

T.C

İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UZUN DÖNEMLİ YILDIZLARIN DEĞİŞİM TİPLERİNİN İNCELENMESİ

MEHTAP DÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KATIHAL FİZİĞİ ANABİLİM DALI

MALATYA

EKİM, 2019

Tezin Başlığı: Uzun Dönemli Yıldızların Değişim Tiplerinin İncelenmesi

Tezi Hazırlayan: Mehtap DÖNMEZ

Sınav Tarihi: 04.10.2019

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Fizik Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Varol KESKİN

Ege Üniversitesi

Prof. Dr. Tekin İZGİ

İnönü Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR

İnönü Üniversitesi

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR

Prof. Dr. H.İbrahim ADIGÜZEL

Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Uzun Dönemli Yıldızların Değişim Tiplerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mehtap DÖNMEZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

UZUN DÖNEMLİ YILDIZLARIN DEĞİŞİM TİPLERİNİN İNCELENMESİ

Mehtap DÖNMEZ

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Katıhal Fiziği Anabilim Dalı

2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR

Bu tezde uzun dönemli değişen yıldızlar ve özellikleri incelenmiştir. Uzun dönemli yarı düzenli değişen yıldızlara örnekler verilmiştir. Bu örnekler arasında ROTSE teleskobuyla verileri elde edilmiş bazı yıldızlar seçilerek tipleri dönemlerine göre belirlenmiştir ve başarılı olunmuştur. ROTSE (Robotic Optical Transient Search Experiment) teleskopları Gama ışınları bölgesinde gelişen hızlı gama ışını fişkırımlarının optik bölgedeki kaynaklarını bulmak için Michigan Devlet Üniversitesi tarafında kurulmuş tam otomatik teleskoplardır. Dünyada dört tane ROTSE teleskobu vardır, bunlardan ikisi kuzey yarıkürede (Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye) ikisi de güney yarıkürededir (Avusturalya, Namibya) . TÜBİTAK Ulusal Gözlemevindeki ROTSE IIID Teleskobu uydulardan herhangi bir alarm gelmediği sürece rutin filtresiz tarama gözlemleri yapmaktadır. Uydulardan herhangi bir gama ışını fişkırması alarmı geldiğinde ise tüm işini bırakarak çok kısa bir süre içinde gama ışını fişkırmasının optik bölgedeki kaynağını araştırmak üzere

fıskırma bölgesi koordinatlarına dönmektedir. Bu tezde ROTSE teleskobuyla gözlenen yıldızların tamamı incelenmemiş, değişim tipleri vs. bulunmamış yıldızlardır. Bu çalışma bize değişen yıldız nedir, çeşitleri nelerdir, yıldız gözlemini yaparken hangi aşamalardan geçer gibi bir çok soruya yanıt verebilmek için konuyla ilgili literatür taraması yapılarak elde edilen bilgileri bir araya getirilmesiyle meydana gelmiştir. Değişen yıldız, parlaklığı zaman içinde değişen yıldızlardır. Bu parlaklık değişimi düzenli veya düzensiz olabilmektedir. Bu yıldızların parlaklık değişimi, iç ya da dış etkenlerden dolayı meydana gelebilmektedir. İç etkenli parlaklık değişimine zonklayan yıldızlar iyi bir örnektir. Bu yıldızların parlaklığı yıldızın genişleyip büzülmesiyle değişiklik gösterir. Değişen yıldızlar genel olarak ışıkölçüm, spektrofotometrik ve tayfsal olarak incelenirler. Bununla birlikte günümüzde polarimetrik (polarizasyon) gözlemleri de yapılmaktadır. Yıldızların parlaklıkları zamana karşı grafikleri çizilerek ışık eğrileri oluşturulur. Dönemli değişen olması durumunda evrelendirilerek grafikleri çizilir.

Çalışmada uzun dönemli yıldızlar incelenmiş ve örnekler verilmiştir. Bu örnekler arasında literatürde yer almayan bazı uzun dönemli yıldızların baskın periyotları grafiklerde verilen periyotlar olduğu gösterilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Değişen yıldızlar; ROTSE, ışık eğrisi, periyot analizi.

ABSTRACT

Master Thesis

THE STUDY OF VARIATION TYPE OF LONG PERIODIC STARS

Mehtap DÖNMEZ

Inonu University

Natural Science Institute

Physics Department

2019

Supervisor: Assistant Professor Tuncay ÖZDEMİR

In this thesis, long term variable stars and their properties are examined. Examples are given to long-term semi-regular variable stars. Among these examples, some stars whose data were obtained by ROTSE telescope were selected and their types were determined according to their periods and they were successful. ROTSE (Robotic Optical Transient Search Experiment) telescopes are fully automated telescopes set up by the State University of Michigan to find sources of fast gamma ray gushes in the gamma ray region. There are four ROTSE telescope in the world, two of them in the northern hemisphere (United States, Turkey) are two of the southern hemisphere (Australia, Namibia). The ROTSE IIID Telescope at TUBITAK National Observatory makes routine unfiltered scanning observations unless there is an alarm from the satellites. When a gamma ray gush alarm comes from the satellites, it quits all its work and returns to the gushing zone coordinates in a very

short time to investigate the source of the gamma ray gush in the optical zone. In this thesis, not all of the stars observed with the ROTSE telescope have been examined etc stars are absent. This study was conducted by combining the information obtained by searching the literature on the subject in order to answer a lot of questions such as what is the variable star, what kind of star, and what stages it passes through when observing the star. Variable stars are stars whose brightness variable over time. This brightness variable can be regular or irregular. The brightness variable of these stars may occur due to internal or external factors. The pulsating stars are a good example of a variable of brightness with internal effects. The brightness of these stars varies with the expansion and contraction of the stars. The variable stars are generally examined by photometry, spectrophotometric and spectral. However, nowadays, polarimetric (polarization) observations are also made. The brightness of the stars is plotted against time and light curves are created. In case of periodic variable, staging and graphing.

In this study, long term stars are examined and examples are given. Among these examples, it is shown that the dominant periods of some long term stars which are not included in the literature are the periods given in the graphs.

KEY WORDS: Variable stars, ROTSE, light curve, period analysis.

TEŞEKKÜR

Şimdiye kadarki eğitim hayatımda olduğu gibi yüksek lisans eğitimimde de desteklerini esirgemeyen değerli **AİLEM'e**

Bu tez çalışmasına başlamamda yardım, öneri ve desteğini esirgmeden beni yönlendiren danışman hocam Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Tuncay ÖZDEMİR' e;**

Tezin yazımında, deneysel aşamasında, çalışmalarım boyunca yardım, öneri, bilgi ve desteğini göstererek yardımcı olan hocam Sayın **Prof Dr. Varol KESKİN' e;**

Tez çalışmamın deneysel aşamasında ve yazımında başından beri yardımcı olan ablam **Dr. Sevgül DÖNMEZ 'e** ve arkadaşım **Gülçin ASLAN' a;**

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Değişen Yıldız	6
1.2. Değişen Yıldız ve Gözlem	6
1.3. Değişen Yıldızların Adlandırılması	9
1.4. Değişen Yıldızların Sınıflandırılması	10
1.4.1. Bünyesel Değişen Yıldızlar	10
1.4.1.1. Zonklayan Değişen Yıldızlar	10
1.4.1.1.1. Sefeid (Cepheid) ve Sefeid Benzeri Değişkenler	10
1.4.1.1.2. Delta Sefeid Değişkenleri	11
1.4.1.1.3. W Virginis değişenleri	11
1.4.1.1.4. RR Lyrae değişenleri	11
1.4.1.1.5. Delta Scuti değişenleri	11
1.4.1.1.6. SX Phoenicis değişenleri	11
1.4.1.1.7. Beta Cephei değişenleri	11
1.4.1.1.8. PV Telescopii değişenleri	12
1.4.1.1.9. Uzun dönem ve yarı düzenli olan değişenler	12
1.4.1.1.10. Mira değişenleri	12
1.4.1.1.11. Yarı düzenli değişenler	12
1.4.1.1.12. Yavaş düzensiz değişenler	12
1.4.1.1.13. RV Tauri değişenleri	12
1.4.1.1.14. Alfa Cygni değişenleri	13
1.4.1.1.15. Zonklayan beyaz cüceler	13
1.4.1.2. Kataklizmik (patlayan) değişen yıldızlar	13
1.4.1.2.1. Herbig Ae/Be yıldızları	13
1.4.1.2.2. Orion değişenleri	14

1.4.1.2.3.	FU Orionis değişenleri	14
1.4.1.2.4.	Ana kol değişenleri	14
1.4.1.2.5.	Parlak yıldızlar	14
1.4.1.2.6.	Devler ve üstdevler	14
1.4.1.2.7.	Mavi ışık değişenleri	14
1.4.1.2.8.	Gama Cassiopeiae değişenleri	15
1.4.1.2.9.	R Coronae Borealis değişenleri	15
1.4.1.2.10.	Patlayan çift yıldızlar	15
1.4.1.2.11.	Patlayan değişen yıldızlar	15
1.4.1.2.12.	Süpernovalar	15
1.4.1.2.13.	Novalar	15
1.4.1.2.14.	Cüce novalar	16
1.4.1.2.15.	Z Andromedae değişenleri	16
1.4.2.	Dış Etkenli Değişen Yıldızlar	16
1.4.2.1.	Dönen Değişen Yıldızlar	16
1.4.2.1.1.	Küresel olmayan yıldızlar	16
1.4.2.1.2.	Yıldız lekeleri	17
1.4.2.1.3.	FK Comae Berenices değişenleri	17
1.4.2.1.4.	BY Draconis değişeni yıldızları	17
1.4.2.1.5.	Optik değişen atarcalar	17
1.4.2.2.	Örten Çiftler	17
1.4.2.2.1.	Algol değişenleri	17
1.4.2.2.2.	Beta Lyrae değişenleri	18
1.4.2.2.3.	W Ursae Majoris değişenleri	18
1.5.	Gözlem Analizi ve Yapılışı	18
1.5.1.	Yıldız Seçimi	18
1.5.2.	Yıldız Haritasının Belirlenmesi	19
1.5.3.	Doğma–Batma Zamanlarının Belirlenmesi (Evre Hesabının Yapılması)	19
1.5.4.	Jülyen Günü	20
1.5.5.	Güneş Merkezli Jülyen Günü	20
1.5.6.	Evre Hesabı	20

1.5.7.	Doğma – Batma Zamanlarının Belirlenmesi	21
1.5.8.	Gözlem Öncesi	22
1.5.9.	CCD (Charge Couple Device)	22
1.5.10.	Okuma Gürültüsü	23
1.5.11.	Taban Gürültüsü ile Bias Görüntüsü	23
1.5.12.	Kara Akım Gürültüsü ve Dark Görüntüleri	23
1.5.13.	CCD Dedektörün Verdiği Cevabının Yüzey Süresince Değişikliği ve Flat Görüntüsü	24
1.5.14.	Gözlem Esnası	25
1.5.15.	Gözlem Sonrası	25
1.5.16.	Veri İndirgeme	25
1.6.	Değişen Yıldızların Hertzsprung-Russell Diyagramı	26
1.6.1.	Mira Değişenleri	34
1.6.2.	Yarı Düzenli Değişen Yıldızlar	36
1.6.2.1.	SRA ve SRB	37
1.6.2.3.	SRC	37
1.6.2.3.	SRD	37
2.	MATERYAL VE YÖNTEM	38
3.	ARAŞTIRMA BULGULARI	39
4.	SONUÇ VE YORUM	41
5.	KAYNAKLAR	42
6.	ÖZGEÇMİŞ	44

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	AC Her, EP Lyr, RV Tau ve V Vul yıldızlarının O-C grafikleri	2
Şekil 1.2.	Jülyen gününe göre Delta Cep'in parlaklık grafiği	3
Şekil 1.3.	Jülyen gününe göre R Sct'nin parlaklık grafiği	4
Şekil 1.4.	Jülyen gününe göre Omicron Ceti'nin parlaklık grafiği	4
Şekil 1.5.	Beta Per'in Evre-Parlaklık Grafiği	5
Şekil 1.6.1.	Çeşitli değişen yıldız türlerinin H-R diyagramındaki konumları ve popülasyon türleri	26
Şekil 1.6.2.	177_279836940314165_68.1239254912325 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi	27
Şekil 1.6.3.	111_31.51763263910004_66.6611084014670 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi	27
Şekil 1.6.4.	141_30.2099958661743_67.6580498127214 isimli yıldızın faz-kadir eğrisi	28
Şekil 1.6.5.	181_28.8624776834247_68.0220539028948 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi	28
Şekil 1.6.6.	268_31.0068556675577_66.6357537630894 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi	29
Şekil 1.6.7.	272_28.0957746672375_67.7912079559020 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	29
Şekil 1.6.8.	286_31.8433789650496_67.7185039326245 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	30
Şekil 1.6.9.	335_28.9248376061043_67.7968124790517 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	30
Şekil 1.6.10	350_28.6156892456547_67.3307268983764 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	31
Şekil 1.6.11	436_29.0773577574166_66.8429522965506 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	31
Şekil 1.6.12	482_29.3189191886433_66.8133047190186 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	32
Şekil 1.6.13	645_29.8619529495862_67.7525706164214 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi	32

Şekil 1.6.14	Yarı düzenli değişen yıldız GQ Vel' in ışık eğrisi	33
Şekil 1.6.15	Bazı yarı düzenli değişen yıldızlar için örnekler	33
Şekil 1.6.16	Yarı düzenli değişenlerin yer tayini ve Yarı Düzenli-Z Uma' nın Jülyen günündeki kadir değeri	34
Şekil 3.1.	SRa'lara örnek olarak Y Ser ve Z Aqr'nin ışık ve renk eğrileri	39
Şekil 3.2.	SRb'lere örnek olarak Y CVn ve π^1 Gru' nun ışık ve renk eğrileri	39
Şekil 3.3.	SRc'lere örnek olarak VX Sgr ve μ Cep'in ışık eğrileri	40
Şekil 3.4.	SRd'lere örnek olarak SX Her ve UU Her' in ışık ve renk eğrileri	40



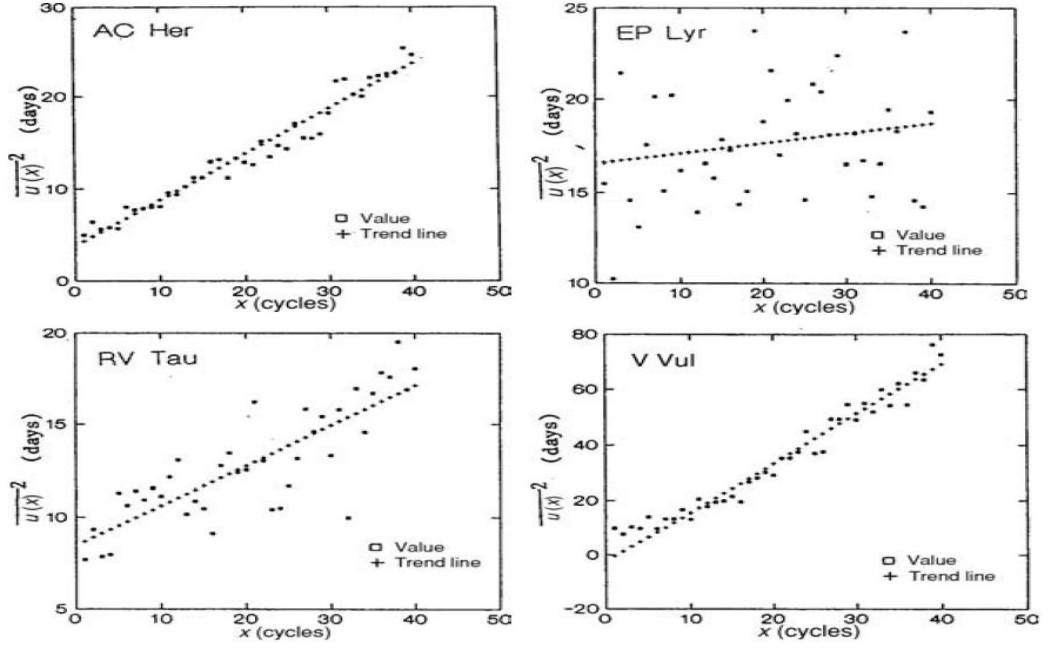
SİMGELER DİZİNİ

E	Çevrim Sayısı
T_o	Geçmiş bir zamanda ışığının minimum olduğu bir zaman
P	Yörünge Dönemi
α	Sağaçıklık
δ	Dikaçıklık
φ	Enlem
λ	Boylam
h	Ufuk Yüksekliği
$M_{\odot}$	Güneş Kütlesi

1. GİRİŞ

Değişen yıldızların incelenmesi astronominin en popüler ve dinamik alanlarından biridir [1]. Değişim çoğu yıldızın bir özelliğidir ve yıldızları anlamamızdaki katkısı büyüktür. Bu yıldızlar değişmeyen yıldızlardan elde edemeyeceğimiz zaman ölçekleri, genlikler gibi ek bilgiler sağlarlar ve bu ek bilgiler yıldızın kütle, yarıçap, parlaklık, dönme gibi fiziksel parametrelerini ortaya çıkarmamızda ve teorik modelleri sınamamızda önemlidir. Göz önüne aldığımız yıldız için gözlediğimiz değişiklikler yanında yıldızın diğer gözlenen karakteristiklerini de kestirebileceğimiz bir model seçeriz ve bu model yardımıyla yıldızın içyapısı yani içerik özellikleri, yapısı ve içindeki fiziksel süreçler hakkında bilgi sahibi oluruz.

