliğinin azalmasının en önemli nedenlerindendir. CCD dedekötrü kontrol etmek için kullanılan bilgisayar programlarında CCD'yi yavaş bir şekilde ortam sıcaklığına getirmek için seçenekler mevcuttur. CCD, ortam sıcaklığına getirlidikten sonra kontrol bilgisayarından ona yapılan bağlantı ve kontrol bilgisayarının teleskop bağlantısı, teleskop program aracılığı ile park konumuna getirildikten sonra kesilir. Daha sonra CCD, teleskop, kapakları, toz örtüsü ve kubbe kapatılarak gözlem sonlandırılır.