Değişebilirliğin incelenmesi özellikle bir yıldızın doğumu veya ölümüyle bağlantılı hem hızlı ve sıklıkla şiddetli olaylar hakkında ya da normal yıldız evrimi ile ilişkili doğrudan gözlenebilir değişimler sunar. Son yıllarda genellikle de astronomideki teknik gelişmelere paralel olarak yeni değişim tipleri keşfedilmiştir [2]. Eğer bir yıldızın kütlesi ve yarıçapı ile ilgileniyorsak yüzümüzü çift yıldızlara dönmek zorundayız, örtülmenin derinliğini ve şeklini ölçerek bu nicelikleri iyi bir yaklaşıklıkla hesaplayabiliyoruz [3]. Yalıtılmış yıldızın spektrumunun incelenmesi ile yüzey sıcaklığı, kütle çekim sabiti ve yıldızın kimyasal içeriği hakkında bilgi sahibi oluruz. Eğer yıldız hassas bir parlaklığa sahipse yüzey sıcaklığı (spektrumdan bulunacak) ve görünür parlaklık bize yarıçapı verir. Kütle çekimi bize yıldızın kütlesini verir. Çift yıldız sisteminin bu parametreleri (kütle, yarıçap, kütle çekim sabiti, kimyasal içerik) genellikle astrometrik, spektroskopik ve fotometrik gözlemler yardımıyla bulunur, çoğu durumda iki ya da üç yöntemin aynı anda kullanılması tercih edilir.



Şekil 1.1 Bazı yıldızların O-C grafikleri

Bazı çiftler özellikle örten çiftler bir önemli zaman aralığında periyotlarında ölçülebilir bir değişim gösterirler. Bu periyot değişimi O-C (observed-calculated) olarak isimlendirilir [4]. O_C değişimi yörüngedeki eksenel simetriden kaymayı ya da üçüncü bir cismin varlığına işaretir [5]. Mira ve RV Tauri yıldızları gibi düzenli tayfsal salınım hareket değişime sahip yıldızlar O-C diyagramlarında düzensiz dalga benzeri tayfsal salınımlara sahiptirler. Eddington ve Plakis bu etkiyi belirlemek ve salınımların büyüklüklerini belirlemek için bir yöntem geliştirdiler. Bu etki yıldızların evrimsel periyodik değişimlerini ölçmeyi çok zorlaştırmaktadır. Bu etkiyi araştırmak için sistematik bir çalışma yapılmamıştır. Bu tezde işte tam bu konuyu araştırmak için çalışmalar yapılmıştır. Bu davranışın ilk göze çarpan özelliği daha çok büyük yarıçap/kütle oranlı yıldızlarda görülmesidir [6]. İç ve dış etkenli olmak üzere iki tür değişen yıldız bulunmaktadır. İç etkenli değişen yıldızın değişiklik durumu içinde veya yıldız sisteminde fiziksel olarak meydana gelir. İç etkenli yıldızlar zonklamaktadır. Dış etkenli değişen yıldız ise farklı bir yıldızı örtmesi veya yıldız sisteminde oluşan dönmeden kaynaklı tutulma sebebiyle oluşmaktadır. Değişen yıldız türleri çoğunlukla dört ayrı kategoriye ayrılmaktadır. Dış etkenli değişen yıldızlar, dönen ve örten çift yıldız şeklindedirler.

Çoğunlukla çalışmaya ilk başlayanlar araştırmacılar için uzun dönemli yarı düzenli

değişen yıldız gözlemleri önerilmektedir. Çünkü bu yıldız tiplerinin değişkenlik durumları genellikle yüksek genliğe sahiptir, sayı olarak fazladır ve çoğunlukla parlak yıldız tiplerine yakın oldukları için konumları oldukça basit tespit edilmektedir.

Zonklama gösteren değişen yıldızlar, üst tabakalarında belirli zamanlarda genişleme olan yıldız tipleridir. Zonklama bu yıldızlarda ya radyal şekilde yayılır ya da radyal olmadan yayılır. Radyal atılım gösteren bir yıldız küreseldir. Radyal olmayan atılım gösteren bir yıldız ise belirli dönemlerde küresel olmayabilir. Zonklama gösteren değişen yıldızların türleri, atım durumları, kütle durumları, evrim durumları ve evrim durumlarıyla atım özellikleri açısından farklılık gösterebilirler.

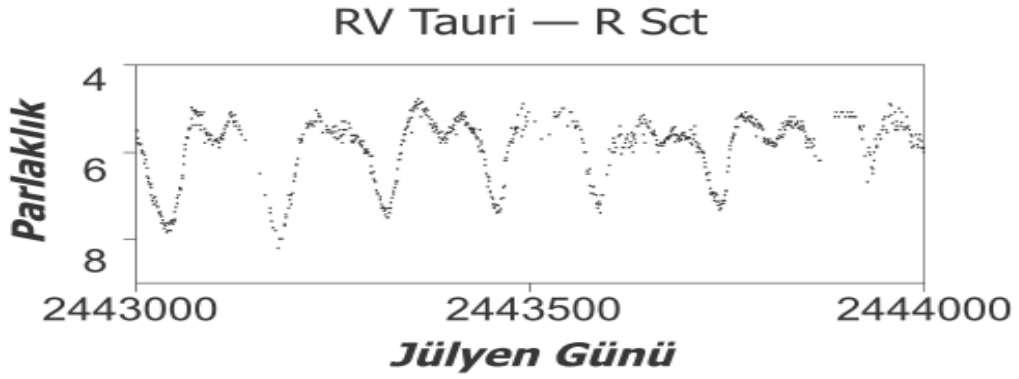
Sefeidler — Sefeid değişkenleri, 1-70 gün arası dönemleri olan, 0.1-2 kadir aralığındaki parlaklıkta zonklama gösterirler. Bu yıldız tipleri kadir değerleri en yüksek seviyedeysen F tayfındadırlar ve ışıınımları yüksektir. Bu yıldızların kadir düzeyleri en alt seviyedeysen tayf sınıfı G' den K' ya kadardır. Bu yıldızın tayf sınıfı harf türü ne kadar ileriye dönem zamanı da o kadar uzun olmaktadır. Bu değişkenler, dönem-parlaklık bağlantısına uyarlar. Ayrıca parlaklıkları yüksek dönemleri kısa olduklarından öğrenci çalışmaları için oldukça uygundurlar.



Şekil 1.2 Jülyen gününe göre Delta Cep'in parlaklık grafiği

RR Lyrae Yıldızlarının dönemleri kısadır (0.05-1.2 gün arasında), zonklarlar ve çoğunlukla tayf sınıfları A'dır. Bu beyaz dev yıldızlar, sefeidlerden daha yaşlıdır ve

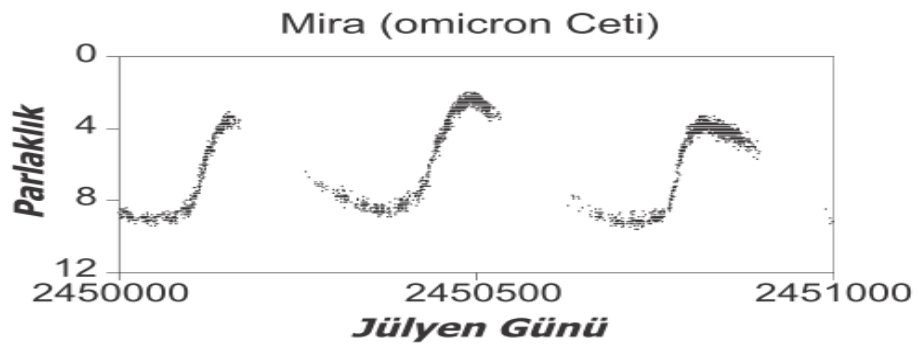
kütleleri daha azdır. Bu yıldızlarının değişim genlik düzeyi 0.3-2 kadir aralığındadır.



Şekil 1.3 Jülyen gününe göre R Sct'nin parlaklık grafiği

RV Tauri Yıldızları — Bu yıldızlar, karakteristik ışık eğrileri derinden sığa değişiklik göstermekte ve genelde minimum seyreden sarı süper dev yıldızlardır. Dönemleri, 30-150 gün aralığındadır. Parlaklık değişim düzeyleri 3 kadire kadar varabilmektedir. Bu sarı süper devlerin bir kısmı yüzlerce gün değişkenlik gösterirken bir kısmı binlerce gün süren değişkenlik gösterebilmektedirler. Bu yıldızların tayfları G ve K tayf türü aralığındadır.

Uzun Dönemli Değişenler (LPV) — Bu yıldızlar zonklamakta, dönemleri 30-1000 gün aralığında değişmekte olup kırmızı dev veya süperdev değişen yıldızlardır.



Şekil 1.4 Jülyen gününe göre Omicron Ceti' nin parlaklık grafiği

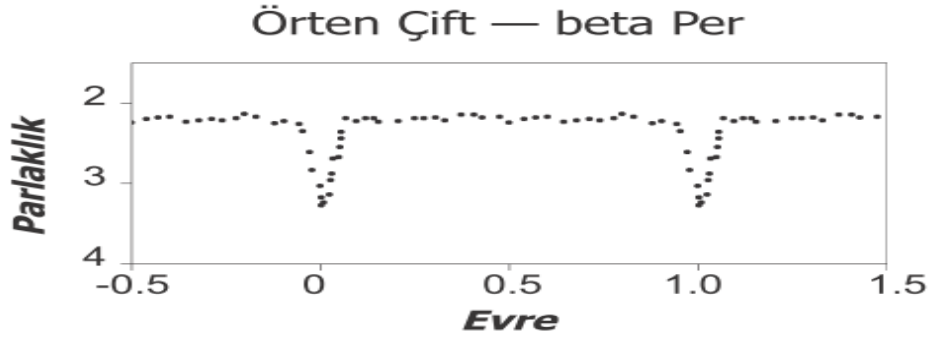
Tayf türü çoğunlukla M, R, C veya N' dedir. Mira ve Yarı Düzenli diye iki alt türü bulunmaktadır.

Mira—Bu kırmızı dev yıldızların dönemleri 80-1000 gün aralığındadır ve parlaklık düzeyleri 2.5 kadire kadar değişiklik göstermektedir.

Yarı Düzenli — Bu yıldızlar ya yarı düzenli ya da düzensiz aralıklarla ışık değişimi gösteren dev yıldızlardır ya da süper dev yıldızlardır. Bu yıldızların dönemleri 30-1000 gün aralığında değişmekte ve parlaklık değişim düzeyleri 2.5 kadirten daha az olmaktadır.

Düzensiz Değişenler — Bu yıldızların birçoğu kırmızı devdir ve zonklama özelliği gösteren yıldızlardır. Bu yıldızların ışık değişiklikleri çoğunlukla döneme göre değişiklik göstermemektedir. Bazı zamanlar belli belirsiz bir dönemleri bulunmaktadır.

Kataklismik Değişenler — Bu değişenler için patlayan değişen ismi de kullanılmaktadır. Bu değişenler bazen üst katmanlarında veya derinliklerinde termonükleer etkileşimlerden dolayı ara sıra oldukça güçlü patlamalar olmaktadır.



Şekil 1.5 Beta Per 'in Evre-Parlaklık Grafiği

Örten Çift Yıldızların yörünge düzlemleri bakış çizgimize yakındır ve çift yıldız sistemine sahiptirler. Üyeleri düzenli şekilde birbirlerini örtmektedirler ve görünür parlaklık düzeylerinde belirgin düşüşler olmaktadır. Sistemin yörünge dolanım dönemiyle aynı olan tutulmanın dönemi birkaç dakikadan yıllara kadar sürebilmektedir.

Dönen yıldızlar, ışıklarında, yüzeylerindeki koyu veya parlak beneklerinde veya

bölgelerinde (yıldız lekeleri) oluşan küçük değişiklikler göstermektedirler. Dönen yıldızlar çoğunlukla çift yıldız sistemine sahiptirler [7].

1.1. Değişen Yıldız

Değişen yıldız, adından da anlaşıldığı gibi parlaklık durumları zamanla değişebilen yıldız türleridir. Bu yıldızların parlaklık durumları genelde çok genç olduklarında veya çok yaşlı olduklarında değişiklik göstermektedir. Bunun sebebinin ya yıldızın genişlemesi, daralması, püskürmesi durumlarında oluşan iç dinamikte değişiminden kaynaklandığı ya da iki ve ikiden fazla yıldızın birbirlerinin yörüngelerinde döndüklerinde oluşan erken tutulmalarla oluşan dış dinamikteki değişiminden kaynaklandığı belirtilmektedir.

Değişen yıldız ile ilgili yapılan çalışmalarda, 2000 yılına kadar 30 binden fazla değişken yıldız saptanmış ve bunlar kataloglanmıştır. Bununla birlikte yaklaşık 14 bin kadar başka yıldızların da parlaklıkları ile ilgili değişimleri dikkat çekmiştir. Ayrıca Güneş ve Kutup Yıldızı ile birlikte pek çok yıldızın, uygun olarak duyarlılıkları ölçüldüğünde parlaklık değişimi bilinmektedir.

Johannes Holwarda Ceti, 1638 yılında değişen yıldızın 11 ayda bir zonkladığını keşfetmiştir. David Fabricius bu durumu daha önce 1596 yılında bir nova olarak nitelemiştir. Johannes Hevelius ise 1642'de bu tipe Mira adını vermiştir. Geminiano Montanari 1669'da bu tipi değişen olarak tanımlamıştır. John Goodricke ise 1784'de değişen yıldız için doğru bir tanımlama yapmıştır. Sonraki yıllarda 1686 ve 1704'de Maraldi R Hydrae ve Kirch Chi Cygni'de keşfettiği değişen yıldızlar ile keşifler birbirini izlemiştir. Artık 1786'ya gelindiğinde 10 tane değişen yıldızın varlığı bilinmektedir. John Goodricke, Delta Cephei ve Beta Lyrae'yı keşfetmiştir. 1850 yılı itibarıyla özellikle 1890 yılından itibaren teknolojinin geliştirilmesiyle değişen yıldızın keşfinde hız kazanılmıştır.

1.2. Değişen Yıldız ve Gözlem

Değişen yıldız gözlemlerinde, değişen yıldızlar ışıkölçüm, spektrofotometrik ve tayfsal olarak araştırılır. Şu an polarimetrik olarak gözlemler yapılabilmektedir. Değişen yıldızların parlaklıklarının zamana göre değişimi ışık eğrisini oluşturulmaktadır. Değişen yıldızların fotometrik parametrelerinin, uzun zaman ölçeklerin de izlenmesi, parlaklık ve renk değişimine neden olan fiziksel süreçlerin

daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Yıldızların dönemine göre davranışlarıyla ilgili örten çift yıldızların yörünge dönemlerinden, yıldız patlamalarıyla oluşan düzensizlik veya düzenlilik derecelerinden ve ışık eğrisinden faydalanılarak bilgi elde edilebilir.

Bu ışık eğrisi ile ilgili yapılacak olan daha detaylı inceleme ile gökbilimciler, yıldızların kütleleri veya boyutlarını hesaplayarak bu konu hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilmektedir. Çok uzun süren bu gözlem verileri, bir yıldız ile ilgili nasıl bir değişim dönemi yaşadığını ortaya koymaktadır. Hatta bu durum yıldızın yapısal olarak gösterdiği değişimin de bir göstergesi olabilmektedir.

Değişen yıldızların kısa zaman ölçeklerinde meydana gelen değişimler, evrimleri süresince daha uzun zaman ölçeklerinde de değişiklikler olabileceğini göstermektedir. Bir örnek olarak; bileşenleriyle madde değişimi yapan kısa dönemli bir çift yıldızın fotometrik ve tayfsal gözlemleri bu etkinliğe dair izler, kısa zaman ölçeklerinde değişimler oluştururken; uzun zamanlı sistemin yörüngesinde değişim olmasına sebep olabilmektedir. Bu değişimin, zonklama sürecinin zamanı, yıldız evrimleşme döneminde oluşan çap değişikliğinden etkilenecektir. Değişen bu yıldızların fotometrik özelliklerinin uzun zaman ölçekleri içinde izlenmesi, değişen yıldızın parlaklık durumlarında ve renklerinde değişimine sebep olan fiziksel durumların daha iyi şekilde kavranmasını sağlamaktadır. Fakat elde olan gözlemsel veri miktarı, bir inceleme için hala yeterli boyutlara ulaşmamıştır. Elde edilen gözlemlerin çoğunluğu sonraki nesillere bir miras olarak kalmaktadır. Bundan dolayı değişen yıldızların uzun zamanlı olarak kesintiye uğramayan verilerin daha iyi alınması ve bunların sistematik bir şekilde arşivinin yapılması çok önemlidir.

Çağımızda pek çok uluslararası hakemli dergilerde, değişen yıldızlar ile ilgili yapılmış araştırmalar yayımlanırken, çok ayrıntıları olduğu düşüncesiyle orijinal gözlem verilerini dergilerin de yayımlamak tarafında olmamaktadırlar. Bu durum da zamanla var olan edinilmiş orijinal gözlemlerin kaybolmasına neden olmaktadır. Bunun önüne geçmek amacıyla Uluslararası Astronomi Birliği (IAU), uzun zamandır yayınlanmayan değişen yıldızların fotometrik gözlemlerini arşivlemeyi üstlenmiştir. M. Breger' in liderliğinde Viyana Gözlemevi'nde başlatılan ve şimdi E. Schmidt 'in devamını getirdiği bu girişim, elde edilmiş tüm verilerin elektronik olarak CDS veri

tabanı yoluyla arşivinin ve dağıtımının yapılması sağlanmaktadır. Ayrıca değişen yıldızlara ait bu arşivlenen tüm veriler düzenli olarak IBVS' de yayını yapılmaktadır. Uluslararası Astronomi Birliği' nin (IAU) belirlediği kurallara göre IBVS, değişen yıldızlarla ilgili haberlerin, gelişmelerin ve bilimsel çalışmaların yayınlandığı bir bültendir.

Değişen yıldızlar hakkında araştırmalar, incelemeler yapılması ve bilginin sağlanması için farklı kataloglar ve elektronik veri noktaları günümüzde mevcuttur. Bunlar arasında en öne çıkanlar şunlardır:

- ❖ GCVS Kataloğu [8]
- ❖ ADS veri tabanı
- ❖ SIMBAD veri tabanı [9]
- ❖ CDS veri tabanı [10]

Bunların dışında birçok küçük gruplardan oluşan organizasyonlar, değişen yıldızların sistematik olarak gözlemlenmesi ve arşivinin yapılması için çalışmalarına devam etmektedir. Bu grupların katkısı yadsınamayacak kadar önemlidir. Bu organizasyonlardan en öne çıkanlar şunlardır;

- ❖ AAVSO
- ❖ BAAVSS [11-12]
- ❖ AFOEV [13]
- ❖ RASNZ
- ❖ BAV
- ❖ IAPPP
- ❖ BBSAG
- ❖ VSNET
- ❖ CAS
- ❖ B.R.N.O. – O-C Gateway
- ❖ Open European Journal on Variable stars
- ❖ MEDUZA

- ❖ Krakow Observatory (Kreiner's (O-C) Catalogue)
- ❖ Krakow Observatory Minima Database
- ❖ GEOS
- ❖ VSOLJ
- ❖ Eclipsing Binary Observers

Değişen yıldızlar hakkında tüm dünya astronomların resmi organizasyonu olan Uluslararası Astronomi Birliği IAU' nun iki komisyonu konuyla ilgili çalışmaktadır.

1.3. Değişen Yıldızların Adlandırılması

Bu yıldızların adları, Uluslararası Astronomi Birliği tarafından oluşturulan bir komisyon tarafından belirlenmektedir. İsimlendirme, bir takımyıldız içinde değişen yıldızların bulunma sırası göz önüne alınarak yapılmaktadır. Keşfedilen yıldız Yunan harfiyle başlıyorsa, yıldız o isimle anılır. Yoksa bir takımyıldızın ilk yıldızı R harfiyle isimlendirilir, ondan sonraki S harfi olur ve bu haliyle Z harfine kadar sürmektedir. Daha sonraki değişen yıldız RR şeklinde isimlendirilir, sonra RS' den RZ 'ye kadar; SS' den SZ' ye kadar isimlendirme sürer ve ZZ 'ye kadar gelmektedir. Daha sonra da alfabe içinde tekrar başa dönülür ve AA, AB ile başlayıp QZ' ye kadar sürer. Bu sistemde J harfi kullanılmamaktadır ve toplam 334 ismi içermektedir. Samanyolu'nda olan bazı takımyıldızlarda çok fazla değişen yıldız bulunur, bu yüzden bunları tanımlamak için ek terimlere ihtiyaç duyulmaktadır. QZ' den sonraki yıldızlar V335, V336 vb. olarak isimlendirilirler. Sonra yıldızları simgeleyen harfler takımyıldızın latince adının –in hali ile birleştirilirler. Sıklıkla, AAVSO' ya gönderilecek raporda zorunlu tutulduğu gibi, üç harfe kısaltma kullanılmaktadır.

Bu terminoloji sistemi Friedrich Argelander tarafından ilk defa 1800'lü yıllarda ortaya konmuştur [14]. Friedrich' in bu sıralamaya büyük R harfiyle başlamasının 2 sebebi bulunmaktadır. Küçük harfler ve alfabenin ilk sırasında yer alan harfler diğer cisimlere ayrılmıştır; büyük harfler ve alfabenin sonlarındaki harfler ise kullanılmamıştır. Bununla birlikte Argelander yıldız değişen tipi az görülen bir olay olduğunu ve bir takımyıldızda dokuzdan daha fazla değişen yıldızın olamayacağını düşünmekteydi (günümüzde bunun doğru olmadığı bilinmektedir).

1.4. Değişen Yıldızların Sınıflandırılması

Sınıflandırmada, 2 türde değişen yıldız bulunmaktadır. Bunlar; bünyesel değişen yıldızlar ve dış etkenli değişen yıldızlardır.

Bünyesel değişen yıldızlar, bu yıldızların, değişkenlik durumları yıldızın içindeki değişiklikten veya yıldız sistemindeki fiziksel değişiklikten oluşmaktadır. Bu yıldızların 2 alt grubu vardır. Zonklayan değişenler; bu yıldızlar yüzey katmanlarında dönemsel olarak genişleme gösterir. Katakлизмik/patl原因an değişenler; bu yıldızların ara sıra yüzey kısımlarında veya daha derin kısımlarında termonükleer değişimler sonucu güçlü patlamalar olur.

Dış etkenli değişen yıldızlar, bu yıldızların örtülmesiyle veya yıldız sistemindeki dönmeden kaynaklı olarak meydana gelir. Bu yıldızlar 2 alt gruptan oluşur. Örtün çiftler: bu yıldızlar yörünge eksenlerine yakın çift yıldız sistemidir. Bu yıldızlar düzenli şekilde birbirlerini örtmekle birlikte parlaklıklarında görünür olarak azalmalar olur. Dönen değişenler: bu yıldızların ışığında, yüzeylerinde parlak veya koyu benekler veya bölgelerinden kaynaklı küçük değişimler olur. Genellikle bu yıldızlar çift yıldız sisteminde bulunmaktadır.

1.4.1. Bünyesel Değişen Yıldızlar:

1.4.1.1. Zonklayan değişen yıldızlar

Bu yıldızların, yüzeyinde dönemsel olarak genişleme olur. Bu yıldızlarda radyal veya radyal olmayan şekilde zonklamalar olur. Radyal olan yıldızın şekli küreselken, radyal olmayan atımlı bir yıldız şekli ise dönemsel olarak küresellikten sapabilmektedir. Zonklayan değişen yıldızların türleri, atım dönemlerine, kütlelerine ve yıldızın etrafındaki evrimsel durumlarıyla atım karakterleri açısından diğerlerinden ayrılabilir. Bunlar;

1.4.1.1.1. Sefeid (Cepheid) ve Sefeid benzeri değişenler

Bu değişen yıldızlar, 1 -70 gün dönem arasında ve 0.1-2 kadir parlaklığına kadar zonklamaktadır. Bu yıldızlar maksimum parlaklıktayken yüksek ışınlımlı, F tayf sınıfına girer. Minimum parlaklıktayken G-K arasındaki tayf türündedir. Bu değişenler, parlak ve kısa dönemli yıldızlardır.

1.4.1.1.2. Delta Sefeid değişenleri

Bu yıldızların parlaklık durumlarındaki değişim farkı 0,1 ile 2 kadir arasındadır. Bu değişim birden artarak başlar, sonra azalmayla kendini gösterir. Bu değişkenlerin uzaklıkları ile mutlak parlaklıkları arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bundan dolayı gökadalara veya küresel kümelerin uzaklıklarının ölçümünde, içlerinde bulunan bu yıldızlardan faydalanılır.

1.4.1.1.3. W Virginis değişenleri

Bu yıldızlar, halo ve kalın disk popülasyonlarında yer alan yıldızlardır. Kütleleri yaklaşık $0.6M_{\odot}$ olup dönemleri 0.75 ila 40 gün aralığında değişmektedir. Zonklayan bu yıldızların tayflarında dönemli olarak, içten yayılan şok dalgaları tesiri görülmektedir. Fakat çıkıntının iniş ya da çıkış kolunda bulunmasını ayıran sınır-dönem değeri yaklaşık 1.5 gündür.

1.4.1.1.4. RR Lyrae değişenleri

Bu yıldızlar, 0.05-1.2 gün arasından zonklamakta çoğunlukla A sınıfı tayf konumunda kısa dönemli beyaz devlerdir. Sefeidlere göre yaşları daha büyüktür, kütleleri de daha azdır. Bu yıldızlarının değişim parlaklığı 0.3-2 kadir aralığındadır.

1.4.1.1.5. Delta Scuti değişenleri

Bu yıldızların dönemleri 0.3 günden daha kısadır. Bu yıldızların A ya da F tayf türünden, görsel bölge genlikleri 0.001-0.8 kadir arasında zonklama gösteren değişenlerdir. H-R diyagramında kararsızlık kuşağında bulunurlar. Bu yıldızlar, üst kısımdan klasik Cephei'ler, alt kısımdan ise zonklama gösteren beyaz cüceler ile sınırlanmış büyük bir alandadır. Bu kadar büyük bir bölgede yıldızların çeşitliliği de çok fazladır. Burada pek çok farklı genç ya da yaşlı yıldızlar bu çeşit değişenler grubunda yer almaktadır.

1.4.1.1.6. SX Phoenicis değişenleri

PopII üyesi zonklayan A2-F5 altcüceleri. Erken tayf (O ve B) Mavi-beyaz değişenlerdir.

1.4.1.1.7. Beta Cephei değişenleri

Bu yıldızlar, dikine şekilde hız değişimi gösteren, erken dönem B türü devlerden ve alt devlerden oluşan kısa dönemli yıldızlardır. 2-7 saat aralığında değişik

dönemlere sahip, dönme hareketleri ve/veya çiftli sistemleriyle sıra dışı şekilde kısadır ve bunun için en mantıklı açıklama zonklama olarak gösterilmektedir. Bu yıldızlar ayrıca yıldız astrofiziği açısından ve zonklama teorisi bakımından farklı bir yere sahiptir. Bunun nedeni, bu yıldızların değişenlerinin zonklamalarını oluşturacak ve bunu sürdürecektir kuramların yakın bir zamana kadar tutarlı bir hal almamasıdır. Kuramsal olarak çalışan araştırmacılar halen bunun sebebini bulmak için çaba göstermektedirler.

1.4.1.1.8. PV Telescopii değişenleri

Değişen Yıldız Kataloğu'nda kısaca PVTEL olarak bilinmektedir. Bu tür, helyum ve karbonun artırılmış tayf çizgileri ve zayıf hidrojen tayf çizgileriyle, helyum üst devleri Bp yıldızları olarak isimlendirilirler. Yani, hidrojen tayf çizgileri B tipi yıldızlar için normalden zayıfken, helyum ve karbon tayf çizgileri güçlüdür.

1.4.1.1.9. Uzun dönem ve yarı düzenli olan değişenler

Bu yıldızlar, zonklayan, 30 ve 1000 gün arasında değişiklik gösteren, kırmızı dev ya da üst dev yıldızlardır. Tayf konumları genelde C, M, R ya da N türündendir. Yarı düzenli ve Mira olmak üzere iki türü bulunmaktadır.

1.4.1.1.10. Mira değişenleri

Değişkenler, 80 ve 1000 gün arasında dönemlere sahip, kırmızı devlerdir ve parlaklık düzeyleri 2.5 kadiri geçmektedir.

1.4.1.1.11. Yarı düzenli değişenler

Yarı düzenli ya da düzensiz aralıklarla ışık değişikliği dönemleri gösteren dev ya da üst devlerdir. Dönemleri 30 ila 1000 gün arasındadır ve parlaklık değişimleri 2.5 kadirinden azdır.

1.4.1.1.12. Yavaş düzensiz değişenler

Bu yıldızlar genellikle kırmızı dev ve zonklama gösteren yıldızlardır. Bu yıldızların ışık değişimleri dönemsel değildir fakat ara sıra belirsiz bir döneme sahiptirler.

1.4.1.1.13. RV Tauri değişenleri

Bu yıldızların ışık eğrileri birbirini izleyen sığ ve derin minimumlarla ve

düzensizlikleriyle karakterize edilirler. Bu yıldızların dönemleri 30-150 gün arasında değişmekte ve iki derin minimum ile tanımlanmaktadır. Parlaklık değişimi yaklaşık 3 kadirdir. Bunların bir kısmı binlerden yüzlerce güne kadar uzayan dönemlere sahiptir. Tayf sınıfı ise G ve K arasında değişmektedir.

1.4.1.1.14. Alfa Cygni değişenleri

Bu yıldızların ışınmı yüksektir ve güçlü değişkenlerdir. Bu yıldızlar zonklayan türde yıldızlardır. Bu grupta B, A çeşidi üst devler dışında benzer evrimsel özelliğe sahip büyük kütleli yıldızlarla birlikte geç türde yıldızlar da yer alır.

1.4.1.1.15. Zonklayan beyaz cüceler

Bu yıldızlar, zonklama gösteren, çapsal olmayan(non radyal) cücelerdir. Bu yıldızların dönemleri değişiklik göstermekle birlikte 30 saniye ile 25 dakika aralığındadır. V ekseninde görülen ışık değişiklikleri yaklaşık 0.2 kadirdir. GCVS’de, bu yıldızlar gösterdikleri tayf çeşidi yönünden üç 3 alt gruptan oluşmaktadır. Bunlar;

1.ZZA: hidrojen soğurma çizgili DA tayf tipindeki beyaz cüceler

2.ZZB: helyum soğurma çizgili DB tayf tipindeki beyaz cüceler

3.ZZO: Sürekli tayf veya PNNV yapılı DO tayf tipindeki beyaz cüceler [12].

1.4.1.2. Katakлизмik (patlayan) değişen yıldızlar

Bir dejenere yıldız ve ona kütle veren bir yoldaş yıldızdan oluşan çift yıldız sistemleridir. Yoldaş yıldız, evrimi sırasında kendi Roche lobunun hacmini aşabilir: böylece madde sarmallar yaparak beyaz cüce yıldızın üstüne akar; ayrıca bu tür sistemler yarı ayrık çift yıldızlardır. Yoldaş yıldız genellikle anakol üzerinde yer alabildiği gibi anakol yakınlarında yer alan geç tip bir yıldız olduğu durumlar da olabilir. Bu yıldızlar merkezlerinde nükleer tepkime oluşturacak kadar sıcaklığa henüz ulaşmamış yıldızlardır. Bu yıldızlar, yüzey katmanlarında veya derinliklerinde termonükleer etkileşimlerden dolayı bazı zamanda büyük patlamalar oluşur.

1.4.1.2.1. Herbig Ae/Be yıldızları

Herbig 1960 yılında, bu yıldızı genel hatları ile ortaya koymuştur. Bu yıldızların T Tauri yıldızlarıyla çok sayıda benzer yanları bulunmaktadır. Bunun dışında uzaydaki konumları yönünden de T Tauri yıldızlarıyla ortak özellikleri vardır ve

genellikle karanlık bölgelerde bulunmaktadır.

1.4.1.2.2. Orion değişenleri

Fiziksel olarak birbiriyle çok farklı özelliklere sahip olmayan bazı yıldızlar farklı alt gruplardan meydana gelmektedir. Örnek verilecek olursa; RW Aur türü değişenlerle T Tauri yıldızları olarak isimlendirilen düşük kütleli anakol öncesi yıldızlar arasında fiziksel olarak ayırım bulunmamaktadır. Bu değişenler ise evrimlerinin özel bir safhasında yer alan T Tauri yıldızlarıdır.

1.4.1.2.3. FU Orionis değişenleri

Bu yıldızlarda oluşan patlamalar, çevrelerindeki yığılma disklerinde meydana gelen kararsızlıklardan oluşmaktadır.

1.4.1.2.4. Ana kol değişenleri

Wolf-Rayet değişenleri

Bu değişkenlerin sıcaklığı 30000 ila 50000°K aralığında değişen, ışıyım gücü yüksek ve güçlü, genç olan Pop I üyesi yıldız türleridir. Bu yıldızlar, hayli iyonize hidrojen, helyum veya karbonun tayf çizgileri gösteren, heterojen yıldız grubudur. Soğurma tayf türleri ise normal O-B çeşitlerine benzerlik göstermektedir.

1.4.1.2.5. Parlak yıldızlar

Bu yıldızların kromosfer alanlarında ve korona kısımlarında meydana gelen güçlü püskürmelerden sonra ışık değişimi gösteren yıldız türüdür.

1.4.1.2.6. Devler ve üstdevler

Bu yıldızlar arasında patlamalar çok yaygın görülür. Büyük yıldızlar, küçük yıldızlara oranla maddelerini daha kolay kaybeder.

1.4.1.2.7. Mavi ışık değişenleri

Gözlemsel H-R diyagramının bir üst parlaklık limiti vardır. Bu parlaklık limiti için oluşan sınırın konumu sıcaklığa bağlıdır. Bu sınır civarında evrenin en büyük kütleli ($\sim 150 M_{\odot}$) ve en parlak ($\sim 10^6 L_{\odot}$) yıldızları yer alırlar. H-R diyagramının bu noktasındaki yıldızlara “Hiperdevler” denmektedir. Bu yıldızlardan bazıları ani (ve dramatik) kütle atımları ve bu atımları takip eden “sakin” evreler gösterirler. Genel olarak kütle atımları kendini “püskürmeler” olarak göstermektedir. Bu

yıldızlar; Parlak Mavi Değişenler ya da S Dor yıldızları olarak isimlendirilir.

1.4.1.2.8. Gama Cassiopeiae değişenleri

Bu yıldızlar; üstdev olmayan, hızlı dönen ve soğurma çizgilerine sahip B sınıfı yıldız türleridir. Düzensiz dalgalanmaları 1,5 kadirinden fazladır.

1.4.1.2.9. R Coronae Borealis değişenleri

Bu yıldızlar seyrek, parlak, hidrojen açısından fakir karbon açısından zengin üst devlerdir ve çoğunlukla maksimum parlaklıkta zamanını geçiren, ara sırada düzensiz olan dokuz kadire kadar sönebilen yıldız çeşitleridir. Bu değişkenlerin tayf konumları F'den K'ya ve R'ye kadar değişiklik göstermektedir.

1.4.1.2.10. Patlayan ikili yıldızlar

RS Canum Venaticorum Ca II' nin H-K salmasına sahip çiftlerdir.

1.4.1.2.11. Patlayan değişen yıldızlar

Patlayan yıldızlar da denilebilmektedir. Bu yıldızlar da zaman zaman yüzey tabakalarında veya derinliklerinde termonükleer etkileşimler sonucu çok güçlü patlamalar görülür.

1.4.1.2.12. Süpernovalar

Bu dev yıldızlar ani değişimler gösterirler. Bir patlaması sonunda parlaklıkları 20 kadir veya daha fazla artabilir.

1.4.1.2.13. Novalar

Bu yıldızlar yakın çift yıldız sistemine sahiptir. Novalar, çevresinde madde biriktiren beyaz cücelerden ve küçük kütleli bir ana kola ait yıldızlardan oluşmaktadır. Küçük kütleli ana kol üzerindeki yıldızlarından akan bu maddeler birikmekte ve beyaz cücelerin üstünde nükleer patlamalar yapmaktadır. Bu patlama sonucunda parlaklıkları 7-16 kadir aralığında değişim göstermektedir. Patlamadan sonra yıldız yıllar içinde yavaş yavaş eski parlaklığına döner. Parlaklık durumları maksimuma ulaştığında yıldızın tayf türü A veya F dev yıldızlarında olduğu gibidir. Novalar birkaç çeşittir; hızlı novalar, yavaş novalar, çok yavaş novalar ve tekrarlayan novalar.

1.4.1.2.14. Cüce novalar

Güneşe göre biraz soğuk olan beyaz, kırmızı cücelerden ve çevrelerini saran birikim diskinden meydana gelen çiftlerdir. Parlaklık değişimleri 2-6 kadir aralığındadır. U Geminorum, Z Camelopardalis, ve SU Ursae Majoris yıldızları şeklinde 3 alt gruba ayrılırlar. Bunlar:

- U Geminorum yıldızları, minimum parlaklıkta geçen sessizlik döneminden aniden parlarlar ve bu olay yaklaşık 30 ila 500 gün arasında meydana gelir, 5-20 gün sürer.
- Z Camelopardalis yıldızlarının dıştan görüntüsü U Geminorum yıldızlarıyla ortak özellikler göstermektedir. Tekrarlanan değişimler gösteren yıldızlardır.
- SU Ursae Majoris yıldızlarının dıştan görüntüsü Geminorum yıldızlarıyla ortak özellikler göstermektedir. Bu sistemde 2 ayrı parlamaya vardır. Bunlardan ilki sönük, sık ve bir iki günlük kısa süreliyen; ikincisi parlak, seyrek ve on yirmi günlük devam eden parlamalar şeklinde kendini gösterir. Bu parlamalar olurken küçük değişimler de olur.

1.4.1.2.15. Z Andromedae değişenleri

Ortak yaşayan yıldız türleridir. Bu değişenler, kırmızı dev ve beyaz cüceden oluşan çift yıldız sistemidir.

1.4.2. Dış Etkenli Değişen Yıldızlar

Bu değişen yıldızları başka bir yıldızın örtmesi ya da yıldız sistemindeki dönmeden kaynaklanan tutulma nedeniyle ortaya çıkar.

1.4.2.1. Dönen değişen yıldızlar

Bu yıldızların parlaklıkların da, yüzey kısımlarında ki koyu ya da parlak lekelerden kaynaklı küçük farklılıklar vardır. Bu yıldızlar çoğunlukla çift yıldız sistemlidirler.

1.4.2.1.1. Küresel olmayan yıldızlar

Eliptik değişenler

Bu yıldızlar, çift sistemli ve tutulma özelliği olmayan yıldız türleridir. Bu değişenlerin biri ya da her ikisi birden tedirginlik kuvvetinin etkisiyle, birbirlerini

birleştiren doğrultuda uzamış ve dönel eliptik şeklini almıştır.

1.4.2.1.2. Yıldız lekeleri

Bunlar, yığılma disklerinde kararsızlık, manyetik kökenli şiddetli patlama ya da çift yıldız sistemi olarak çevresel madde tarafından örtme/örtülme olaylarıdır.

1.4.2.1.3. FK Comae Berenices değişenleri

Bu yıldızlar, hızlı ve dönen devlerdir. Bu yıldızların ışık değişiklikleri, yüzeydeki parlaklık durumlarının tek tip olmayışından dolayıdır.

1.4.2.1.4. BY Draconis değişeni yıldızları

Tayflarında hidrojen salma çizgileriyle karakterize dKe ve dMe tayf çeşidinden geç çeşit cüce yıldız türleridir. Bu değişkenlerde gözlenen parlaklık durumu, tek tip olmayan yüzeydeki parlaklıklarındandır.

1.4.2.1.5. Optik değişen atarcılar

Hızlı dönen nötron yıldızlarıdır. Düzenli atmalar gösterirler. Çoğunlukla elektromanyetik tayf radyo dalga bölgelerinde gösterdikleri atışlarla fark edilirler.

1.4.2.2. Örtün çiftler

Bu yıldızların eksenleri bakış açımıza yakındır ve çift sistemden oluşur. Bu yıldız türleri birbirlerini örtme eğiliminde oldukları için parlaklık değişiminde gözle görülür seviyede düşüşler olmaktadır. Bu sistemde yörünge dönme süreçlerinde benzer tutulmalar çok kısa sürelerden (1-2dakikadan) çok uzun zamana kadar sürebilir.

1.4.2.2.1. Algol değişenleri

Bu değişkenler, örtün çift yıldızların ışık eğrisi türüne göre yapılan sınıflandırmayla kategorize edilen yıldızlardır. Tutulma haricindeki ışık eğrilerinin güçleri yaklaşık sabittir. Fakat oluşan küçük değişiklikler yansıtma ya da basıklık durumundan dolayıdır. Bu yüzden tutulmanın başlaması ve bitmesi, direk olarak oluşan ışık eğrileri sayesinde hesaplanıp bilinebilmektedir. Bu yıldızlar arasında birbirinden farklı olarak derinlik oluşturan sistemler vardır. Çoğunlukla minimum derinlik değerleri birbirine eşit olmamaktadır. Fakat minimum derinlik değeri birbiriyle hemen hemen aynı olanlar da mevcuttur (Algol çeşidi gibi). Bazı türlerde ise 2.minimum seviye derinliği oldukça sığ olmalıdır.

1.4.2.2.2. Beta Lyrae değişenleri

Bu değişkenler, EB şeklinde etiketlenmekte ve ışık eğrisi şekline göre kategorize edilmiş türlerdir. Tutulma haricinde ışık eğrisindeki parlaklık değişiklikleri sürekli. Bundan dolayı, ışık eğrisiyle tutulmanın ne zaman başlayacağını ne zaman biteceğini tahmin etmek güçtür. EB ve EW arasındaki fark, 1. ve 2. minimum derinlikleri incelenerek bulunmaktadır. EB sisteminin baş minimum derinliği, yan minimum derinliğinden çok fazla olmaktadır. Yörünge evreleri çoğunlukla bir günden uzun sürmektedir.

1.4.2.2.3. W Ursae Majoris değişenleri

Bu çift yıldızların parlaklık değişimi 7.75 ile 8.48 kadir aralığındadır.

1.5. Gözlem Analizi Yapılışı

1.5.1. Yıldız Seçimi

Farklı türden yıldızlara ilişkin yapılan gözlemlerde izlenecek yollar;

- Fotometrik (ışık ölçümüne dayalı) gözlemler → kullanılan yöntem → diferansiyel (fark) fotometri
- Diferansiyel fotometri → değişen yıldızın, uzun zaman aralığında değişim göstermeyen “sakin” bir yıldıza göre parlaklık değişiminin ölçümü → mukayese yıldızı
- Gözlemlerin daha güvenilir olması → mukayese yıldızının denetlenmesi → denet yıldızı → uzun zaman aralığında değişim göstermeyen “sakin” bir yıldız
- Mukayese ve denet yıldızların tayf türü değişen yıldız tayf türüne uzak olmamalıdır. Tayf türünün çok farklı olması renk ile ilgili yeniden inceleme ihtiyacını doğurmaktadır.
- Mukayese ve denet yıldız türleri olabildiğince değişen yıldız türlerinin yakınında olması gerekmektedir. Böylece daha kolay ve çabuk gözlem yapılabilmekte ve değişik sönümleme miktarını minimuma düşürmüş olmaktadır.
- Mukayese ve denet yıldızların görünür parlaklık değişimleri, değişen yıldızlara olabildiğince yakın olması gerekmektedir. Bu seçim, kullanılan dedektörün dinamik aralığı dikkate alınacak şekilde yapılmalıdır.

- Mukayese ve denet yıldızlarının uygunluğunun kontrolü → katalog ve literatür bilgileri
- Strasbourg'daki Astronomi Veri Merkezi
- SAO/NASA'daki Astronomik Veri Sistemi

Yıldızın bulunduğu alanın kontrol edilmesi için kullanılabilecek programlar:

- - GUIDE (Windows tabanlı)
- - STELLARIUM (Windows ve Unix tabanlı)
- - CELESTIA (Windows ve Unix tabanlı)
- - XEPHEMERIS (Unix tabanlı)

1.5.2. Yıldız Haritasının Belirlenmesi

Yıldız haritası hazırlamak için kullanılan 'GUIDE' programı yıldızlar türleri hakkında bilgi verse de güncel bilgileri edinmek açısından literatür bilgilerini incelemekte yarar vardır. Güncel bilgiler için aşağıdaki veri tabanları kullanılabilir. Bu programla ilgili bilgiler;

- SAO, PPM, GSC gibi farklı veri tabanları
- Veri tabanında 15 milyondan fazla cisim
- 180°den 1yay saniye aralığında beklenen gökcismini kapsayan alanın haritası
- Gökcismi üzerinde fare ile sağ tuşa basıldığında o cismin bilgileri, çeşidi ve fiziksel durumları vs özellikler
- Programın veri tabanına kullanıcı tarafından veri girişi sağlanmaktadır.

1.5.3. Doğma–Batma Zamanlarının Belirlenmesi ve Evre Hesabının Yapılması

Birbirinden farklı cisimlerin gözlemleri sonucu verilerin gözlem raporlarının oluşturulması için pek çok hesap yapılmasına ihtiyaç gerek vardır. Yapılan hesapların en önemli iki parametresi, gözlem yapılacak gökcisminin doğma-batma zamanı ve özellikle değişen yıldızlar da kullanılan evre hesabıdır. Yapılan bu 2 temel hesapta

zaman önemli bir parametre olduğundan, bu konuda astronomide belirlenen bazı zaman ile ilgili tanımlardan bahsetmek yararlı olacaktır.

1.5.4. Jülyen Günü:

Bu gün, milattan önce 1 Ocak 4713 yılında belirlenen evrensel zamandan sonraki geçen tam günün sayısını ifade etmektedir. Örneğin 29 Şubat 2008 tarihi için Jülyen günü 2454526' dır.

- Kolay bir takvimdir.
- Ayrıca hesaplama yönteminde, karşılaştırma yapılmada hatta dönüştürme içinde oldukça uygundur. Astronomide yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.
- Milattan önce 1 Ocak 4713 yılında belirlenen evrensel zamandan sonra geçen tam gün sayısı ve öğleden sonra geçen zamanın gün biriminden değeridir. 29 Şubat 2008 saat 22.30 için $JD=2454526.3542$ ' dir. Kesir UT türünden öğleden itibaren geçen günlerin bölüm miktarından oluşur.

1.5.5. Güneş Merkezli Jülyen Günü

Bu Jülyen günü Güneş'in merkezi dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Belirlenen Jülyen gününden yaklaşık sekiz dakika farklılık göstermektedir. Bu aralık, Güneş'in yansıttığı ışığın yere ulaştığı zamana kadar geçen süredir ve yörüngedeki dışmerkezliliğe bağlı olarak bu devamlı olarak değişiklik göstermektedir.

Gözlemlerin Güneş merkezine indirgenmesinin önemi → yerel konumdan bağımsız gözlemsel değerler elde etmek → farklı zamanlarda, farklı gözlemevlerinde yapılmış gözlemlerle birleştirmektir.

1.5.6. Evre Hesabı

Yıldız parlaklığı düzensiz ya da rastgele bir değişimden çok periyodik olarak değişim gösteriyorsa, o zaman her bir çevrimi dikkate alabilirsiniz. Her bir çevrimde meydana gelen süreçler evre olarak isimlendirilen zamanın bir kesri olarak gösterilir. $0 - 1$ veya $0^\circ - 360^\circ$ arasında değişen bir sayı ile gösterilir.

Başlangıç zamanı ve dönemi → ışık elemanları

$$\text{HJD ekstremum ışık} = 2451056.2839 + 0^g.3207152 \times E$$

$T_0 \rightarrow$ Geçmiş bir zamanda ışığının minimum olduğu bir zaman

$P \rightarrow$ Yörünge dönemi

$E =$ Çevrim sayısı

Örten bir değişen yıldızın başlangıç zamanı sistem parlaklığının minimum olduğu yerdir. δ Cepheid ya da RR Lyrae yıldızlarının başlangıç zamanı sistem parlaklığının çoğunlukla maksimum seviyede olduğu zaman olarak alınır.

1.5.7. Doğma – Batma Zamanlarının Belirlenmesi

Belirlenen gözlem yılına ve gözlem konumuna göre doğma ve batma zamanı belirlenir. Bu hesaplama oldukça önemli bir gözlem sürecidir.

Yıldıza ait ekvator koordinatları bulmak için;

($\alpha \rightarrow$ sağaçıklık, $\delta \rightarrow$ dikaçıklık) parametreleri bulunmalıdır.

Gözlemevinin coğrafi koordinatları bulmak için aşağıdaki parametreler bulunmalıdır;

($\varphi \rightarrow$ enlem, $\lambda \rightarrow$ boylam)

Yıldızın ufuk yüksekliği (h),

$$\sin h = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos(HA)$$

$HA =$ Yıldızın Saat Açısı

Bu evre hesaplama yöntemiyle yıldızın ne zaman doğacağı ve batacağı hesabının yapılmasıyla gök cisimlerinin de saat kaçta hangi evre de olduğu hangi konumda olduğu saptanarak o geceki gözlenen yıldızlarla ilgili gerekli bilgiye ulaşılabilir.

1.5.8. Gözlem Öncesi

Üzerinde çalışılacak yıldızın görüntülerini hatasız bir şekilde analiz edebilmek için uygun kalibrasyon görüntülerinin alınması ve gözlemin gerçekleştirilmesi için gereken adımlardır.

- Gözlenecek yıldızın belirlenmesi
- Örtme-örtülme gibi sorunların belirlenmesi
- Değişen-mukayese-denet yıldızlarının belirlenmesi
- Yıldız haritasının çıkartılması
- Gece gözlem planının en ince ayrıntılarıyla gözden geçirilmesi. Doğma ve batma zamanlarının tespiti
- Evre hesabı

1.5.9. CCD (Charge Couple Device)

Bir katmanın üzerindeki ışığa karşı hassas foto diyotlardan meydana gelen sisteme CCD denir. Basitçe, ışık sinyalini elektrik sinyaline çeviren devre elemanlarıdır.

Bunlar, düşen ışığı elektrik gerilimine çevirirler.

CCD Dedektörlerle Fotometri

- Yüksek kuantum etkinliği (~%90)
- Dijital veri üretme ve saklama kabiliyeti
- Düşük aletsel gürültü
- Hafif ve kompakt yapıları
- Doğrudan görüntüleme kapasiteleri
- Düşük enerji ve bakım maliyetleri

İdeal bir ortamda, bir piksele düşen her foton için tam olarak bir elektron üretilmelidir. Sonrasında üretilen bu elektronlar hatasız olarak sayılıp dijital bir sayıya dönüştürülmeli ve sonuç olarak, her bir piksele ne kadar ışık düştüğü kesin bir şekilde belirlenebilmelidir.

Ancak, ne yazık ki ışığın piksel değerlerine dönüştürülmesi sürecinde farklı faktörler devreye girer. Bu faktörlerin etkileri, piksel değerlerinde istenmeyen değişimler (gürültü) olarak ortaya çıkarlar ve görüntünün olması gerekenden farklı görünmesine neden olmaktadır.

Bir CCD gözleminde veri üzerine binen istenmeyen etkiler ve bu etkilerden olan gürültülerin arındırılması gerekir;

- Okuma Gürültüsü
- Taban gürültüsü ve bias görüntüleri
- Kara akım gürültüsü ve dark görüntüleri
- CCD dedektör cevabının yüzey boyunca değişimi ve flat görüntüleri.

1.5.10. Okuma Gürültüsü

CCD dedektörünü poz süresi boyunca ışığa maruz bıraktıktan sonra, her bir pikselin üzerine düşen foton sayısına verilen cevabı ölçmede kullanılır.

1.5.11. Taban Gürültüsü ile Bias Görüntüsü

CCD' de bulunan piksellerin üstüne hiç ışık düşmese dahi sürekli olarak elektron üretir. Bu elektronların bir kısmı sürekli olarak her bir pikselde yer alır ve taban gürültüsünü oluşturur. Bu farklılık tabandaki gürültüden dolayıdır. Bu elektron kaynaklı sayımlar çok yakın aralıklar olsa da her pikselde gece süresince değişiklik göstermektedir.

Bu farklılığı engellemek için, her gözleminde gözlem sürecini etkilemeyecek biçimde gecenin belirlenmiş kısımlarında ve gözlemin sonuna doğru 0 saniye poz zamanıyla CCD' nin üstüne ışık hiç düşmeyecek şekilde görüntü alınmaktadır. Bunlar bias görüntüleri olarak tanımlanmaktadır.

1.5.12. Kara Akım Gürültüsü ve Dark Görüntüleri

Silikon atomlarının poz süresi boyunca sıcaklığa bağlı olarak uyarılmasından dolayı ortaya çıkan elektronlar istenmedik şekilde gürültü yaparlar. Bu akım sistemin yarattığı sıcaklığı karşı çok fazla duyarlıdır. Bu göz önüne alınarak iyi şekilde

soğutulmaları gerekmektedir. Gözlem yapılmadan önce CCD soğutulur ve CCD' nin ısısı belirli bir değerde sabitlenir. Fakat ne kadar soğutulursa soğutulsun CCD yine de kara bir akım üretir. Bu istenmeyen etkiyi engellemek için, görüntülerin alındığı poz süresine eşit sürede ve CCD dedektörü üstüne ışık düşürülmeden görüntü alınmalıdır. Bu alınan görüntülere de dark görüntüsü denir.

1.5.13. CCD Dedektörün Verdiği Cevabının Yüzey Süresince Değişikliği ve Flat Görüntüsü

CCD' lerde her piksel üstüne düşen fotona farklı cevaplar vermektedir. Diğer anlamıyla düşen ışığa verilen tepki tek tip olmayıp yüzey alanlarında değişiklik göstermektedir. Bir pikselden diğerine tekdüzelikten küçük sapmalar (piksel boyutlarının eşit olmaması nedeniyle) olabilir. Tıpkı bunun gibi CCD' nin bir alanında diğer alanından daha fazla sapmalar olabilir. Her pikselin aynı şiddette gelen ışığa karşı farklı cevaplar vermesi değerlerini etkilemektedir. Bu farklı ışık tepkileri oluşturduğu etkiyi engellemek için pikselin ışığa karşı verdiği cevaplar modellenip değerlendirilmelidir. CCD yüzeyindeki her noktaya eşit miktarlarda ışık yansıtılarak bu durum önlenabilmektedir. Ayrıca tamamen alacakaranlık dümdüz bir alandan görüntüleme yapılmalıdır. Teleskoplar ile gökyüzünde oldukça sınırlı bölgeler görüntüleyebilmektedir. Eğer gözlem sırasında yıldız görülmezse bu alan ışık şiddetinin sabit olduğu düşünülür. Teleskopla bu düz alanlardan görüntüleme yapılırken, pikselin alacakaranlık görüntüsü(Sabah Güneş doğmadan doğudan, akşamüzeri Güneş batmadan önce batıdan alınan görüntü) ve ufuktan 20 derece (en az) üstte bir noktaya çevrilmesi gerekmektedir. Böylece CCD pikseli hemen doymamaktadır. Ayrıca alacakaranlık görüntüleme yaparken görüntüde yıldız olmamasına dikkat edilmelidir. Bu yüzden poz zamanına dikkat edilmelidir. Bunların dışında bulutun yoğun olduğu hava koşullarında düz bölgelerde görüntüleme yapılmamaktadır. Çünkü bulutun içinde küçük bir alanda bile ışığın etkisi değişiklik gösterebilmektedir. Parçalı bulutlu hava koşullarında açık olan alanlardan düz alan görüntüleme yapılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta alandaki ışık şiddetinde değişimin olmaması ve bütün piksellere aynı oranda ışığın düşmüş olmasıdır.

1.5.14. Gözlem Esnası

Gözleme astronomik tan vaktinden 1.5 -2 saat önce çıkılmalıdır.

- Tüm sistemin açılması
- Kubbenin açılması
- CCD' nin soğutulması
- Dark, Bias ve Flat görüntülerinin alınması
- Gece gözlem planının en ince ayrıntılarıyla gözden geçirilmesi (Koordinatlar, yıldızın bulunduğu bölge, parlaklıklar, poz süreleri)
- Hedef yıldızın gözlemi

1.5.15. Gözlem Sonrası

Astronomik tan vaktinin gelmesiyle birlikte gözlemin sonlandırılması ve bunun için gereken adımlardır.

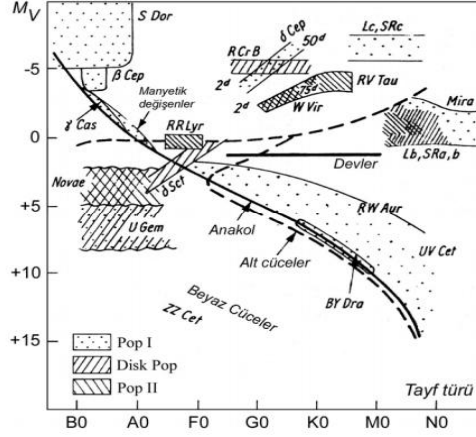
- Sabah düz alan görüntüleri
- CCD' nin ortam sıcaklığına getirilmesi
- Sistemin kapatılması
- Kubbenin kapatılması

1.5.16. Veri İndirgeme

Gözlemlerle elde edilen fotometrik verilerin daha önce bahsettiğimiz gürültülerden arındırıldıktan sonra ışık algılayıcılarının cevabı modellenerek ve gözlemlere olan etkisi ortadan kaldırılarak, gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Bu işlemler sonrasında her bir piksele karşılık gelen akı değeri sayısal olarak okunur ve gözlenen yıldızın denk geldiği piksellerdeki akılar toplanarak, yıldızın aletsel parlaklığına geçiş yapılmalıdır. Her bir görüntüde gözlenen yıldız için elde edilen parlaklıklar, mukayese yıldız ve denet yıldızı için elde edilen parlaklıklar ile karşılaştırılarak esas ışık değişimini elde etmek mümkündür. Tüm bu işlemler çeşitli paket programlarla yapılabileceği gibi tercihe bağlı olarak seçilen bir bilgisayar programlama dilinde yazılan programla da gerçekleştirilebilmektedir. Bu programların bazıları;

- Maxim DL
- IRAF (ya da PyRAF)
- C-Munipack ,IDL,Python...

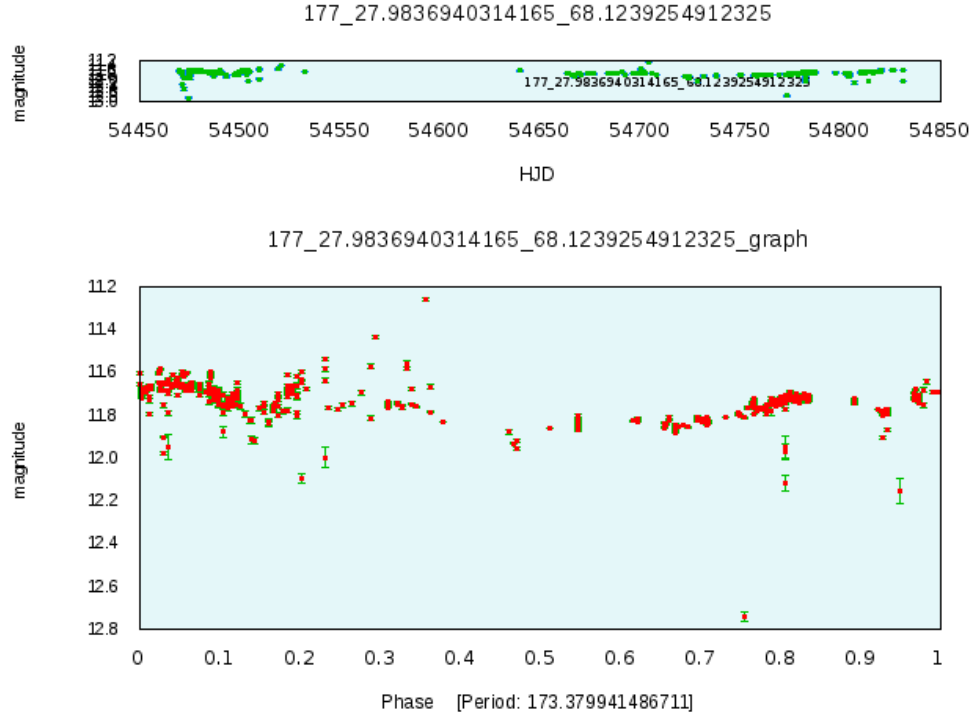
1.6. Değişen Yıldızların Hertzsprung-Russell Diyagramı



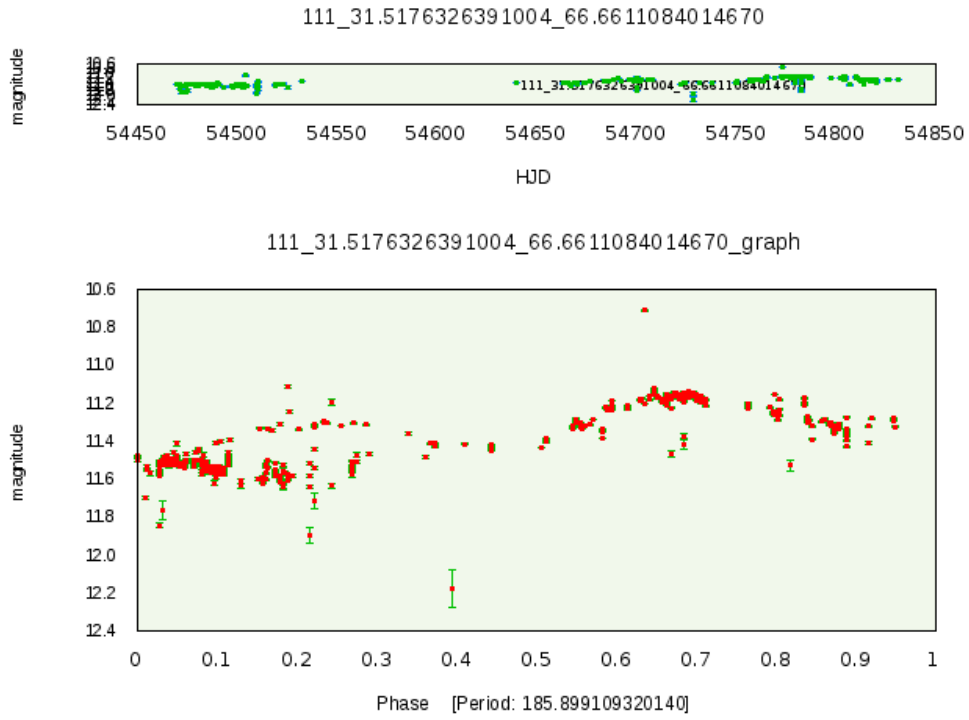
Şekil 1.6.1. Çeşitli değişen yıldız türlerinin H-R diyagramındaki konumları ve popülasyon türleri

Hertzsprung-Russell diyagramı ya da HR diyagramı, yıldızların mutlak parlaklıklarıyla (ısıtma güçleri) etkin sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi veren bir dağılım grafiğidir. Bu grafik parlaklık-renk diyagramı olarak astrofiziğin en önemli araçlarından biridir. HR diyagramı, yıldız evriminin anlaşılması için çok önemlidir. HR diyagramı üzerinde sol üstten sağ alta kadar uzanan farklı farklı mutlak parlaklık ve etkin sıcaklığa sahip bir bant vardır. Bu banttaki yıldızlara cüce veya anakol yıldızları denir. Kararlı bölge olan anakol üzerindeki yıldızlar aynı zamanda hidrostatik dengededir yani kütle çekim kuvvetiyle basınç kuvvetinin dengelendiği durumdur. Değişen yıldızlar hidrostatik dengede olmayan, kararsız bölgede yer alırlar.

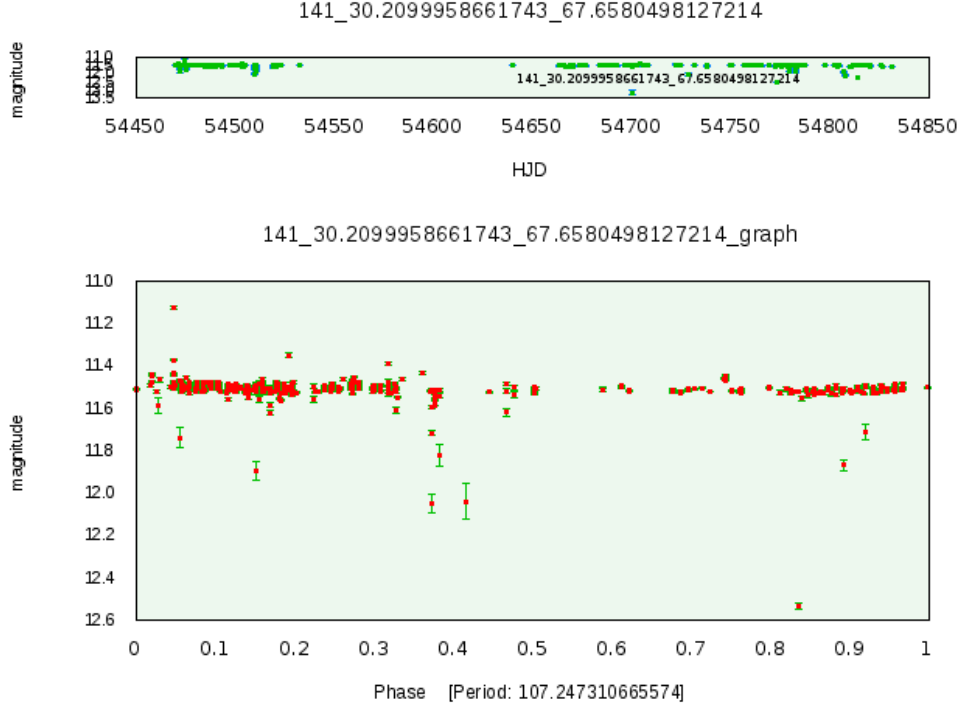
Bu tez çalışmasında literatürde yer almayan bazı uzun dönemli yarı düzenli değişen yıldızların ön indirgeme verileri örnek olarak aşağıda yer almaktadır. Yıldızların kadir-faz grafikleri şunlardır;



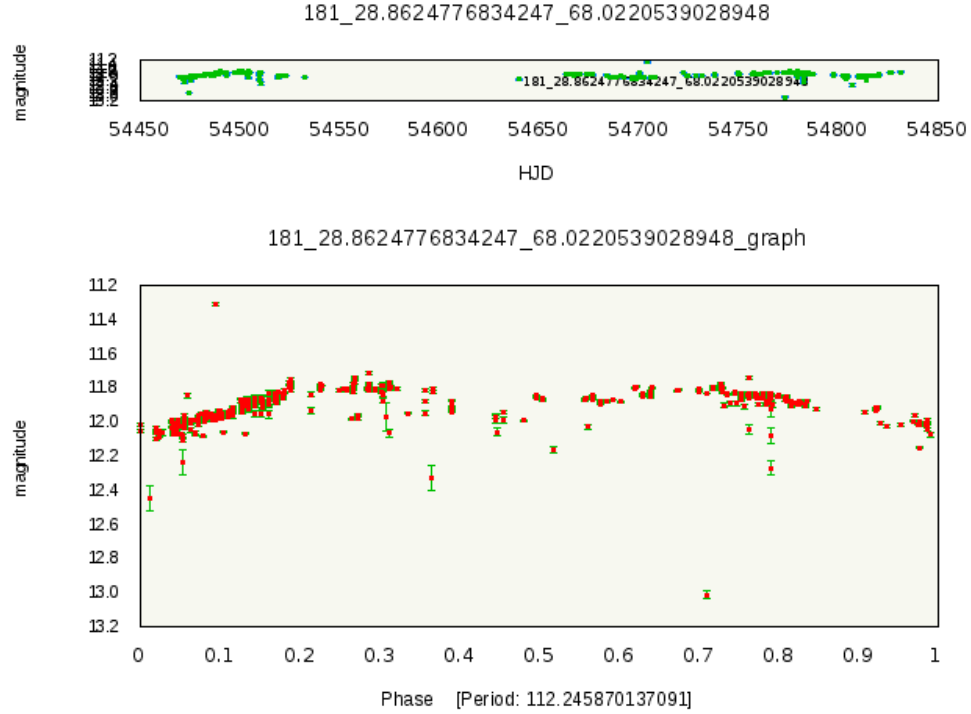
Şekil 1.6.2 177_279836940314165_68.1239254912325 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi



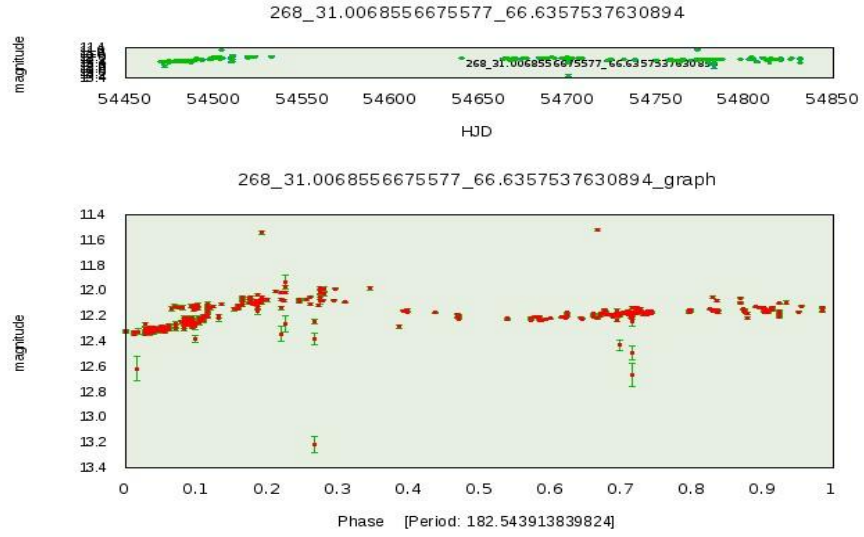
Şekil 1.6.3 111_31.51763263910004_66.6611084014670 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi



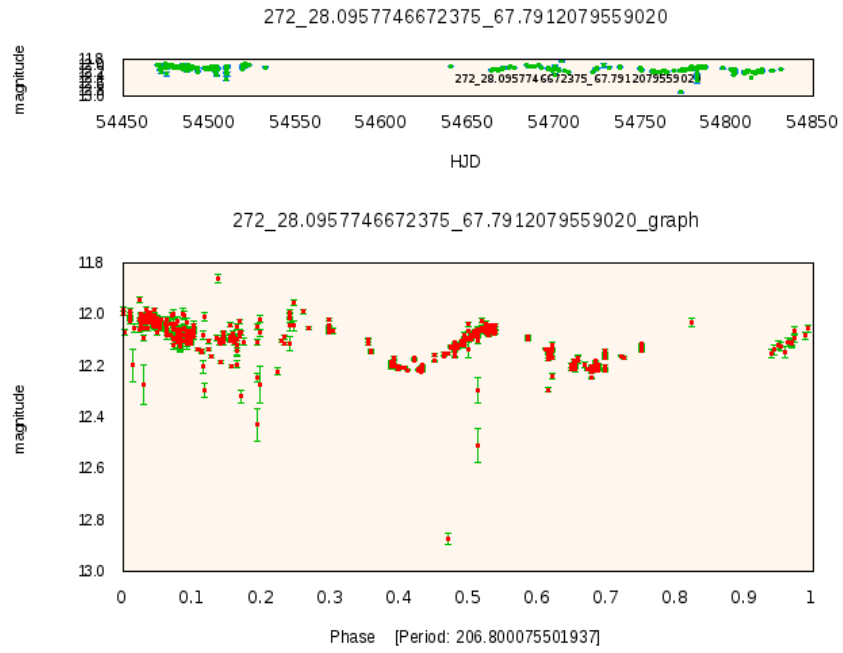
Şekil 1.6.4 141_30.2099958661743_67.6580498127214 isimli yıldızın faz-kadir eğrisi



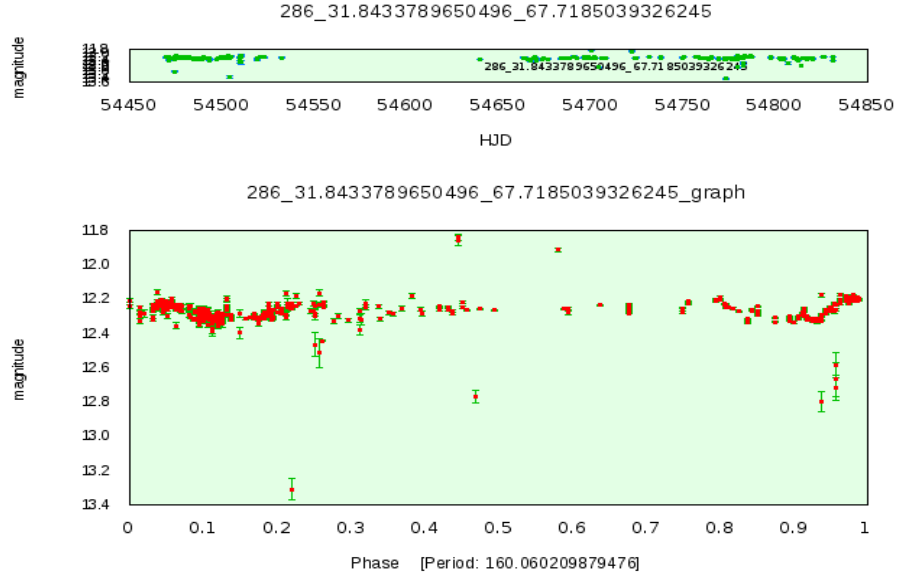
Şekil 1.6.5 181_28.8624776834247_68.0220539028948 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi



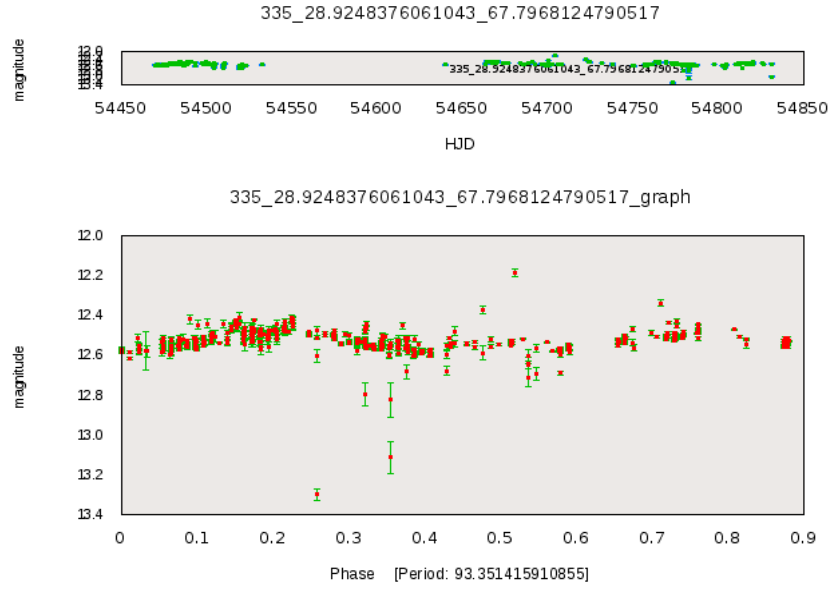
Şekil 1.6.6 268_31.0068556675577_66.6357537630894 adlı yıldızın faz-kadir eğrisi



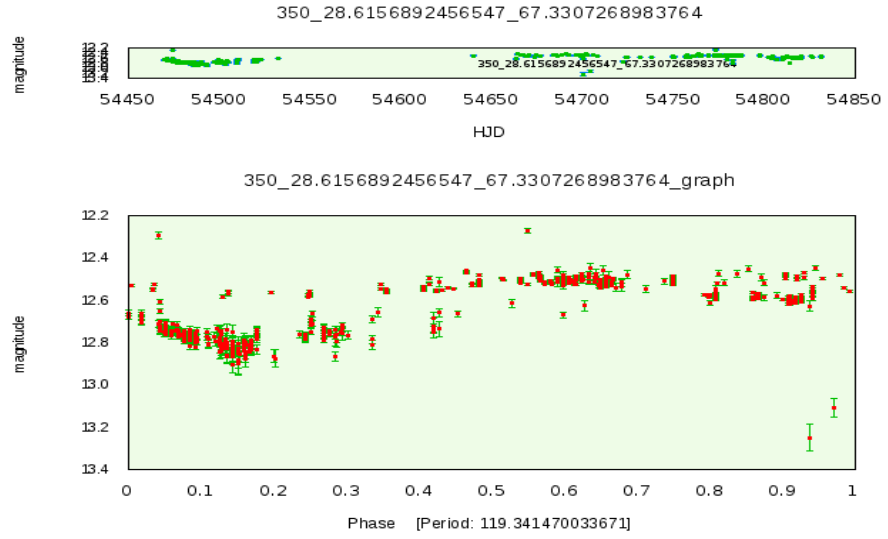
Şekil 1.6.7 272_28.0957746672375_67.7912079559020 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi



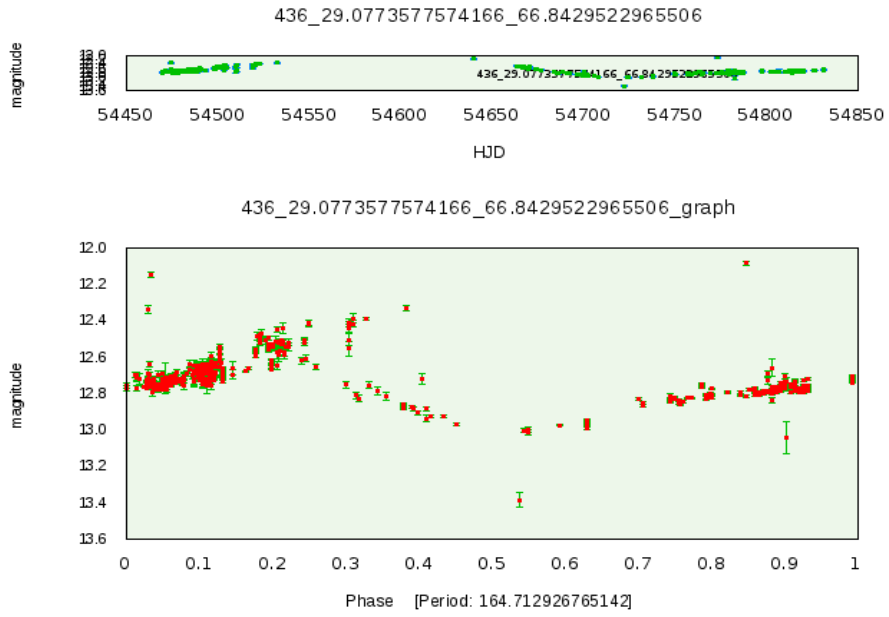
Şekil 1.6.8 286_31.8433789650496_67.7185039326245 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi



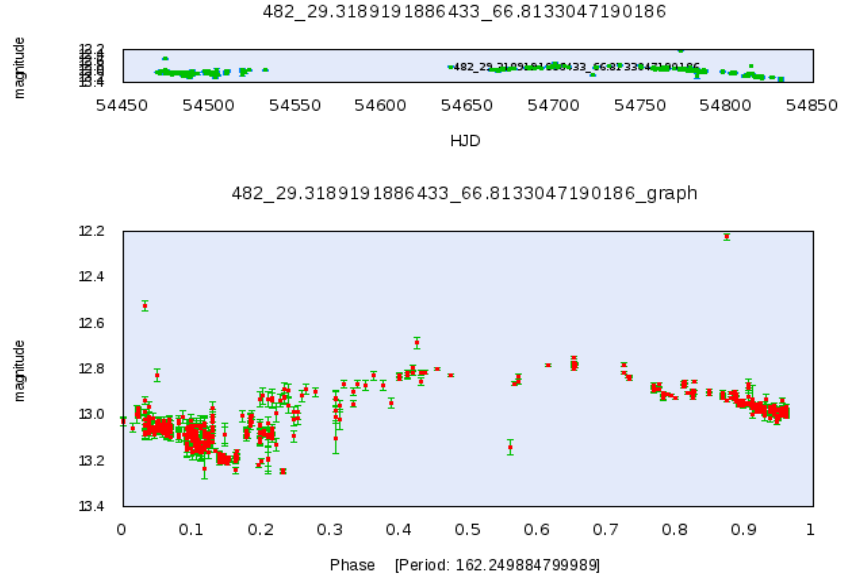
Şekil 1.6.9 335_28.9248376061043_67.7968124790517 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi



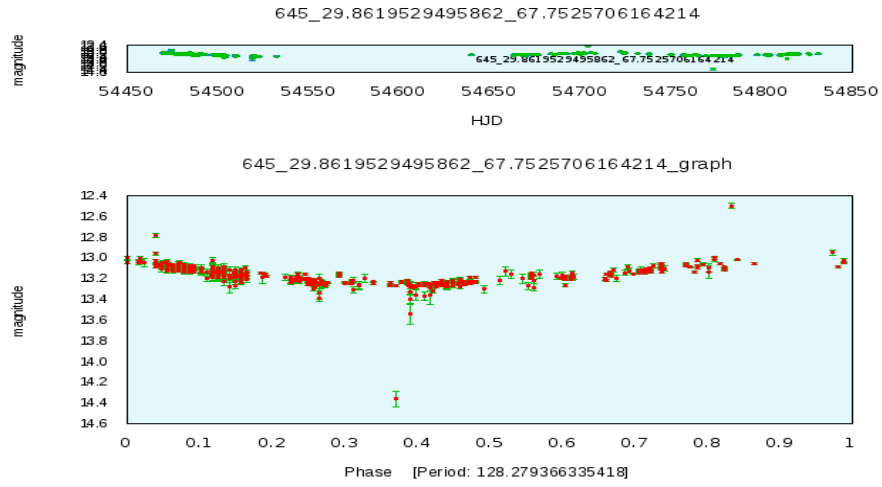
Şekil 1.6.10 350_28.6156892456547_67.3307268983764 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi



Şekil 1.6.11 436_29.0773577574166_66.8429522965506 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi



Şekil 1.6.12 482_29.3189191886433_66.8133047190186 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi

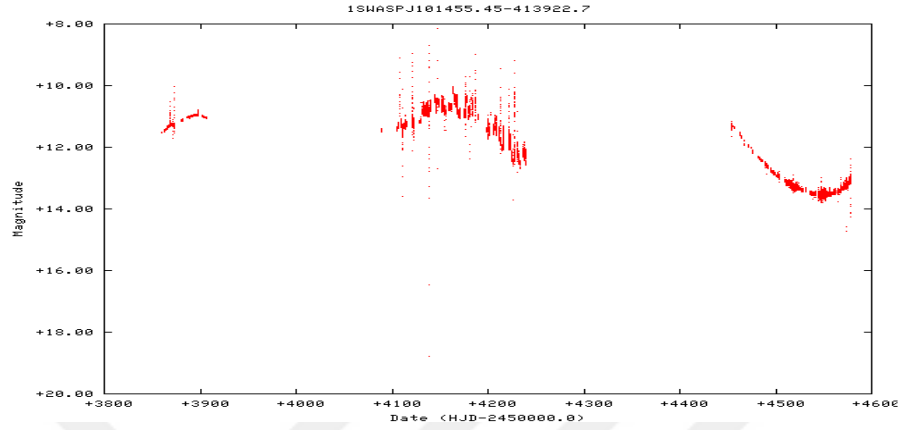


Şekil 1.6.13 645_29.8619529495862_67.7525706164214 adlı yıldızın kadir-faz eğrisi

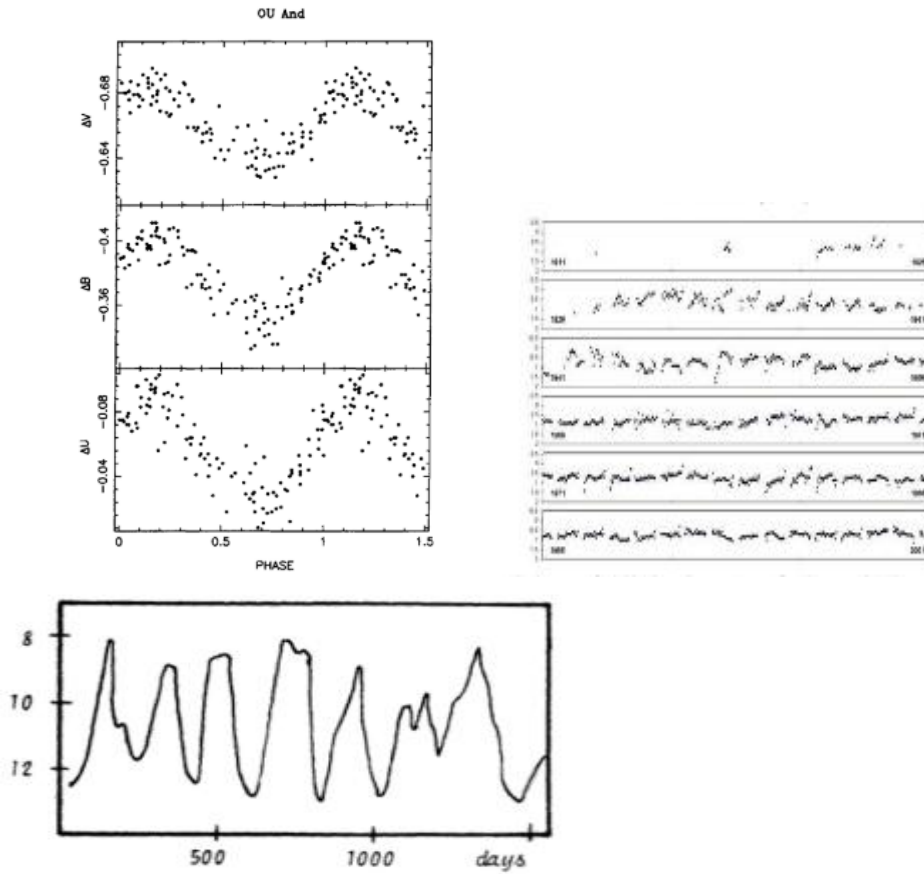
ROTSE IIID teleskobuyla sistematik olarak yapılan taramalarla elde edilen kadir-faz diyagram verilerini kullanarak Fourier analiz yöntemi ile ışık diyagramları elde edilmiştir.

Mira tipi kırmızı yıldızlardaki araştırmaların önemi; konuyla ilgili çok fazla bilginin elde olması, kütle kaybı ve zonklamaları nedeniyle bu tiplerin fiziksel

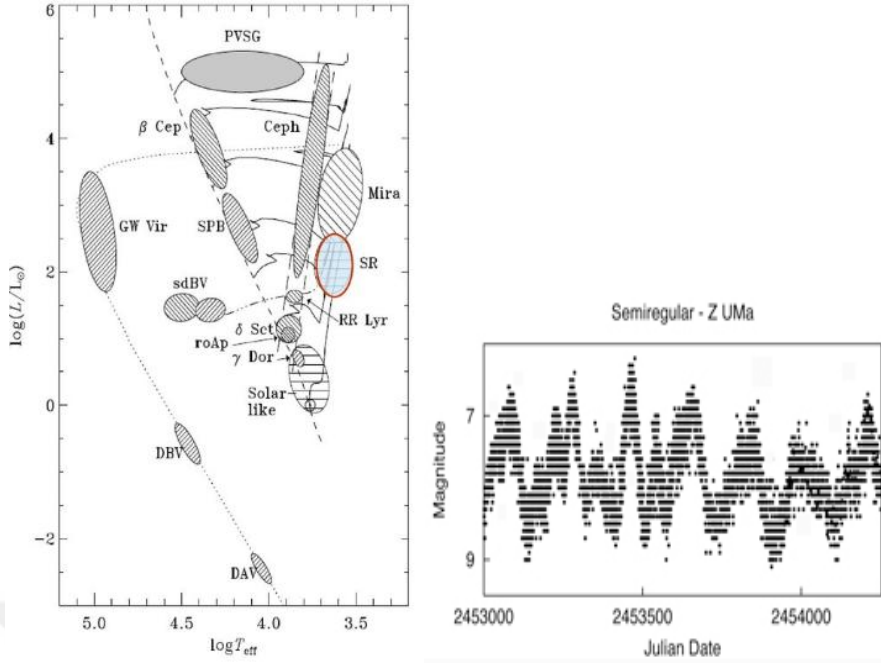
yapılarında oluşan değişimlerin bulunması, ışıınım güçleri nedeniyle ve periyot – parlaklık ilişkileri yüzünden galaksi yapısı ve galaksiler arası mesafe hesaplamalarında bir gösterge olarak standart yıldız benzeri kullanılabilmeleridir.



Şekil 1.6.14 Yarı düzenli değişen GQ Vel’ nin HJD gününden kadir grafiği [15]



Şekil 1.6.15 Bazı yarı düzenli değişen için örnekler [16-17].



Şekil 1.6.16 Yarı düzenli değişenlerin yer tayini ve Yarı Düzenli-Z Uma'nın Jülyen günündeki kadir değeri [17-18].

1.6.1. Mira Değişenleri

Uzun dönemli değişenler olarak da tanınan Mira'lar, karbon yıldızlarıdır. Homojen bir takım meydana getiren zonklayan kırmızı değişenlerdir. Takımın üyeleri üç temel kriterle belirlenmiştir:

- (1) Tayf türleri Me, Se veya Ce dir.
- (2) Görsel veya fotografik ışık değişim genlikleri 2.5 kadirten fazladır.
- (3) Dönemleri 80-1000 gün arasındadır.

Mira'lar, tayf türlerinden de bilindiği gibi, atmosferlerinde bol sayıda moleküler bant soğurmaları meydana getiren soğuk gök cisimleridir. Atmosferleri oksijence zenginse Me, karbonca zenginse Ce ve hem oksijence hem de karbonca zenginliği açısından arada bulunuyorsa Se simge işaretleri ile kodlanmıştır. Salma çizgili tayf türü takım içindeki yıldızların ortak özyapısıdır ve zonklama temelli şok dalgalarının açıkça göstergesidir. Bu tür gök cisimleri için sunulan 2.5 kadirlik genlik sınırı esasen rastgele sunulmuş bir kriterdir. Bütün özyapısallıkları Mira'lar ile aynı olmasına

rağmen yarı düzenli değişen yıldız genliklerinin 2.5 kadirten az olması sebebiyle zaman zaman gökcisimlerinin SRA türü yıldız grubunda yer almaktadırlar. Mira'lar, ışınlmalarının birçoğunu elektromanyetik tayfın kızılöte bölgesinde çizgiler görülmektedir. Mira'ların parlaklık değişim dönemlerinin uzun olması, büyük yarıçaplı yıldızlar olduklarını göstermektedir. Evrimsel bakımdan Mira'larla aynı koşullarda GCVS Kataloğu'nda yer alan ve dönemleri 1000- 2000 gün arasında bulunan yıldızlar olarak bilinmektedir. Bu yıldızlar, "OH/IR kaynakları" olarak tanınan bir takımın alt grubunu meydana getiren, görünür bölgede denklığı olmayan, etrafları kalın, hızla genişleyen toz kabuklarıyla çevrili kuvvetli kızılöte kaynaklarıdır.

Mira'lar ortaya koydukları tuhaf özyapıları sebebiyle, astrofiziğinin en dikkat çekici gökcisimleridir. En öncelikli hali, yıldız evriminde çok hızlı geçilen bir evrede yer almalarıdır. Hertsprung-Russell diyagramında asimptotik dev kolunun uç sınır bölgelerinde bulunurlar ayrıca bir sonraki kısma geçişte, Hertsprung-Russell diyagramını bir baştan diğer başa hızla yol alarak gezegenimsi bulutsu kısmına varırlar. Bu yıldızların ışık değişim dönemleri için ulaşılmış çeşitli bağlamlarda, hangi popülasyon çeşidine dahil oldukları çıkarılabilmektedir. Dönemleri 200 gün civarındaki Mira'ların hepsi genç olmayan popülasyona dahil yıldızlardır, göreceli bakıldığında metalce daha zengin küresel gruplarda yer almaktadırlar. Mira'ların daha uzun dönemlilerinin, kütleleri ve metal zenginliği daha çoktur. Mira'lar kendilerine has bir dönem-parlaklık bağıntısına sahiptir ve uzaklık ölçüt cisimleri olarak kullanılmasında faydalanılmaktadır. PL bağıntıları, bolometrik ışınlım gücü ya da yakın kızılöte ışınlmaları türünden gösterilir. Bu yıldızların nasıl bir modda zonkladıkları henüz tam olarak bilinmemektedir. Belirli bir modda zonkladıklarına dair güçlü teorik bulgular yer alırken, gözlemsel belirtiler zonklamalarının ilk harmonikte (düzgün sinüs eğrisinden farklı) olduğunu göstermektedir. Yaşlı Mira değişenleri $10.8M_{\odot} - 10.4M_{\odot}$ mertebesinde kütle kaybını işaret eden yıldızlardır ayrıca kütle kaybının sebepleri de tam olarak belirlenmiş değildir. Fakat kütle kayıp hızları verilere göre, zonklama dönemi, bolometrik ışık değişim genliği ve ışık eğrisinin şekil bağıllığı belirtilmiştir. Mira'ların dönemi en uzun olanları, kütlece en büyük ata-yıldızlardan evrimleşmişlerdir; kütle kayıp hızları daha büyük ve bağlantılı olarak etrafını saran kabuk yapıları daha kalındır. Bu kabuklar zaman zaman SiO,

H₂O ve/veya OH moleküllerince son derece dar bantlarda mikrodalga salmaları göstermektedir. Bu sebeple “maserler” olarak adlandırılırlar. Mira ışık eğrileri çoğunlukla çevrimden çevrime değişimleri işaret etmektedirler. Bilhassa aşamaları takip eden çevrimlerde maksimum ışıktaki 1 kadiri aşan parlaklık farkları meydana gelmektedirler. Minimum ışıktaki da benzer değişimler çevrimden çevrime takip edilmektedir. Kimi kez Mira’lar baskın dönem değişimine sahiptir. Özellikle R Aql bu olaya en güzel örnek Mira’lar olduğunu göstermiştir. Dönem değişimlerine sebep olarak, ani oluşan “kabukta helyum yanmaları” gösterilmektedir

1.6.2. Yarı Düzenli Değişen Yıldızlar

M tayf türünden yarı düzenli değişen (SR) yıldızların periyot – parlaklık bağıntıları konusunda yapılan çalışmalar, bu yıldızların belirgin bağıntılara sahip olduklarını göstermiştir. Bu çalışmada, M tayf türünden dev SR yıldızlarının periyot – renk bağıntıları incelenmiş, (B – V), (V – I), (V – R), (V – K), (R – I), (J – K), (H – K), (K – L), (K – 12) ve (12 – 25) renklerinde belirgin olan bağıntılar verilmiştir. Ayrıca bu bağıntılar ile zonklama, etkin sıcaklık ve kütle kaybı arasındaki ilişkiler tartışılmıştır. SR yıldızları, geç tip (M, C, S) dev ve üst devlerden oluşan, belirgin ama düzenli olmayan ışık değişimleri gösteren kırmızı yıldızlardır. Periyotları 20 gün ile 2000 gün arasında olabilir. Değişim genlikleri 2.5 kadirten azdır. Bu yıldızlar, Değişen Yıldızlar Kataloğu ‘nda (GCVS4) alt sınıflara da (SRa, SRb, SRc, SRd) ayrılmışlardır [19]. Kerschbaum ve Hron (1992) ‘a göre SRa tipi olanlar ayrı bir sınıf değil, SRb ve Mira tipi değişenlerden oluşan karışık bir gruptur. Alt sınıflamaları belli olamayanlar, SR olarak gösterilmektedir ve genellikle yeterli bilgi veya gözlem verisi ve zamanı olmadığı için tanımlaması yapılamamıştır [20-22]. SR yıldızlarının temel özelliklerini (sınıflama, sıcaklık, ışıyım gücü, uzay dağılımları vb.) gösteren çalışmalar Kerschbaum ve Hron (1992), Jura ve Kleinmann (1992), Kerschbaum ve Hron (1994), Lebzelter vd. (1995), Kerschbaum ve Hron (1996), Kerschbaum vd. (1996), Hron vd. (1997) ve Kiss vd. (1999) tarafından yapılmıştır. Mira ve SR türü kırmızı yıldızların üzerine yapılan çalışmaların önemi; öncelikle haklarında çok fazla bilgi olması, kütle kaybı ve zonklama özellikleri ile bu yıldızların fiziksel yapılarında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, ışıyım güçlerinden dolayı ve periyot – parlaklık (PL) bağıntılarını elde etmek mümkündür. Hem Mira hem de SR yıldızlarını içeren PL bağıntıları, Feast (1996), Bedding ve Zijlstra (1998), Whitelock

ve Feast (2000), Aslan ve Yeşilyaprak (2000) tarafından daha önce çalışılmıştır. Ayrıca bazı SR yıldızlarının zonklama tiplerini ve periyotlarını değiştirdikleri de bilinmektedir [23-24]. Mira ve SR türü yıldızların PL bağıntıları konusunda yapılan bazı çalışmaları özetlersek: Mira tipi yıldızların periyot – parlaklık – renk (PLC) bağıntıları Kanbur vd. (1997), oksijence zengin uzun periyotlu değişen yıldızların PLC bağıntıları ve sınıflandırılmaları Barthès vd. (1999) ile Barthès ve Luri (2001), özellikle kırmızı ötesi renklerde PLC bağıntıları konusunda Whitelock vd. (2000) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda özellikle Mira tipi yıldızlar üzerinde durulmuş ve PLC bağıntıları incelenmiş, kırmızı ötesi renklerle zonklama, kütle kaybı ve etkin sıcaklık arasındaki ilişkiler tartışılmıştır [25].

GCVS' de Yarı-düzenli değişenler, SRa, SRb, SRc ve SRd olarak kodlanan 4 gruba ayrılmışlardır:

1.6.2.1. SRA ve SRB: Tayf-türü M, C, S veya Me, Ce, Se olan dev yıldızlardır. Karbon yıldızı olan yarı düzenli değişenler, karbon yıldızı olan Mira'lardan sayıca çok daha fazladır. Bu atmosferik moleküler soğurmanın evre ile değişiminin doğal bir sonucudur. Oksijence zengin yıldızların tayfında baskın olarak izlenen TiO soğurma bantları, düşük sıcaklıklarda (yani minimum evrelerinde) oldukça güçlü olarak ortaya çıkmaktadır ve bu durum ışık değişim genliğinin artmasına ve Mira sınıflaması için kabul edilen limitlere ulaşılmasını sağlamaktadır. Evrimsel açıdan bakıldığında SRa ve SRb' ler Mira'lara oranla daha heterojen bir grup oluşturmaktadır ve kütleleri belli bir aralığa dağılmış yıldızlar içermektedir. Küresel kümelerde yer alan örnekleri, genellikle HR diyagramının devler kolunda veya asimptotik dev kolunda yer alan ve Mira'lardan her zaman için daha düşük ışıyım gücüne sahip yıldızlardır. Yakın alan yıldızları arasında yer alan SRa ve SRb' lerin kinematik çalışmaları, küresel kümelerdeki örneklerinden daha genç olduklarını göstermiştir.

1.6.2.2. SRC: Tayf-türü M, C, S veya Me, Ce, Se olan üstdevler. SRC' lerin büyük kütleli yıldızlar olduğu düşünülmektedir. Atalarının 8M₀'den daha büyük kütlelere sahip oldukları öngörülmektedir. SRC' ler yaklaşık olarak bir dönem-parlaklık bağıntısına uymaktadırlar.

1.6.2.3. SRD: F, G ve K türünden, yarı-düzenli devler ve üstdevlerdir. Bazılarının tayflarında salma çizgilerine rastlanmaktadır. Sayıca az yıldız içeren küçük bir grup

olmalarına rağmen heterojen bir topluluk oluşturmaktadırlar ve genel özellikleri fazla çalışılmamıştır. Tayflarında salma çizgileri gösteren ve yüksek ışık değişim genliklerine sahip örnekleri, Mira değişenlerinin düşük metal bolluğuna sahip türleri olarak dikkate alınmaktadır. Bu tür yıldızlar küresel kümelerde bulunmaktadır. Diğerleri ise daha çok RV Tau türü değişenlere benzemektedir. SRd' lerin "UU Her yıldızları" olarak adlandırılan bir alt grubundaki örneklerinin ise, genellikle yüksek galaktik enlemlerde yer alan ve evrimde AGB ile beyaz cüce evresi arasında bulunan yıldızlar oldukları önerilmektedir. Alternatif bir açıklama olarak, ortak bir zarf içinde yer alan yakın çift sistemler olabilecekleri de düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

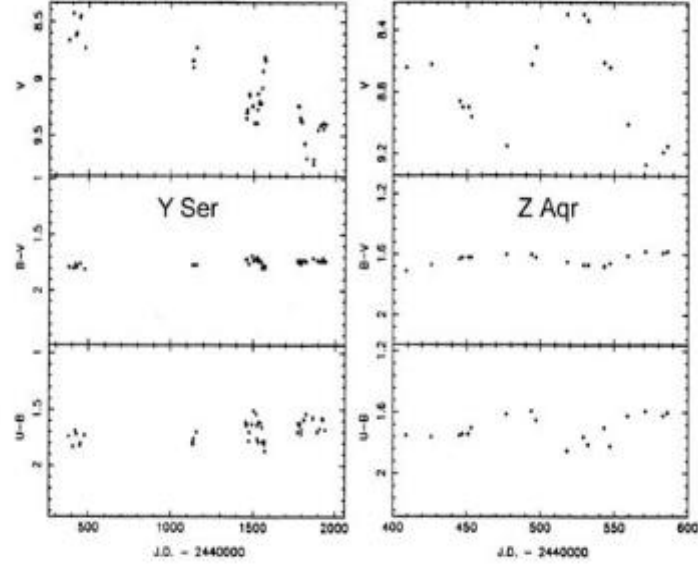
Evrendeki yıldız sayısı konusunda tahmin bile yapamıyoruz ve hala yıldızlar hakkındaki bilgilerimiz kısıtlıdır. Işık eğrilerindeki değişim tipine göre yıldızları sınıflandırırız. Yıldızların ışık eğrilerindeki değişim iki türlü ortaya çıkmakta ya göz önüne alınan yıldız örtme-örtülme ve dönme olayı ile ışık değişimi göstermekte ya da içyapısındaki fiziksel değişimlerden ötürü ışık eğrisinde değişimler olmaktadır. Yıldız sayısındaki fazlalık nedeniyle birçok yıldızın değişim tipi henüz belirlenememiştir. Fiziksel değişen yıldızların içyapı denklemleri de tam çözülmüş değildir ve içyapı konusunda birçok açıklanamamış nokta vardır. Biz bu tezde uzun dönemli yarı düzenli değişen yıldızlara örnekler vererek haklarında bilgi sahibi olunmasına ve ROTSE IIID tarafından yapılmış filtresiz alan gözlemlerinden seçtiğimiz bazı uzun dönemli değişen yıldızların ışık eğrilerini analiz edilerek değişim tiplerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

ROTSE IIID teleskobuna ait arşivin bir kısmı Ege Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Varol KESKİN tarafından indirgenerek ışık eğrileri çizilmiş ve temel periyodları hesaplanmış olan bazı yıldızlar örnek olarak seçilmiş ve TUG Rotse IIID Teleskobu ile elde edilmiş alan gözlemlerinin sistematik taramasıyla bulunan değişen yıldızlardan, bazı uzun dönemli kırmızı yıldızların üzerine incelemeler yapılmıştır. Üç farklı alanda elde edilmiş yaklaşık 1 yıllık aralığı kapsayan gözlemlerden beyaz ışıktaki elde edilen ışık eğrileri çeşitli uygun kriterlerle arındırılmış ve Schwarzenberg-Czerny yöntemiyle ön dönemlilik çalışması yapılmış olan yaklaşık olarak 100 gün ile 300 gün aralığında dönemlere sahip olduğu belirlenen bu yıldızların ışık eğrilerine bakılarak türleri belirlenmeye çalışılmıştır.

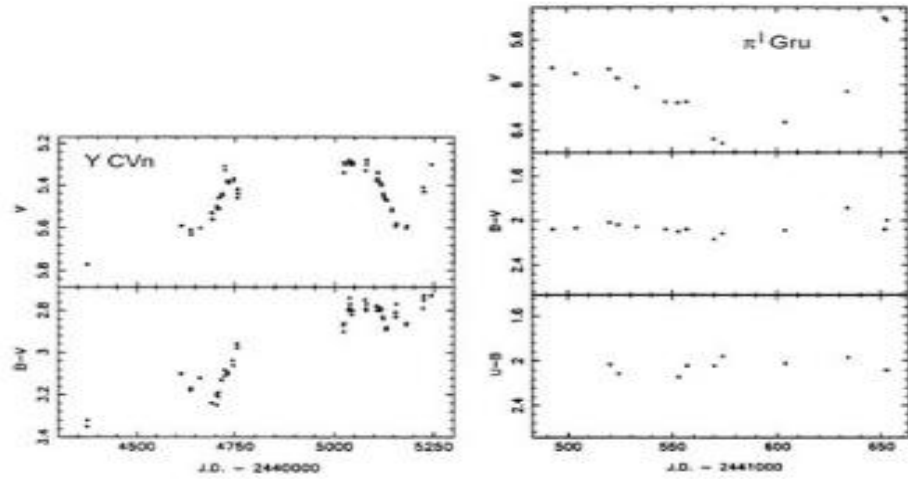
Yıldızların SİMBAD veri arşivindeki durumları araştırılmış birçoğunun henüz tanımlanmamış yıldızlar oldukları gözlenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

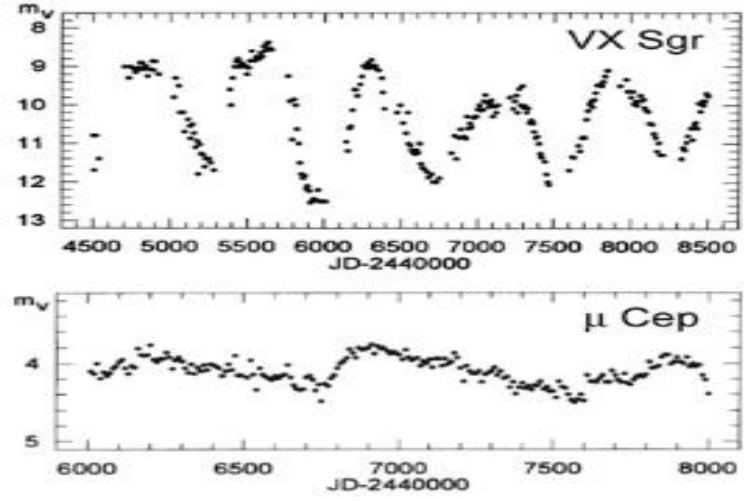
Çalışılmış olan yıldızların GCVS’de yarı düzenli değişen çeşitleri olan SRa, SRb, SRC ve SRd yıldızları ile benzerlik gösteren ışık eğrilerine örnekler verilmiştir.



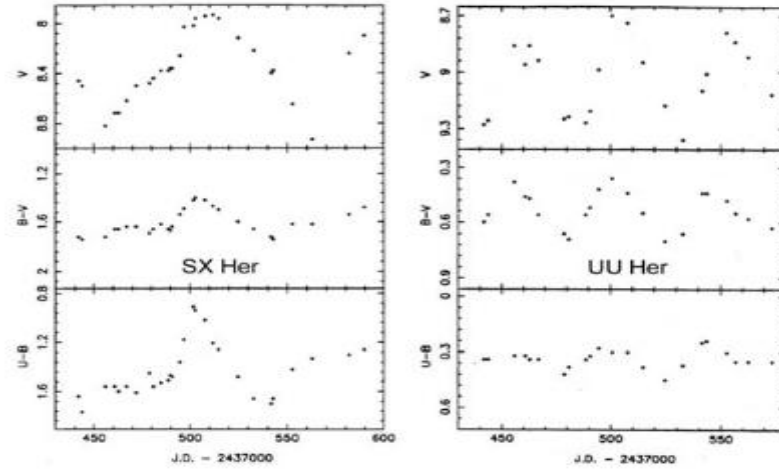
Şekil 3.1 SRa’lara örnek olarak Y Ser ve Z Aqr’ nin ışık ve renk eğrileri



Şekil 3.2 SRb’lere örnek olarak Y CVn ve π^1 Gru’ nun ışık ve renk eğrileri



Şekil 3.3 SRc'lere örnek olarak VX Sgr ve μ Cep'in ışık eğrileri



Şekil 3.4 SRd' lere örnek olarak SX Her ve UU Her' in ışık ve renk eğrileri

4. SONUÇ VE YORUM

Değişen yıldızlar ile ilgili araştırmalar yapmak, yıldızların fiziksel özellikleri, doğası ve gelişimi konusunda temel bilgilerin elde edilmesi nedeniyle çok önemlidir. Yıldızların kütlesi, yarıçapı, kimyasal bileşenleri, parlaklığı gibi bilgiler değişen yıldızlar hakkında elde edilen verilerin incelenmesiyle ortaya çıkarılabilir. Böylece astronomların yıldız içyapı ve evrimlerinin anlaşılmasına önemli bir katkısı vardır. Farklı kütle, kimyasal kompozisyon ve etkileri değişen yıldızlar hakkında araştırma yapılması sonucu toplanan bilgi birikimiyle anlaşılmaktadır. Bundan dolayı her yeni değişen yıldız, sahip olduğu farklı özellikleriyle yıldız evrim modellerinin gelişmesine destek olmaktadır. Sıra dışı özellikler göstermese dahi, her yeni değişen yıldız bu konuda ki bilgilerimizi artırmaktadır. Bu çalışma uzun dönemli değişen yıldızların ne oldukları çeşitlerinin neler olduklarını örneklerle ayrıntılı olarak açıklamıştır. Çalışmada kullanılan bazı yıldızların, literatürde bulunmayan haklarında bilgi bulunmayan yıldızlar olduğu SİMBAD astronomi veri tabanı araştırmasıyla ispatlanmıştır.

Çalışmada literatürde bulunmayan bazı yıldızlar, uzun dönemli yarı düzenli değişen olarak sınıflandırılmıştır. Bu yıldızların tümü IRAS kataloğunda yer almamaktadır. Sonuç olarak, elde edilen sonuçlar sadece periyot analizi bakımından irdelenmiş, net sonuçlara ulaşmak için UBVRI filtre kullanılarak yapılmış ışık eğrilerine ve mümkün olursa spectrum bilgilerine ihtiyaç vardır.

5. KAYNAKLAR

1. M. A. Hoskin (ed.). *The Cambridge Illustrated History of Astronomy*, Cambridge: Cambridge University Press. England, 1997.
2. R.J. Percy, *Understanding Variable Stars*, Cambridge University Press. England, 2007.
3. R.W. Hilditch, I. Skillen, D.M. G.C.L. Carr Aikman, *MON NOT R ASTRON SOC*, 222 (1986) 167.
4. C. Sterken, The light-time effect in astrophysics Causes and cures of the O – C diagram ASP Conference Series, vol. 335, 2005.
5. E.P. Belserene, (*O -- C*) by computer, *JAAVSO*, 15 (1986) 243-8.
6. A.S. Eddington, Plakidis. L, *Irregularities of period in long-period variable stars*, *MON NOT R ASTRON SOC*, 90 (1992) 65-71.
7. J. Mattei Akyüz, *Variable stars*, *AAVSO*, (2005)
8. Information Bulletin of Variable Stars (IBVS). (1994).
<https://konkoly.hu/IBVS/IBVS.htm> (on-line access on 19 May 2019).
9. P. Cox John, *Theory of stellar pulsation*, Princeton, 1980, pp. 891-895.
10. D. Koester, G. Chanmugam, *Reports on Progress in Physics*, *JMP* 53, 1990, p. 837–915.
11. G. Fontaine, F. Wesemael, 'White dwarfs. In Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics', P. Murdin (ed.), *Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing and London, New York, Tokyo*, 2001.
12. P.O. Quirion, G. Fontaine, P. Brassard, *Mapping the instability domains of gw vir stars in the effective temperaturey surface gravity diagram*, *ApJS*, 171 (2007) 219–248.
13. K. Nagel and K. Werner, *Detection of non-radial g-mode pulsations in the newly discovered PG 1159 star HE 1429-1209*, *Astron.Astrophys*, 426 (2004) 45–48.
14. Selam, S. 801507 Değişen Yıldızların Fotometrik Özellikleri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Ders Notu. Ankara, 2003.

15. SuperWASP Observations of Variable Stars. (2019). Pulsating Variable Stars.<http://www.astro.keele.ac.uk/workx/superwasp-variable-stars/Pulsating.html> (on-line access on 18 May 2019).
16. P. Clay Sherrod, L. Thomas Koed, A Complete Manual of Amateur Astronomy: Tools and Techniques for Astronomical Observations. New York, Norton, 1971.
17. Astronomy C- Variable Stars. (2019). <https://slideplayer.com/slide/4399806/> (on-line access on 20 May 2019).
18. American Association of Variable Star Observers (**AAVSO**). (2019). Types of Variables. <https://www.aavso.org/types-variables> (on-line access on 20 May 2019).
19. P.N. Kholopov, N.N. Samus, M.S. Frolov, *General catalogues of variable stars*, Nauka Publishing House, Moscow, 1988.
20. M. Querci, *The m type stars*, H.R.Johnson and F.R. Querci (Ed.). SP – 492. NASA, 1992.
21. T. Lebzelter, F. Kerschbaum, J. Hron, *Finding the most metal-poor stars of the galactic halo with the objective-prism survey AA*, 298 (1995) 159.
22. J.A.Mattei, G. Foster, L.A. Hurwitz, *Kinematics of m-type giant semi-regular variables from the hipparcos catalogue*. In the proceedings of the ESA(1998).
23. R.R. Cadmus, L.A. Wilson, C. Sneden, *Long-term vr/photometry of small-amplitude red variables.1.light curves and periyods, AJ*, 101 (1991) 1043.
24. L.L. Kiss, K. Szatmary, R.R. Cadmus, *Multiperiodicity in semiregular variables, AA*, 346 (1999) 542.
25. C.Yeşilyaprak, Z. Aslan, M türü yarı düzenli değişen yıldızlarda periyot – renk bağıntıları, XIII. Ulusal Astronomi Toplantısı, TUG, Antalya, 2-6 Eylül 2002, p:114-119.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Mehtap DÖNMEZ

Doğum Yeri : Hekimhan/MALATYA

Adres: İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi

E-Posta: mehtapp_44@hotmail.com

Lisans: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü