



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

**SEÇİLMİŞ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE TAYF
ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜCAHİT KUZ

Tez Danışmanı

Doç. Dr. DERYA SÜRGİT

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ ANABİLİM DALI

SEÇİLMİŞ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE TAYF ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜCAHİT KUZ

Tez Danışmanı

Doç. Dr. DERYA SÜRGİT

Bu çalışma, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kurumu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 3328

ÇANAKKALE – 2022



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Mücahit KUZ tarafından Doç. Dr. Derya SÜRGİT yönetiminde hazırlanan ve **11/08/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Seçilmiş Çift Yıldızların Fotometrik ve Tayf Analizi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr. Derya SÜRGİT
(Danışman)

Prof. Dr. Ahmet ERDEM

Doç. Dr. Hasan Ali DAL

.....

.....

.....

Tez No : 10485259

Tez Savunma Tarihi : 11/08/2022

.....
Doç. Dr. Yener PAZARCIK
Enstitü Müdürü

.../.../2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Mücahit KUZ

.../.../2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, her türlü destek ve imkanı veren saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Derya SÜRGİT'e sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışması kapsamında tayfsal gözlem verilerinin alındığı Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'ne (South Africa Astronomical Observatory, SAAO) ve gözlemler süresince yardımcı olan Prof. Dr. Chris A. ENGELBRECHT ve Fred MARANG'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca çalışma süresince tüm zorluklarda yanımda olan arkadaşım Ali MOĞOL'a, tez süresince bana yardımlarını esirgemeyen Dr. Oğuz ÖZTÜRK'e, Arş.Gör. Murat İnanç GÖZÜTOK'a, Halil ÇETİNKAYA'ya ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mücahit KUZ
Çanakkale, Ağustos 2022

ÖZET

SEÇİLMİŞ ÇİFT YILDIZLARIN FOTOMETRİK VE TAYF ANALİZİ

Mücahit KUZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Derya SÜRGİT

11/08/2022, 53

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, literatürden seçilen DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının tayfsal ve fotometrik çalışmasının yapılması hedeflenmiştir. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının tayfsal gözlemleri Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'ndeki 1.9 m Cassegrain teleskobu ve bu teleskoba bağlı SpUpNIC CCD kamera ile slit (grating) tayf çekeri kullanılarak yapılmıştır. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının fotometrik verileri literatürdeki veri tabanlarından toplanarak elde edilmiştir. Seçilen çift yıldızların elde edilen tayfsal gözlem verilerinin indirgenmesi ve her bir yıldızın bileşenlerinin dikine hız ölçümlerinde IRAF yazılımı içerisinde yer alan ilgili paketler kullanılmıştır. Seçilen yıldızların elde edilen dikine hız eğrileri ile literatürden toplanan ışık eğrileri birleştirilerek Monte Carlo algoritması altında Wilson-Devinney yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının mutlak parametreleri elde edilerek evrim durumları tartışılmıştır. Bu yüksek lisans tez çalışmasıyla DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının dikine hız eğrileri, mutlak parametreleri literatüre ilk kez kazandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Örtün Çift Yıldızlar, Fotometri, Tayf, Mutlak Parametreler, Evrim, Yıldızlar (DG Mic ve V1041 Sco)

ABSTRACT

PHOTOMETRIC AND SPECTROSCOPIC STUDY OF SELECTED ECLIPSING BINARY

Mücahit KUZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Space Science

Advisor: Doç. Dr. Derya SÜRGİT

11/08/2022, 53

In this master thesis, it is aimed to make spectral and photometric studies of DG Mic and V1041 Sco binary stars selected from the literature. The spectral observations of the DG Mic and V1041 Sco binary stars were made using the 1.9 m Cassegrain telescope at the South African Astronomical Observatory and the SpUpNIC CCD camera connected to this telescope and the slit (grating) spectrometer. Photometric data of DG Mic and V1041 Sco binary stars were obtained from databases in the literature. Relevant packages in the IRAF software were used to reduce the spectral observation data of selected binary stars and to measure the radial velocity of each star's components. The radial velocity curves of the selected stars were combined with the light curves collected from the literature and analyzed using the Wilson-Devinney method under the Monte Carlo algorithm. The absolute parameters of DG Mic and V1041 Sco binary stars are obtained and their evolution status is discussed. With this master's thesis, the radial velocity curves and absolute parameters of DG Mic and V1041 Sco binary stars were introduced to the literature for the first time.

Keywords: Eclipsing Binaries, Photometry, Spectroscopy, Absolute Parameters, Evolution, Stars (DG Mic and V1041 Sco)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
BİRİNCİ BÖLÜM	1
GİRİŞ	
İKİNCİ BÖLÜM	8
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	
2.1. DG Mic.....	8
2.2. V1041 Sco.....	9
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	10
MATERYAL YÖNTEM	
3.1. Tayfsal Gözlemler.....	10
3.1.1. DG Mic Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Veri İndirgemesi.....	10
3.1.2. V1041 Sco Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Veri İndirgemesi.....	12
3.2. Fotometrik Gözlemler.....	13

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		17
ARAŞTIRMA BULGULARI		
4.1.	DG Mic Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisinin Elde Edilmesi ve Yörünge Çözümü	17
4.2.	V1041 Sco Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisinin Elde Edilmesi ve Yörünge Çözümü.....	21
4.3.	DG Mic Çift Yıldızının Fotometrik Veri Analizi.....	26
4.4.	V1041 Sco Çift Yıldızının Fotometrik Veri Analizi.....	30
4.5.	DG Mic Çift Yıldızının Dönem Analizi.....	33
4.6.	V1041 Sco Çift Yıldızının Dönem Analizi	36
BEŞİNCİ BÖLÜM		40
SONUÇ ve ÖNERİLER		
KAYNAKÇA		47

SİMGELER VE KISALTMALAR

ADS	Astrophysics Data System
SAAO	South African Astronomical Observatory
ASAS	All Sky Automated Survey
ASAS-SN	All Sky Automated Survey for Supernovae
APASS	AAVSO Photometric All-Sky Survey
SuperWASP	Wide Angle Search for Planets
TESS	Transiting Exoplanet Survey Satellite
HIPPERCOS	High Precision Parallax Collecting Satellite
KWS	Kamogata Wide-field Survey
SIMBAD	Set of Identifications Measurements and Bibliography for Astronomical Data
GAIA	Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
CCD	Charge Coupled Device
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
CCF	Cross Correlation Function
M-C	Monte Carlo
W-D	Wilson-Devinney
°K	Kelvin
FOV	Field of View
mag	Kadir
Cu/Ar	Bakır-Argon lambası
HJD	Heliosentrik Jülyen Günü
AU	Astronomic Unit
$(B-V)$	Renk Ölçeği
$(B-V)_0$	Kızıllaşmamış Renk Ölçeği
A°	Amstrong
km/s	Kilometre/saniye
e	Basıklık
w	Enberinin Boylamı
K_1	1. Bileşenin Yarı Genliği
K_2	2. Bileşenin Yarı Genliği

T_0	Tutulma Başlangıç Zamanı
V_γ	Ortak Kütle Merkezinin Hızı
Φ	Evre Kayması
M_\odot	Güneş Kütleli
i	Yörünge Eğikliği
T_1	1. Bileşenin Etkin Sıcaklığı
T_2	2. Bileşenin Etkin Sıcaklığı
Ω	Bileşenlerin Boyutsuz Normalize Yüzey Potansiyelleri
L_1	Birinci Bileşenin Kesirsel Tek Renk Işırtması
l_3	Üçüncü Işık Katkısı
$a_1 \sin i$	Birinci Bileşenin Yarı Büyük Eksen Uzunluğunun Yörünge Açısı
$a_2 \sin i$	İkinci Bileşenin Yarı Büyük Eksen Uzunluğunun Yörünge Açısı
q	Tayfsal kütle oranı
RV	Radial Velocity (Dikine Hız)
E	Çevrim Sayısı
Q	İkinci Dereceden Terim
P	Dolanma dönemi
A	Çift yıldız sisteminin yarı-büyük eksen uzunluğu
c	Işık hızı
pc	Parsek
M_i	Bileşenin kütlesi
r_i	Bileşenin kesirsel yarıçapı
$[\Sigma W(O-C)^2]$	Artıkların karesinin ağırlıklı toplamları
d	paralaks

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	DG Mic çift yıldızının çapraz-korelasyon yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve hataları.....	19
Tablo 2	DG Mic çift yıldızının tayfsal yörünge parametreleri.....	20
Tablo 3	V1041 Sco çift yıldızının çapraz-korelasyon yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve hataları	24
Tablo 4	V1041 Sco çift yıldızının tayfsal yörünge parametreleri.	25
Tablo 5	DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP ışık eğrilerinin MC+WD yöntemi ile çözüm sonuçları.....	28
Tablo 6	V1041 Sco'nun ASAS, KWS- <i>V</i> , KWS- <i>I</i> ve HIP ışık eğrilerinin MC+WD yöntemi ile çözüm sonuçları	31
Tablo 7	DG Mic çift yıldızının minimum zamanları.....	33
Tablo 8	DG Mic çift yıldızının lineer fit sonucu elde edilen parametreleri	36
Tablo 9	V1041 Sco'nun çift yıldızının minimum zamanları	37
Tablo 10	V1041 Sco'nun çift yıldızının parabolik model sonucu elde edilen parametreleri	38
Tablo 11	DG Mic sisteminin mutlak parametreleri	43
Tablo 12	V1041 Sco sisteminin mutlak parametreleri	43

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Algol tür yıldız olan MW Pup sisteminin ışık eğrisi gösterilmektedir. (Sürgit, vd., 2015).....	3
Şekil 2	B Lyrae tür yıldız olan V448 Cyg sistemine ait ışık eğrisi gösterilmektedir. (Kumsiashvili, vd., 2005).....	4
Şekil 3	W Uma tür yıldız olan AU Ser sistemine ait ışık eğrisi gösterilmektedir. (Alton, vd., 2018).....	5
Şekil 4	Güney Afrika Astromi Gözlemevi (South Africa Astronomical Observatory, SAAO, http://www.sao.ac.za).....	11
Şekil 5	Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde 1.9 m Cassegrain teleskobu (solda) ve gözlem sırasında kullanılan tayf çeker kontrol programına ait görseller (sağda).....	11
Şekil 6	DG Mic sisteminin ASAS, TESS ve WASP ışık eğrileri.....	15
Şekil 7	V1041 Sco sisteminin ASAS, KWS- <i>V</i> , KWS- <i>I</i> ve HIP ışık eğrileri	16
Şekil 8	DG Mic'in bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemine göre iki farklı evrede bileşenlerinin hızları ve onlara uygulanan gauss fiti.....	18
Şekil 9	DG Mic'in çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları ve üzerine yapılan en iyi teorik fiti.....	20
Şekil 10	V1041 Sco'nun bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemine göre iki farklı evrede bileşenlerinin hızları ve onlara uygulanan gauss fiti....	23
Şekil 11	V1041 Sco'nun çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları ve üzerine yapılan en iyi teorik fiti.....	25
Şekil 12	(üst) DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP ışık eğrileri ve en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri, (alt) Sistemin Roche geometrisi.....	29
Şekil 13	(üst) V1041 Sco'nun ASAS, KWS- <i>V</i> , KWS- <i>I</i> ve HIP ışık eğrileri ve en iyi temsil eden teorik fitleri, (alt) Sistemin Roche geometrisi.....	32
Şekil 14	DG Mic çift yıldızının O-C diyagramı.....	35
Şekil 15	V1041 Sco çift yıldızının O-C diyagramı. İçi dolu siyah daireler I. Minimum zamanlarını, içi boş daireler II. Minimum zamanlarını temsil etmektedir.....	38

Şekil 16 Genova evrim modeline göre, DG Mic için en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için $Z=0.014$ (Mowlavi vd.,2012) modeline göre LogT-LogL grafiği. Diyagramlardaki içi dolu üçgen, birinci bileşeni; içi boş üçgen, ikinci bileşeni temsil etmektedir. Dikey ve yatay çizgiler bileşenlerin hata barlarını göstermektedir. HR diyagramında, ZAMS (Zero Age Main Sequence), sıfır yaş Anakolu; TAMS (Terminal Age Main Sequence), terminal yaş Anakolu temsil etmektedir.....

45

Şekil 17 Genova evrim modeline göre V1041 Sco için en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için $Z=0.010$ modeline göre LogT-LogL ve M-R grafiği. Diyagramlardaki içi dolu üçgen, birinci bileşeni; içi boş üçgen, ikinci bileşeni temsil etmektedir. Dikey ve yatay çizgiler bileşenlerin hata barlarını göstermektedir. HR diyagramında, ZAMS (Zero Age Main Sequence), sıfır yaş Anakolu; TAMS (Terminal Age Main Sequence), terminal yaş Anakolu temsil etmektedir.....

46

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

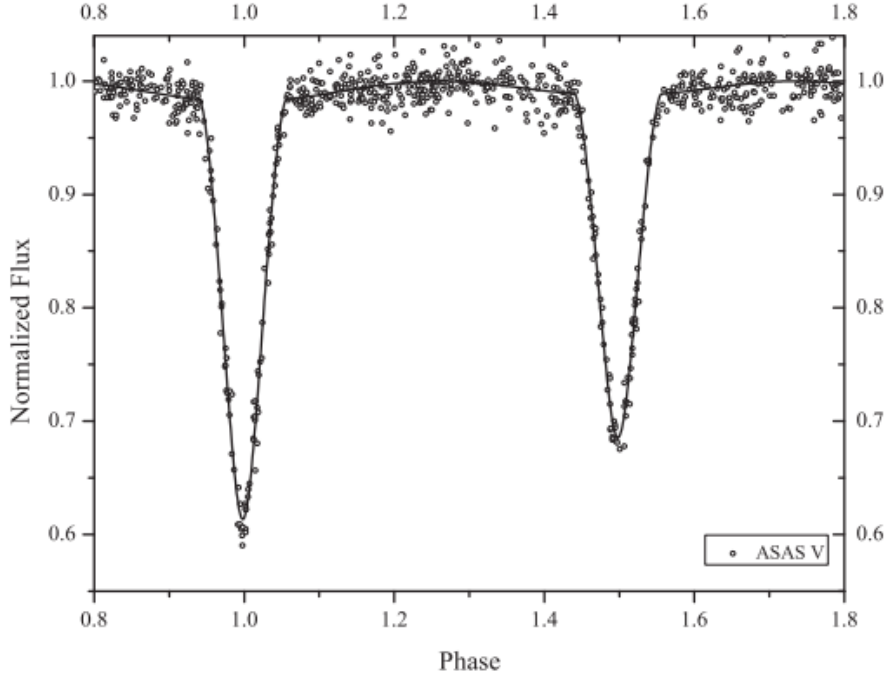
Çift yıldızlar gökbilimin en önemli alanlarında biridir. Yıldızların temel öğeleri olan kütle, yarıçap, sıcaklık, ışıma vb. parametrelerin belirlenmesinde çift yıldızlar gökbilimciler için ayrı bir önem taşımaktadır. Çift yıldızlar, Kepler yasalarına göre ortak bir kütle merkezi etrafında çekimsel kuvvetlerle birbirlerine bağlı olarak yörünge hareketi yapan en az iki yıldızdan oluşan sistemlerdir. Gözlemsel olarak keşfedilme ve incelenme yöntemlerine göre, optik çiftler, astrometrik çiftler, görsel çiftler, tayfsal çiftler ve örten çiftler olarak sınıflandırılır:

- (i) Birbirine fiziksel olarak bağlı olmadan, fakat aynı doğrultuda buldukları için gökyüzünde birbirlerine yakın görünen çiftlere optik çift yıldızlar,
- (ii) Teleskopla yapılan gözlemler sonrasında sadece bileşenlerden birinin görüldüğü, fakat görünen bileşenin gökyüzünde yaptığı titreşimsel hareketinden, görünmeyen bir bileşenin varlığı ortaya çıkartılan çift yıldız sistemlerine astrometrik çift yıldızlar,
- (iii) Çıplak gözle ya da teleskoplarla yapılan gözlemlerde bileşen yıldızları ayrı ayrı görülebilen çiftlere görsel çift yıldız,
- (iv) Teleskoplar ile birbirinden ayırt edilemeyecek yakınlıkta olup tek yıldız gibi görünen, tayf çizgilerindeki periyodik Doppler kaymalardan çift oldukları anlaşılabilen yıldızlara da tayfsal çift yıldızlar,
- (v) Yıldızların ortak yörünge düzlemleri bakış doğrultusuna yakın ise iki yıldız birbirini örter ve toplam parlaklığında dönemli değişim görülür. Bunlara da örten çift yıldızlar ya da örten değişen çift yıldızlar denir.

Yörünge hareketinden dolayı bileşenler birbirlerini dönemli olarak örter. Bu türden yıldızların parlaklığındaki bir ya da birkaç dönemlik değişimleri gözlenerek parlaklıktaki değişim ışık eğrilerinin oluşmasına neden olur. Örten çift yıldızların ışık eğrilerinin elde edildiği bu gözlem tekniği fotometrik gözlem olarak adlandırılır. Böyle örten çift yıldızlar üzerine yapılan fotometrik gözlemler ve bu gözlemlerin incelenmesi çift yıldızlar hakkında bilgi edinmemize yardımcı olduğu için örten çift yıldızlar üzerine yapılan fotometrik

gözlemler oldukça önemlidir. Böylece fotometrik gözlemlerden elde edilen ışık eğrilerinden, çifti oluşturan yıldızların görelî yarıçapları, parlaklıkları, yörünge eğikliği, yıldızların küresel yapıdan uzaklaşma miktarı, kenar kararına katsayıları vb. parametreler bulunabilmektedir. Fotometrik gözlemlerin yanı sıra tayfsal gözlemlerinde yapılarak birleştirilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Tayfsal gözlemlerin fotometrik gözlemlerle birleştirilmesiyle çiftin bileşenlerinin kütle, yarıçap vb. mutlak parametreleri hesaplanabilmektedir. Örten çift yıldızlar ışık eğrilerinde çeşitlilik gösterirler. Hatta her çiftin kendine özgü ışık eğrileri vardır. Örten çift yıldızın ışık eğrileri, üyelerin zamanla uğradığı değişime göre farklılık göstererek zamanla değişebilir. Bu sebeple örten çift yıldızlar kendi içlerinde farklı sınıflandırmalara sahiptir. Bu sınıflandırmalardan biri ışık eğrisi türlerine göre yapılan sınıflandırmadır. Işık eğrisi türlerine göre; Algol türü örten değişen yıldızlar, β Lyrae türü örten değişen yıldızlar ve W Ursae Majoris türü örten değişen yıldızlar olmak üzere üç ana grupta toplanabilir.

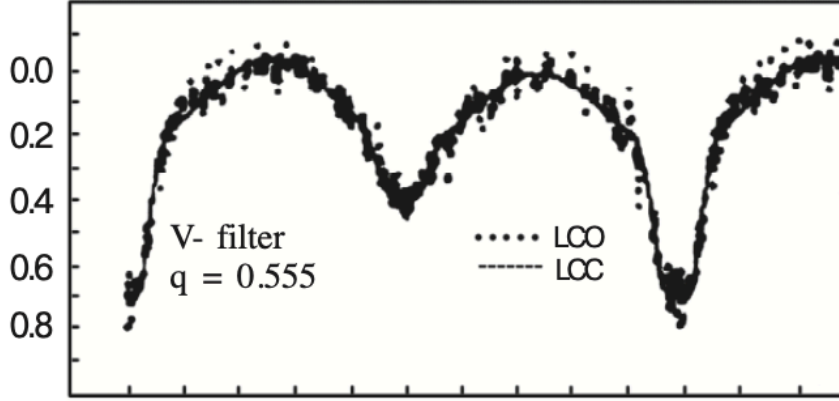
Algol türü örten değişen yıldızların ilk temsilcisi β Persei'dir. Işık eğrilerinde, tutulmalar dışında belirgin bir değişim göstermeyen ve bu sebeple bileşenler arası yakınlık etkilerinin az olduğu birinci minimum ve ikinci minimum düzeyleri arasında oldukça fark olan sistemlerdir. Algol türü sistemler, sıcak bir anakol yıldızıyla soğuk bir dev veya alt devden oluşan sistemler olup genelde her ikisi de küresel yapıda ya da biri belirli düzeyde şekilsel bozulmaya uğramış bileşenlere sahip sistemlerdir.



Şekil 1. Algol tür yıldız olan MW Pup sisteminin ışık eğrisi gösterilmektedir.

(Sürgit, vd., 2015).

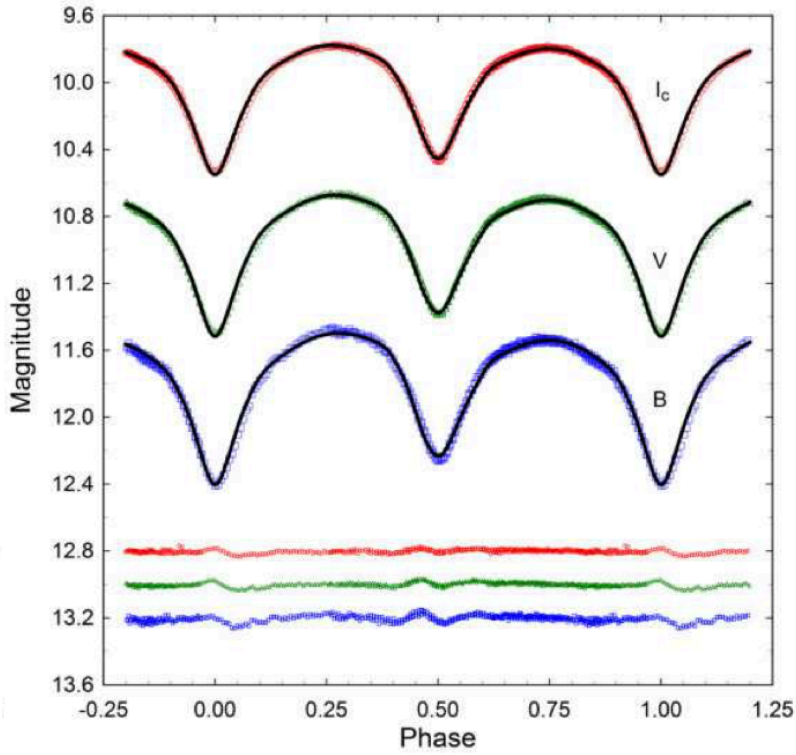
Algol türü yıldızların yapısının anlaşılmasında bir süre sonra Goodricke 1784'te yaptığı araştırmalar neticesinde yeni bir tutulum yapısı gösteren β Lyrae yıldızını keşfetmiştir. β Lyrae türü yıldızlar, yakınlık etkileri sebebiyle ışık eğrilerinde şekil bozulması sebebiyle sürekli bir değişim gözlenen sistemlerdir. Bileşenlerin farklı yüzey sıcaklıklarına sahip olması sebebiyle ışık eğrilerinde minimumlar arasında farklılıklar görülmektedir. Yan minimumları Algol'ünkinden biraz daha derindir. Bu türden yıldızlarda bileşenler birbirine degecek kadar yakındır. Bu sebeple iki yıldızın karşılıklı çekim kuvveti sebebiyle küresellikten uzaklaşıp armutlaşır.



Şekil 2. B Lyrae tür yıldız olan V448 Cyg sistemine ait ışık eğrisi gösterilmektedir.

(Kumsiashvili, vd., 2005).

Işık eğrisi türüne göre bir diğer sistemde W Uma türü çift sistemlerdir. Muller ve Kemp (1903) yılında β Lyrae türüne benzeyen yeni bir örten çift yıldızın keşfiyle W Uma türü örten çift sistemleri keşfetmişlerdir. “Değen Çiftler” olarak da bilinen bu sistemlerde bileşenler birbirlerine çok yakın, ışık eğrilerinde hemen hemen aynı derinliğe sahip iki minimum çukuru ve sürekli ışık değişimleri ile karakterize edilen sistemlerdir. W Uma türü örten çift sistemleri, β Lyrae türü çift sistemlerden ayıran en belirgin özellik minimum derinliklerinin hemen hemen aynı olmasıdır. Buda bize bileşen yıldızların eşit yüzey sıcaklıklarına sahip olduklarını göstermektedir. Yörünge dönemleri oldukça kısadır.



Şekil 3. W Uma tür yıldız olan AU Ser sistemine ait ışık eğrisi gösterilmektedir.

(Alton, vd., 2018).

Örten çift yıldızların yapıldığı bir diğer sınıflama, Roche geometrisine göre yapılmaktadır. Kopal (1959), bir yıldızın gelişimi sırasında ulaşabileceği en büyük boyutu belirteç olarak bileşen yıldızların kendi Roche loblarını doldurma oranlarına göre yeni bir sınıflama yapmıştır. Bir örten çiftin bileşenlerinin her ikisi de kendi Roche loblarını doldurmayıp içinde kalıyorsa bu çiftlere, ayrık; bileşenlerden biri Roche lobunu doldurup diğer bileşen doldurmuyorsa yarı-ayrık, eğer her iki bileşen de kendi Roche loblarını dolduruyorsa bunlara da değen çift yıldızlar denilmektedir.

Örten çift yıldızlar üzerine yapılan teorik ve gözlemsel çalışmalar, yıldızlara ilişkin bilgilerin güncellenmesine, yıldız evriminin anlaşılmasına, yakın galaksilerin uzaklıklarının belirlenmesinde, X-ışın çiftleri, kataklizmik değişenler, novalar, simbiyotik yıldızlar ve bazı tür süpernovaların açıklanmasında bunun da ötesinde evrenin yapısının ve evriminin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Yıldızların evriminin anlaşılabilmesi bakımından en

temel parametre kütleleridir. Dolayısıyla çift yıldızlar yardımıyla bileşen yıldızların kütleleri, yarıçap ve ışınım gücü gibi temel parametreleri de hesaplanabilmekte ve bu sayede de evrim durumları hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Bu sebeple örten çift yıldızlar hakkında daha fazla bilgiye sahip olabilmek ve alandaki teorileri gözlemsel yolla test edebilmek için fotometrik ve tayfsal gözlem verisine halen ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde hala yıldızların birçok önemli fiziksel parametresinin gerçek değerlerinin %10'nu bilinmemektedir (Soderblom, 2010; Noëls, vd., 2016; Vale, vd., 2018). Bu belirsizlikler galaksimizin geçmiş ve gelecekteki evrimine dair yapılan tahminlerimizi etkilemektedir (Mints ve Hekker, 2017). Günümüz gözlem teknikleri, teorik yıldızların evrimsel modellerini, yüzde 1 - 2'lik duyarlılıkla test etmek için oldukça iyidir (Pavlovski ve Southworth, 2012). Özellikle çift çizgili örten çift sistemler, kütle ve yarıçapların doğru bir şekilde belirlenmesinde oldukça iyi birer kaynaktır. Yıldızların mutlak parametrelerini gözlemlerden doğrudan ölçmeye yarayan en iyi yol, örten çift yıldız sistemlerinin ışık ve dikine hız eğrilerinin birlikte analiz edilmesidir. Özellikle düşük-orta çözünürlüklü tayfsal gözlem verilerinden çapraz-eşleme vb (bkz. örneğin Popper ve Jeong, 1994) güvenilir yöntemler kullanılarak bileşenlerin farklı yörünge evrelerindeki dikine hız değerleri duyarlı bir şekilde elde edilebilmektedir. Böylece çift çizgili tayf veren ayırık çift yıldızların ışık ve dikine hız eğrilerinin birlikte çözümlenmesi ile, ele alınan ayırık çift sistemlerin bileşenlerinin mutlak parametreleri, %3'ten daha düşük bir hata payıyla yüksek duyarlılıkta hesaplanabilmektedir (Torres, vd., 2010). Astrofizikçiler için yıldızların gelişimlerinin anlaşılmasında önemli rol oynayan gözlemler, birçok fiziksel parametrenin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Bu sebeple çift yıldızlar üzerine yapılan fotometrik ve tayfsal gözlemlerin önemi oldukça büyüktür. Bu sebeple çift yıldızlar ve onların temel özelliklerine ilişkin birçok katalog çalışması yapılmıştır (Avvakumova, vd., 2013; McDonald, vd., 2012; Malkov, vd., 2006).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında yukarıda belirtilen ışık eğrisi türleri ve Roche geometrisine göre yapılan sınıflamalar dikkate alınarak ihmal edilmiş Algol tür DG Mic ve V1041 Sco örten çift yıldızları seçilmiştir. Yıldızların tayfsal gözlemleri için, Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde (SAAO, South African Astronomical Observatory), 1.9m ayna çaplı Cassegrain türü teleskop ve buna bağlı SpUpNIC CCD kamera ve slit (grating) tayfçekerini kullanılmıştır. Yıldızların elde edilen tayfsal gözlemleri IRAF vb. açık kaynak

kodlu programların yardımıyla bileşenlerinin dikine hız eğrileri elde edilmiştir. Ayrıca seçilen yıldızların literatürde bulunan ışık eğrileri toplanılmış ve dikine hız eğrileri ile birlikte analiz edilmiştir. Işık ve dikine hız eğrilerinin çözümlerinden elde edilen sonuçlar birleştirilmiş ve seçilen yıldızların bileşenlerinin mutlak parametreleri duyarlı bir şekilde hesaplanmıştır. Böylece gözlemsel yolla elde edilen mutlak parametreleri kullanılarak bileşen yıldızların evrim durumları tartışılmış ve gözlemlerle teorik evrim modelleri test edilerek uyum ve uyuşmazlıkları ortaya konmuştur.



İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması kapsamında Güney Yarımküre gökyüzünden seçilen DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızları ele alınmıştır. Seçilen yıldızlara ilişkin literatür bilgileri aşağıda yer almaktadır.

2.1. DG Mic

DG Mic (CPD-43 9403 = HD 201964 = Gaia DR2 6580038335837487744), ADS veri tabanından yararlanılarak yapılan literatür taramasına göre 12 adet çalışması bulunmaktadır. DG Mic sistemine ilk olarak Strohmeier vd. (1965)'nin katalog çalışmasında yer verilmiştir. Bu çalışmaya göre sistemin tayf türü A0 olarak belirtilmektedir. Sistem, Drillinng vd. (1970) tarafından yapılan çalışmada tayf türü A2 ve parlaklığı Johnson V filtresinde $8^m.4$ olarak verilmektedir. Houk (1978) tarafından hazırlanan katalog çalışmasında tayf türü A2mA7/8-A8/9 olarak listelenmiştir. Daha sonra Otero (2004) tarafından hazırlanan 80 tane örten çift yıldız ve Kazarovets vd. (2008) tarafından hazırlanan değişen yıldızlar kataloğu gibi farklı katalog çalışmalarında da yer almıştır. Sistem, Renson vd. (1991) tarafından hazırlanan Ap ve Am tür yıldızları kataloğunda değişen yıldız olarak kaydedilmiştir. DG Mic, ASAS 3 (Pojmanski, 2002) kataloğuna göre A2mA7/8-A8/9 tayf türü, V parlaklığı 8.38 – 8.84 mag arasında değişen ve fotometrik dönemi 2.69592 gün, Algol türü değişen bir yıldız olarak kaydedilmiştir. DG Mic sistemine Smalley vd. (2014)'nin hazırlanmış olduğu birçok yıldızın fotometrik çalışmasının yer aldığı çalışmada da yer verilmiştir. Sistemin literatürde herhangi bir tayfsal çalışmasına rastlanmamıştır. Bu sebeple sistemin tayfsal olarak gözlenip fotometrik ışık eğrisiyle birlikte daha detaylı bir şekilde analiz edilmesine karar verilmiştir.

2.2. V1041 Sco

V1041 Sco (CPD-28 5257 = HD 143520 = HIP 78523), ADS veri tabanından yararlanılarak yapılan literatür taramasına göre 14 adet çalışması olduğu belirlenmiştir. V1041 Sco, literatürde ilk defa Houk (1982) tarafından iki boyutlu tayf türü kataloğunda yer almaktadır. Bu çalışmaya göre sistemin tayf türü F6V olarak kaydedilmiştir. Geus vd. (1990) tarafından yapılan fotometri gözlemleri kataloğunda Johnson V parlaklığı 8.82 mag olarak kaydedilmiştir. Aynı çalışmada sistemin ($B-V$) parlaklığı 0.61 mag olarak belirtilmiştir. V1041 Sco, Kazarovets vd. (1999) tarafından değişen yıldız kataloğuna eklenmiş ve sistem Algol türü değişen yıldız olarak belirtilmiştir. Daha sonra sistem Malkov vd. (2006) ve Avvakumova vd. (2013)'nın örten çift sistemlere ilişkin kataloğunda da yer verilmiştir. V1041 Sco, ASAS 3 (Pojmanski, 2002) kataloğuna göre F6V tayf türünden, fotometrik dönemi 2.186946 gün, Algol türü değişen bir yıldız olarak kaydedilmiştir. Sistemin literatür çalışması sonrasında tayfsal bir çalışmasının olmadığı tespit edilmiştir. Bu sebeple sistemin tayfsal olarak gözlenip fotometrik ışık eğrisiyle birlikte daha detaylı bir şekilde analiz edilmesine karar verilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması kapsamında, gereç/materyal olarak, Güney Yarımküre gökyüzünden seçilen DG Mic ve V1041 Sco sistemlerinin Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde (SAAO) elde edilen tayfsal gözlemleri ile literatürdeki veri tabanlarında bulunan ışık eğrileri kullanılmıştır. Tayfsal ve fotometrik veri analiz aşamasında çapraz korelasyon (cross-correlation) yöntemi ve Monte Carlo algoritması altında Wilson-Devinney yöntemleri kullanılmıştır.

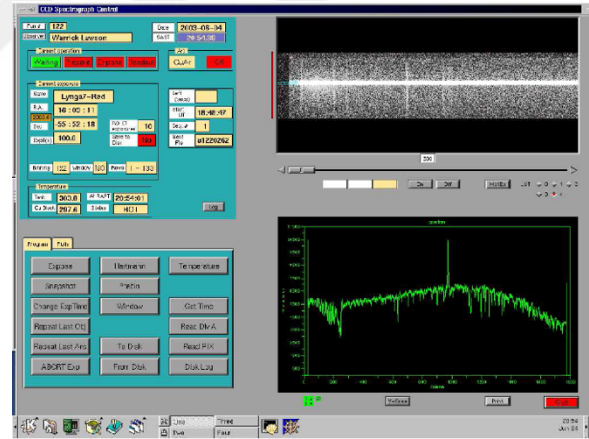
3.1. Tayfsal Gözlemler

3.1.1 DG Mic Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Veri İndirgemesi

Güney yarımküre gökyüzünden seçilen DG Mic sisteminin tayfsal gözlemleri, 2020 gözlem sezonunda Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde (SAAO) yer alan 1.9 m ayna çaplı Cassegrain türü teleskop ve bu teleskoba bağlı SpUpNIC CCD kamera ve slit tayf çekeri kullanılarak elde edilmiştir. Teleskoba bağlı CCD kamera 2048x512 pikselden oluşmakta (E2V CCD42-10) ve gözlemler sırasında grating 4 (slit) kullanılmıştır. Seçilen grating 4, 4000 – 5250 Å dalga boyu aralığında olup slit genişliği ise 0.15 ile 4.2 yay saniyesi aralıklarındadır. SAAO Gözlemevi, gözlemlerde kullanılan 1.9 m teleskop Cassegrain teleskobu ve gözlemlerde kullanılan tayfçeker kontrol programına ait görseller, sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Güney Afrika Astromi Gözlemevi (South Africa Astronomical Observatory, SAAO, <http://www.sao.ac.za>)



Şekil 5. Güney Afrika Astronomi Gözlemevi'nde 1.9 m Cassegrain teleskobu (solda) ve gözlem sırasında kullanılan tayf çeker kontrol programına ait görseller (sağda).

DG Mic'in, 2020 gözlem sezonu içerisinde ağustos ayında 26 adet ve ekim ayında 13 adet olmak üzere toplam 39 adet tayf gözlem verisi elde edilmiştir. Elde edilen gözlem verilerinden bir kısmı indirgeme aşaması sırasında saçılmalı olduğu için çıkarılmıştır. DG

Mic sisteminin tayfsal gözlemi yapılırken aynı zamanda tayf türüne yakın HD 693 (F8V, $V_r = 14.81$ km/s) ve HR 6031 (A1V, $V_r = -5,10$ km/s) standart yıldızların tayf gözlemleri de yapılmıştır. Tüm tayfsal gözlemler sırasında sistemin parlaklığına ve hava koşullarına bağlı olarak ortalama 1000 - 1300 s arasında poz süresi verilmiştir. Tüm tayfsal gözlemler sırasında her bir yıldız görüntüsünün öncesinde ve sonrasında Cu/Ar lambası mukayese tayfi olarak alınırken; FLAT düzeltmesi için her gece ortalama 10 adet beyaz ışık görüntüsü ve 10 adet BIAS görüntüsü alınmıştır. Gözlemlerin indirgenmesinde ve veriye dönüştürülmesinde IRAF yazılımının (iraf.noao.edu/) içinde yer alan ve slit tayf indirgeme aşamasında: *imcombine*, *imarith*, *apscatter*, *apall*, *identify*, *sarith*, *refspectra*, *dispcor* ve *continuum* taskları kullanılmıştır. İndirgemenin ardından dalga kalibrasyonu ve normalizasyonları yapıldıktan sonra sistemin dikine hızının çözümü için çapraz korelasyon metodu kullanılmıştır. Çapraz Korelasyon Metoduna göre (CCF, bkz. Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1984) bileşenlerin dikine hız bilgileri IRAF yazılımının içerisinde yer alan FXCOR taskı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde, yıldızın tayf çizgisine seçilen standart yıldızın tayfi eşleştirilir ve en iyi uyumu veren sonuç alınır.

3.1.2. V1041 Sco Sisteminin Tayfsal Gözlemleri ve Veri İndirgemesi

V1041 Sco sisteminin tayfsal gözlemleri, Güney Afrika Astronomi Gözlemevinde (SAAO) yer alan 1.9m ayna çaplı teleskop ve bu teleskoba bağlı SpUpNIC CCD kamera kullanılarak yapılmıştır. Gözlemler sırasında diğer seçilen sistemde olduğu gibi grating 4 (slit) kullanılmıştır. V1041 Sco sistemin tayfsal gözlemleri 2020 gözlem sezonu içerisinde temmuz ayında 38 adet, ağustos ayında 15 adet ve ekim ayında 5 adet gözlem verisi olmak üzere toplamda 58 adet tayf verisi elde edilmiştir. Analizler sırasında bazı verilerin kötü olması sebebiyle çıkartılmıştır. Ayrıca sistemin tayfsal gözlemi yapılırken aynı zamanda tayf türüne yakın HD 693 (F8V, $V_r = 14.81$ km/s) ve HR 6031 (A1V, $V_r = -5,10$ km/s) standart yıldızların tayf gözlemleri de yapılmıştır. V1041 Sco sisteminin tayfsal gözlemler sırasında parlaklığına ve hava koşullarına bağlı olarak ortalama 1000 - 1300 s arasında poz süresi verilmiştir. Tüm tayfsal gözlemler sırasında her bir yıldız görüntüsünün öncesinde ve sonrasında Cu/Ar lambası mukayese tayfi olarak alınırken; FLAT düzeltmesi için her gece ortalama 10 adet beyaz ışık görüntüsü ve 10 adet BIAS görüntüsü alınmıştır. Elde edilen

gözlem verilerinin indirgeme aşamasında diğer sistemde olduğu gibi IRAF yazılımı (iraf.noaa.edu/) içerisinde yer alan *imcombine*, *imarith*, *apscatter*, *apall*, *identify*, *sarith*, *refspectra*, *dispcor* ve *continuum* taskları kullanılmıştır. İndirgeme işleminin ardından dalga kalibrasyonu ve normalizasyonları yapılmıştır. Bu işlemlerin ardından sistemin dikine hızlarının elde edilmesinde diğer seçilen sistemde olduğu gibi IRAF yazılımı içerisinde yer alan FXCOR taskı içerisinde yer alan çapraz korelasyon metodu (CCF, bkz. Tonry ve Davis, 1979; Popper ve Jeong, 1984) kullanılmıştır.

3.2. Fotometrik Gözlemler

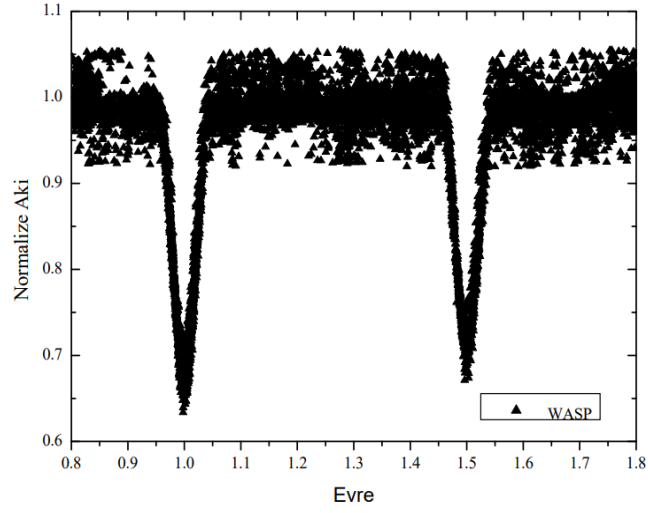
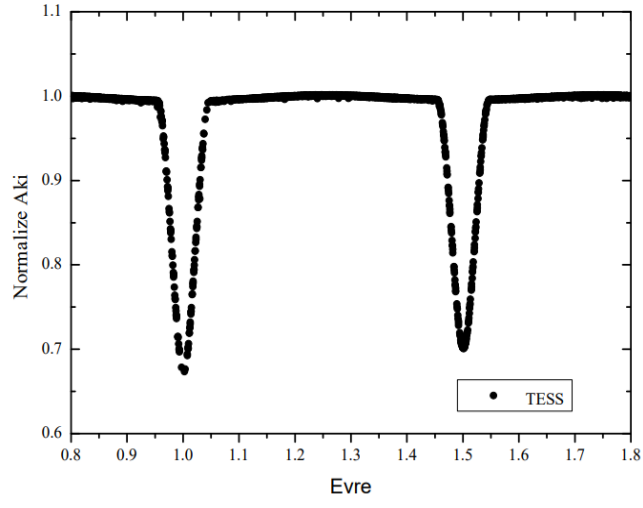
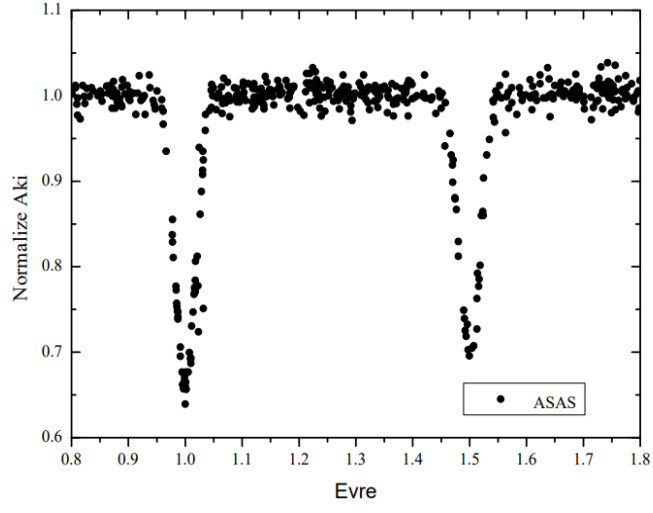
Tez çalışması kapsamında seçilen DG Mic ve V1041 Sco sistemlerinin fotometrik gözlemlerinin modellenmesinde literatürdeki ışık eğrilerinden yararlanılmıştır. Seçilen sistemlerin veri tabanlarındaki (ASAS, ASAS-SN, SuperWASP, APASS, TESS, HIPPARCOS vb.) tüm ışık eğrileri denetlenmiş ve analize uygun olan tüm ışık eğrileri veri arşivlerinden alınarak fotometrik analiz için uygun hale getirilmiştir.

Işık eğrilerinin alındığı veri tabanları: **ASAS-3** (All Sky Automated Survey, <http://www.astrouw.edu.pl/asas/>) sistemi, her biri 200/2.8 Minolta telefoto lensi ve buna bağlı Apogee marka 2Kx2K AP-10 CCD kameraya sahip iki geniş alan teleskobu ile *V* ve *I* filtreleriyle gökyüzünü 8.8x8.8 derece kadar kapsayan; bir adet F=750mm, D=250mm, F/3.3 ve 3 elementli Wyne düzeltici Cassegrain türü dar alan teleskobu ve buna bağlı Apogee marka 2Kx2K AP-10 CCD kamera ile oluşmuştur. **ASAS-SN** (All Sky Automated Survey for Supernovae, <https://asas-sn.osu.edu>) sistemi birçok istasyondan oluşmakla birlikte her bir istasyon, her biri termo-elektrik soğutmalı, 2Kx2K çözünürlükte Finger Lakes markalı Pro-Line CCD kameraya sahip dört adet 14cm açıklı Nikon tele-foto lensinden oluşmaktadır (Kochanek, vd., 2017). **SuperWASP** (Wide Angle Search for Planets, <https://wasp.cerit-sc.cz/form>) sistemi, sekiz adet Canon 200 mm F/1.8 lens dizilerinden oluşan ve bunlara bağlı Andor marka 2048x2048 çözünürlüklü CCD kameraya sahip teleskop birleşiminden oluşmaktadır. **APASS** veri tabanı (AAVSO Photometric All-Sky Survey, <https://www.aavso.org/apass>) 20 cm açıklığa sahip F/3.6 odak oranlı teleskop ve buna bağlı 4Kx4K piksel çözünürlüklü Apogee CG16m CCD kamerasına sahip bir sistemdir.

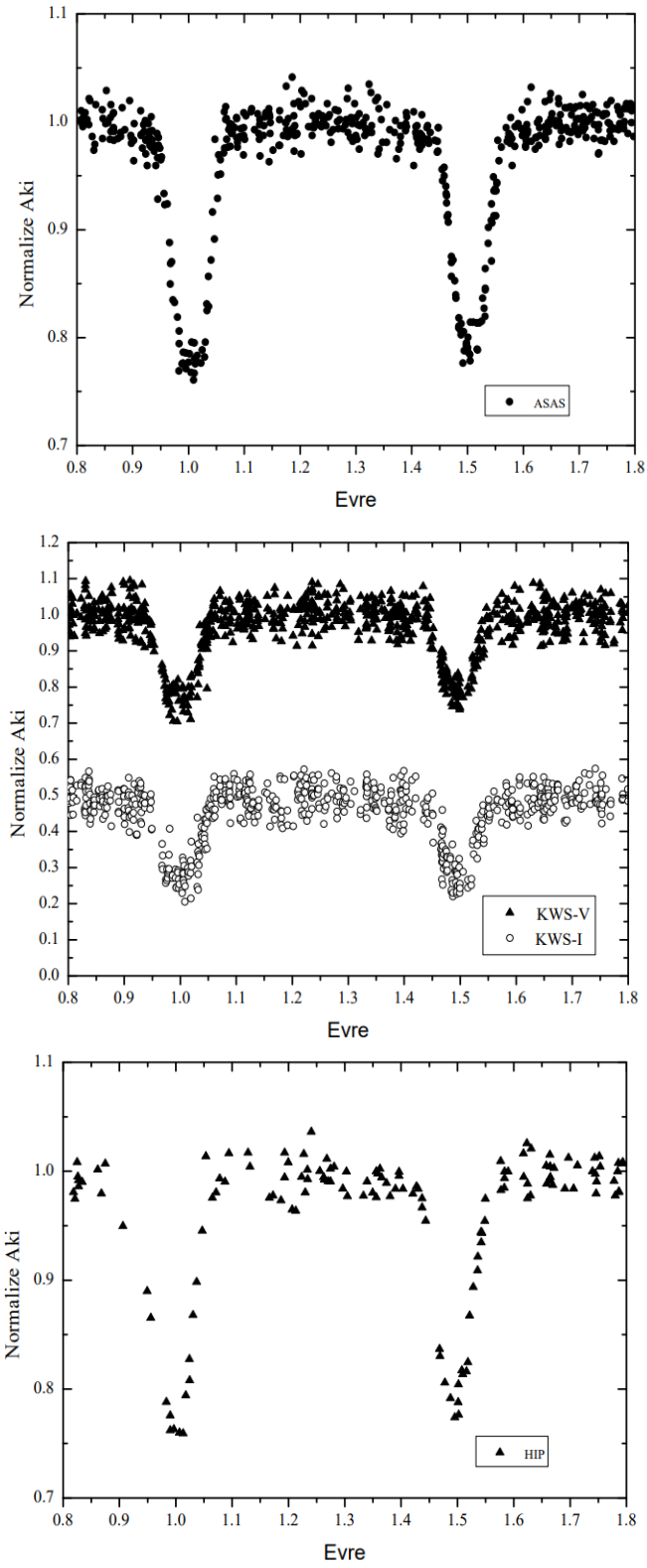
HIPPARCOS (High Precision Parallax Collecting Satellite, <https://sci.esa.int/web/hipparcos>) uzay tabanlı bir teleskoptur. Uzay aracı 29 cm açıklığa, 1.4 m odak uzaklığına sahip tamamen yansıtıcı Schmidt türü teleskobu taşımaktadır. **KWS** (Kamogata-Kiso-Kyoto Wide-field Survey, Abdel-Sabour, vd., 2020) sistemi ise $f.1. = 105$ mm lens ve buna eşlik eden SBIG ST-8xME CCD kamera cihazlarıyla donatılan gözlem aletlerinden oluşmaktadır. Bir diğer veri tabanı olan **TESS** (Transit Exoplanet Survey Satellite, <https://tess.mit.edu>), TESS, NASA tarafından 18 Nisan 2018 yılında SpaceX Falcon 9 roketi ile astrofizik araştırmalarını yapması için fırlatılmış bir uzay teleskobudur. TESS, Güneş'e yakın en parlak olan 200.000 yıldızı inceleyerek ötegezegen keşfi yapmak ve bunları kataloglama görevine sahiptir. TESS, Kepler uzay teleskobunun görebildiği gökyüzünden çok daha fazla alanı kapsayarak, Kepler uzay teleskobunun görevini devam ettireceği de söylenebilir.

TESS üzerinde yer alan cihazlarla birlikte gözlem yapmak için gökyüzünü belirli bölgelere ayırmıştır. Gökyüzünde bakış açısı $24^{\circ} \times 96^{\circ}$ 'lik bir görüş alanına sahip 26 bölgeye ayrılmıştır. Üzerinde 4 adet her biri $24^{\circ} \times 24^{\circ}$ 'lik alanı gören kameralara sahiptir. Her kamera piksel başına 21 ark saniyelik bir piksel ölçeğine sahip 4 adet 2Kx2K CCD kamerayla donatılmıştır. Cihazların üzerinde ki dedektörler 600-1000nm dalgoboyu arasındaki ışınımlara duyarlıdır (maviden yakın-kızılötesi bölgeye kadar). Bu tez çalışmasında kullanılan TESS verileri sektör 1'de yer alan verilerdir.

Seçilen sistemlerin literatürdeki veri tabanlarında yer alan tüm ışık eğrileri denetlenmiştir. Elde edilen tüm veriler evreye karşı normalize akı şeklinde grafiğe çizdirilmiştir. Elde edilen grafik sonucuna göre, verilerin az ve yetersiz olanlarıyla, aşırı derecede dağınık ve birbirleriyle uyumsuz olan verilerin analizlerde kullanılmamasına karar verilmiştir. Fotometrik analizlerde kullanılmak üzere DG Mic sistemi için ASAS, TESS ve WASP veri tabanlarında yer alan ışık eğrilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Fotometrik analiz aşamasında kullanılacak ışık eğrileri Şekil 6'da verilmiştir. V1041 Sco sistemi için ASAS, KWS-*V*, KWS-*I* ve HIP veri tabanlarında yer alan ışık eğrilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Bu veri tabanlarında yer alan ışık eğrilerinin düzenlenmiş halleri Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. DG Mic sisteminin ASAS, TESS ve WASP ışık eğrileri.



Şekil 7. V1041 Sco sisteminin ASAS, KWS-V, KWS-I ve HIP ışık eğrileri.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

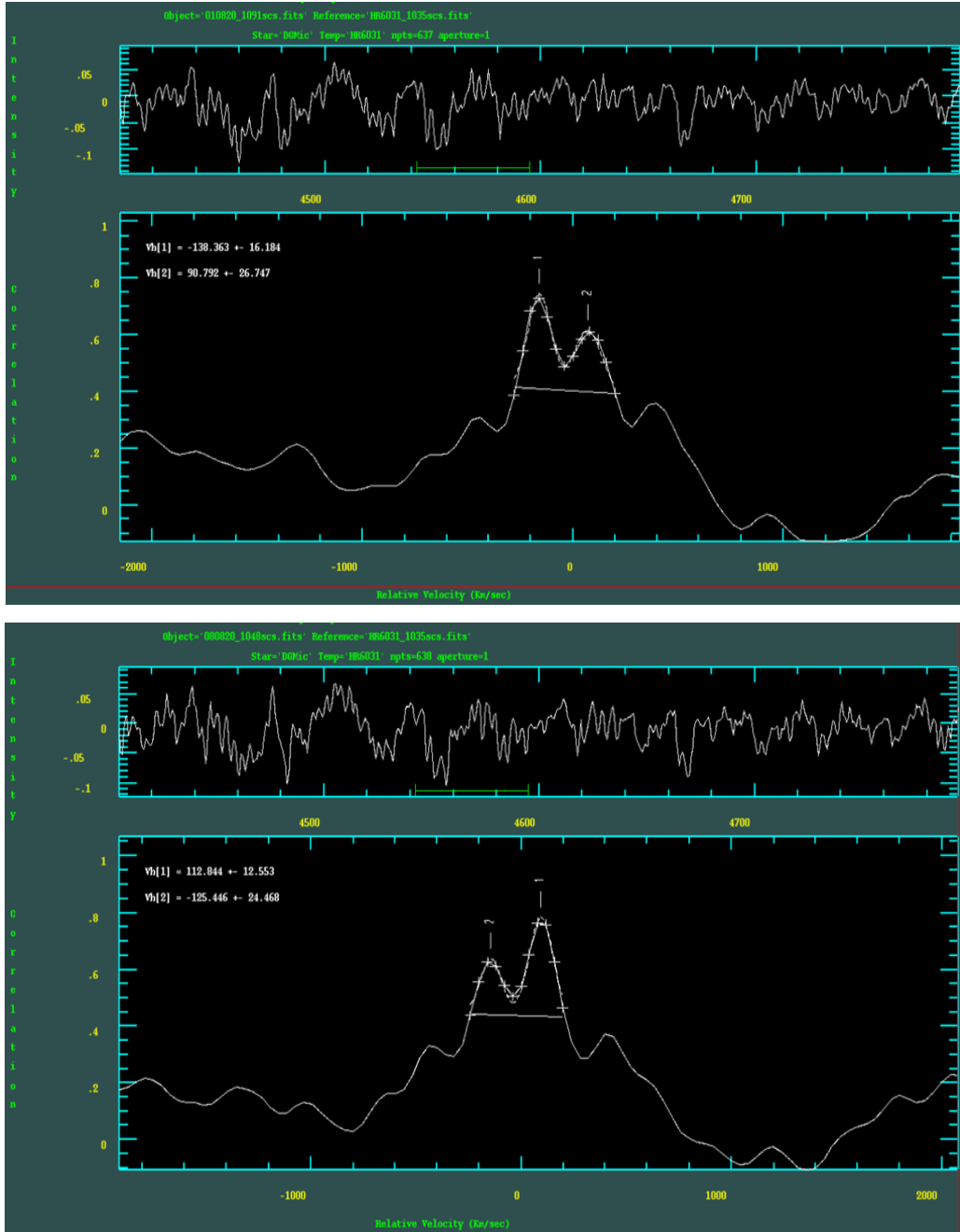
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. DG Mic Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisinin Elde Edilmesi ve Yörünge Çözümü

DG Mic'in bileşenlerinin dikine hız ölçümü, IRAF'ın RV paketi içinde yer alan FXCOR taskı (Tonry & Davis, 1979; Popper & Jeong, 1994) kullanılarak çapraz eşleme (cross-correlation) yöntemi ile yapılmıştır. DG Mic'in Bölüm 3'te belirtildiği gibi tayfsal gözlem verisinin indirgeme aşamasından sonra IRAF'ın içinde yer alan continuum taskı kullanılarak 1'e normalizasyonu yapılmıştır. Daha sonra RV paketi içinde yer alan FXCOR taskı ile bileşenlerin dikine hız ölçümü yapılmıştır. FXCOR taskı, gözlenen yıldızın tayf türüne yakın seçilen mukayese yıldızının tayfinin eşleştirilmesine dayanmaktadır. Böylece en iyi uyumu veren eşleme durumunda gauss fiti yapılarak dikine hızların okunmasını sağlamaktadır. FXCOR'un uygulamasında, Bölüm 3'te belirtildiği gibi tayfsal gözlemlerde standart yıldız olarak gözlem sezonu sırasında gözlenen HD 693 (F8V, $V_r = 14.81$ km/s), HR 3383 (A1V, $V_r = 2.80$ km/s) ve HR 6031 (A1V, $V_r = -5.10$ km/s) standart yıldızlarının tayfları, mukayese tayfi olarak kullanılmıştır. DG Mic'in tayfsal gözlemleri $4000-5200 \text{ \AA}$ aralığında (grating4) kullanılarak yapılmıştır. Bu sebeple özellikle çapraz-korelasyon yöntemi ile bileşenlerin dikine hızlarının okunmasında, gözlenen dalga boyu aralığında bileşenlerin ayırt edilebildiği soğurma çizgileri tercih edilmiştir. Çapraz-korelasyon yönteminin uygulamasına örnek olarak ve her iki bileşenin net olarak görüldüğü iki farklı evrede bileşenlerin ayrı ayrı gauss fiti ile okunan hızlarına ilişkin çıktı Şekil 8'de verilmiştir. DG Mic'in bileşenlerinin çapraz-eşleme yöntemi kullanılarak hesaplanan dikine hız değerleri ve standart hataları, Tablo 1'de verilmektedir.

DG Mic'in bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları kullanılarak yörünge parametrelerinin belirlenmesinde Teodor Pribulla'nın sayfasında açık adres olarak verilen (<http://www.astro.sk/~pribulla/soft.html>) ve dos ortamında çalışan ELEMDR77 (Win/Dos versiyonu) yazılımı kullanılmıştır. DG Mic'in tayfsal yörünge parametrelerinin belirlenmesi sırasında ASAS veri tabanında yer alan yörünge dönemi 2.69592 gün olarak sabit alınmıştır (Pojmanski, 2002). Sistemin yörüngesinin çember

olduğu kabul edilerek basıklık ($e=0$) ve enberinin boylamı ($w=90^\circ$) parametreleri de sabit alınmıştır. Bileşenlerin hızlarının yarı genliği K_1 ve K_2 , tutulma başlangıç zamanı T_0 ve ortak kütle merkezinin hızı $V\gamma$ parametreleri analizler sırasında ise serbest bırakılmıştır. Elde edilen yörünge parametreleri Tablo 2’de ve elde edilen dikine hız eğrileri ile yapılan en iyi teorik fit eğrileri ve hata çubukları, Şekil 9’da gösterilmiştir.

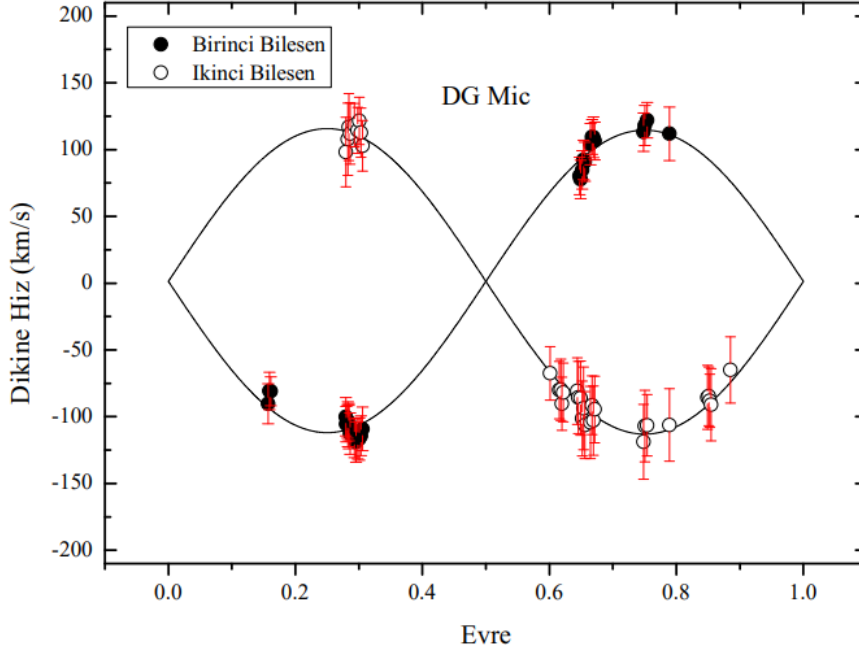


Şekil 8. DG Mic’in bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemine göre iki farklı evrede bileşenlerinin hızları ve onlara uygulanan gauss fiti.

Tablo 1

DG Mic çift yıldızının çapraz-korelasyon yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve hataları.

<i>Gözlem Zamanı (HJD)</i>	<i>Evre Φ</i>	<i>RV_1 ($km\ s^{-1}$)</i>	<i>σ_1</i>	<i>RV_2 ($km\ s^{-1}$)</i>	<i>σ_2</i>
2459063.3222	0.150	-90.3	8.5	-	-
2459063.3280	0.152	-80.8	8.1	-	-
2459063.3329	0.154	-81.0	10.7	-	-
2459063.5973	0.252	-123.3	22.6	99.1	28.4
2459063.6030	0.254	-126.2	21.1	86.3	29.3
2459063.6089	0.256	-	-	92.0	26.0
2459063.6146	0.258	-	-	91.3	35.1
2459155.3140	0.272	-100.1	14.3	98.2	29.8
2459128.3552	0.272	-105.5	13.3	-	-
2459128.3611	0.274	-103.6	12.6	-	-
2459155.3217	0.275	-105.6	16.8	107.7	30.1
2459128.3669	0.277	-104.1	13.9	-	-
2459155.3264	0.277	-107.8	16.3	116.9	43.2
2459155.3311	0.278	-112.6	15.5	112.0	39.1
2459128.3909	0.286	-116.2	14.6	118.3	16.3
2459128.3974	0.288	-119.0	15.1	-	-
2459128.4046	0.291	-116.3	15.3	114.3	17.2
2459128.4116	0.293	-116.7	15.8	121.5	17.6
2459128.4186	0.296	-114.3	14.8	112.6	18.4
2459128.4255	0.298	-109.1	16.3	102.9	18.9
2459064.5195	0.594	36.3	15.1	-67.6	22.1
2459064.5264	0.596	47.3	13.1	-	-
2459064.5325	0.598	-	-	-	-
2459064.5590	0.608	63.3	15.5	-80.1	21.6
2459064.5649	0.610	48.7	15.6	-79.8	43.0
2459064.5702	0.612	41.2	19.4	-90.3	51.8
2459064.5750	0.614	46.1	17.7	-81.9	31.3
2459156.2959	0.636	69.0	18.1	-80.8	29.9
2459156.3008	0.638	67.8	18.8	-85.7	29.9
2459156.3056	0.640	80.3	20.2	-	-
2459129.3516	0.642	77.7	14.4	-86.1	27.7
2459129.3575	0.644	84.7	14.3	-101.4	34.8
2459129.3633	0.646	92.3	14.7	-93.7	31.0
2459129.3690	0.648	90.9	14.7	-106.3	40.5
2459129.3935	0.657	104.1	15.5	-104.3	35.0
2459129.3995	0.660	109.5	13.0	-91.5	35.8
2459129.4053	0.662	109.2	15.3	-103.0	31.1
2459129.4112	0.664	106.4	14.1	-94.6	30.3
2459070.3077	0.741	113.1	14.3	-118.9	28.1
2459070.3144	0.743	118.1	14.9	-107.0	26.9
2459070.3233	0.746	122.0	13.3	-106.5	32.7
2459062.3311	0.782	111.9	25.8	-106.2	27.1
2459062.3841	0.802	115.8	22.4	-82.9	34.0
2459062.3894	0.804	116.4	22.5	-85.2	31.4
2459062.3946	0.805	117.5	26.6	-80.2	48.3
2459062.4924	0.842	-	-	-85.6	43.2
2459062.4973	0.844	-	-	-84.7	40.5
2459062.5023	0.845	-	-	-88.1	38.0
2459062.5069	0.847	-	-	-91.0	35.8
2459062.5891	0.878	-	-	-65.0	24.7
2459062.5938	0.879	41.9	21.5	-	-
2459062.5986	0.881	46.8	14.7	-	-



Şekil 9. DG Mic'in çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları ve üzerine yapılan en iyi teorik fiti.

Tablo 2

DG Mic çift yıldızının tayfsal yörünge parametreleri.

Parametreler	Sonuçlar
$P_{\text{orb}}(\text{gün})$	2.695920(sabit)
T_0 (HJD)	52104.7293 (± 0.008)
K_1 (km s^{-1})	113.25 (± 1.56)
K_2 (km s^{-1})	114.38 (± 1.62)
e	0.00
V_γ	1.33 (± 1.02)
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0281 (± 0.0004)
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0283 (± 0.0004)
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	1.65 (± 0.05)
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	1.64 (± 0.05)
q	0.990 (± 0.044)

4.2. V1041 Sco Çift Yıldızının Dikine Hız Eğrisinin Elde Edilmesi ve Yörünge Çözümü

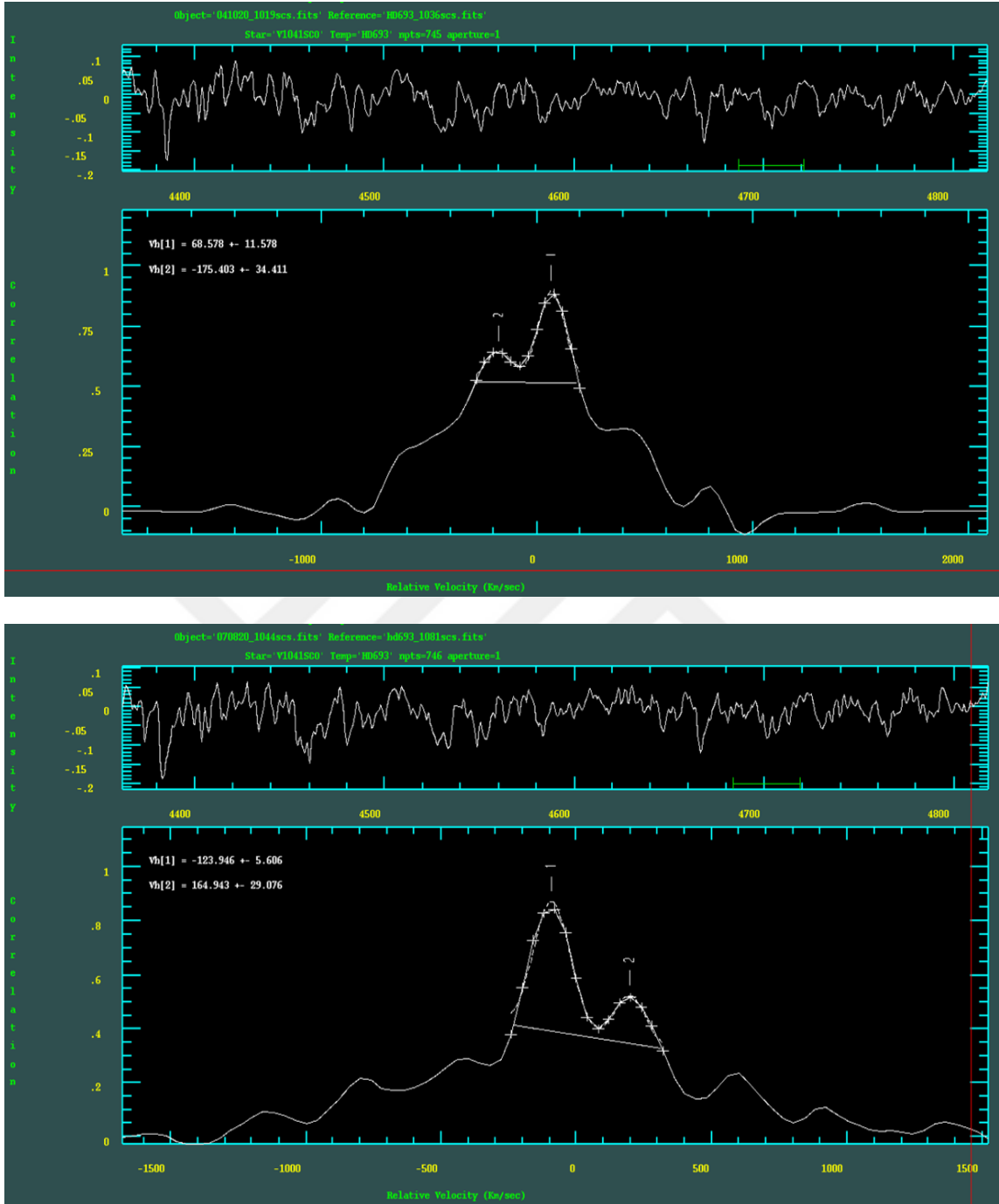
V1041 Sco'nun bileşenlerinin dikine hız ölçümü, IRAF'ın RV paketi içinde yer alan FXCOR taskı (Tonry & Davis, 1979; Popper & Jeong, 1994) kullanılarak çapraz eşleme (cross-correlation) yöntemi ile yapılmıştır. V1041 Sco Bölüm 3'te belirtildiği gibi tayfsal gözlem verisinin indirgeme aşamasından sonra IRAF'ın içinde yer alan continuum taskı kullanılarak 1'e normalizasyonu yapılmıştır. Daha sonra RV paketi içinde yer alan FXCOR taskı ile bileşenlerin dikine hız ölçümü yapılmıştır. FXCOR taskı, gözlenen yıldızın tayf çizgileri ile seçilen mukayese yıldızının tayfinin eşleştirilmesine dayanmaktadır. Böylece en iyi uyumu veren eşleme durumunda gauss fiti yapılarak dikine hızların okunmasını sağlamaktadır. V1041 Sco'nun bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemi ile dikine hız ölçümü için gözlem sezonu şartlarına bağlı olarak gözlenen HD 693 (F8V, $V_r = 14.81$ km/s), HR 3383 (A1V, $V_r = 2.80$ km/s) ve HR 6031 (A1V, $V_r = -5.10$ km/s) standart yıldızlarının tayfları, mukayese tayfı olarak kullanılmıştır.

V1041 Sco'nun tayfsal gözlemleri 4000-5200 Å dalga boyu aralığında (grating4) kullanılarak yapılmıştır. Bu sebeple özellikle çapraz-korelasyon yöntemi ile bileşenlerin dikine hızlarının okunmasında, gözlenen dalga boyu aralığında bileşenlerin ayırt edilebildiği soğurma çizgileri tercih edilmiştir. Çapraz-korelasyon yönteminin uygulamasına örnek olarak ve her iki bileşenin net olarak görüldüğü iki farklı evrede bileşenlerin ayrı ayrı gauss fiti ile okunan hızlarına ilişkin çıktı Şekil 10'da verilmiştir. V1041 Sco'nun bileşenlerinin çapraz-eşleme yöntemi kullanılarak hesaplanan dikine hız değerleri ve standart hataları, Tablo 3'te verilmektedir.

V1041 Sco'nun bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları kullanılarak yörünge parametrelerinin belirlenmesinde Teodor Pribulla'nın sayfasında açık adres olarak verilen (<http://www.astro.sk/~pribulla/soft.html>) ve dos ortamında çalışan ELEMDR77 (Win/Dos versiyonu) yazılımı kullanılmıştır. V1041 Sco'nun tayfsal yörünge parametrelerinin belirlenmesi sırasında ASAS veri tabanında yer alan yörünge dönemi 2.186920 gün olarak sabit alınmıştır (Pojmanski, 2002). Sistemin

yörüngesinin çember olduğu kabul edilerek basıklık ($e=0$) ve enberinin boylamı ($w=90^\circ$) parametreleri de sabit alınmıştır. Bileşenlerin hızlarının yarı genliği K_1 ve K_2 , tutulma başlangıç zamanı T_0 ve ortak kütle merkezinin hızı $V\gamma$ parametreleri analizler sırasında ise serbest bırakılmıştır. Elde edilen yörünge parametreleri Tablo 4'te ve elde edilen dikine hız eğrileri ile yapılan en iyi teorik fit eğrileri ve hata çubukları, Şekil 11'de gösterilmiştir.



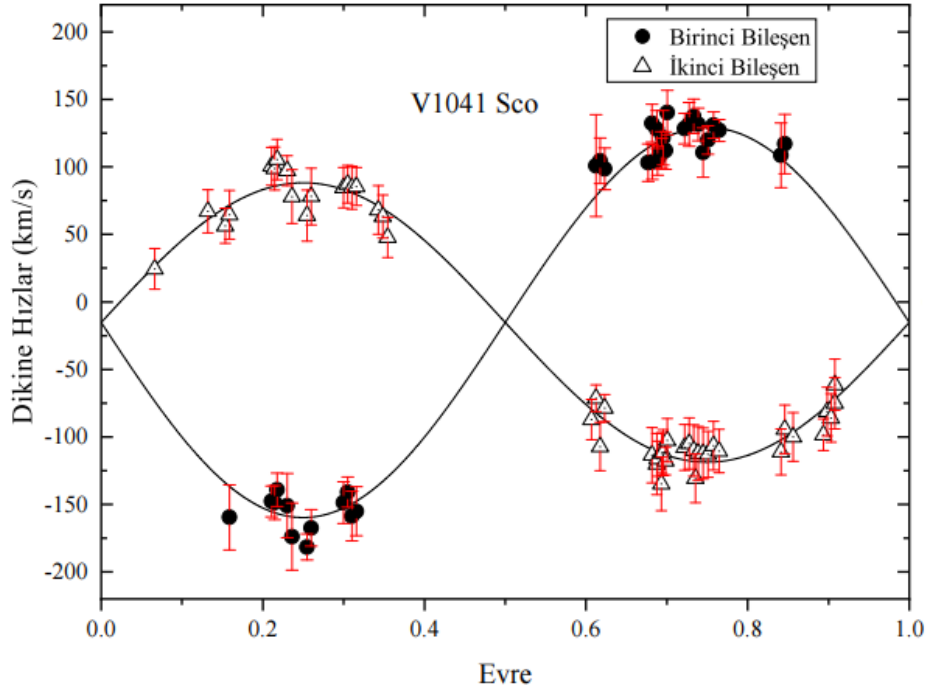


Şekil 10. V1041 Sco'nun bileşenlerinin çapraz-korelasyon yöntemine göre iki farklı evrede bileşenlerinin hızları ve onlara uygulanan gauss fiti.

Tablo 3

V1041 Sco çift yıldızının çapraz-korelasyon yönteminden elde edilen dikine hız değerleri ve hataları.

<i>Gözlem Zamanı (HJD)</i>	<i>Evre Φ</i>	<i>RV_1 ($km\ s^{-1}$)</i>	<i>σ_1</i>	<i>RV_2 ($km\ s^{-1}$)</i>	<i>σ_2</i>
2459037.2276	0.066	-	-	24.4	5.1
2459037.3711	0.132	-	-	67.0	6.1
2459035.2312	0.153	-	-	56.3	5.7
2459035.2430	0.159	-159.6	19.7	64.4	8.3
2459035.3571	0.211	-147.8	11.5	100.4	4.4
2459035.3648	0.215	-148.8	12.6	98.7	6.6
2459035.3717	0.218	-139.1	12.3	105.5	5.2
2459127.2502	0.230	-151.0	23.8	97.2	11.1
2459127.2631	0.236	-173.8	24.9	78.0	8.5
2459033.2658	0.255	-181.6	9.6	63.9	5.7
2459033.2774	0.260	-167.5	13.5	78.1	4.9
2459033.3645	0.300	-148.7	15.5	84.6	5.7
2459033.3761	0.305	-140.8	11.1	87.2	3.8
2459033.3877	0.310	-158.6	18.4	84.5	5.4
2459033.3994	0.316	-155.0	18.2	85.4	4.1
2459033.4590	0.343	-	-	68.1	7.9
2459033.4707	0.348	-	-	63.2	6.8
2459033.4844	0.355	-	-	47.8	5.6
2459038.4096	0.607	-	-	-87.2	5.4
2459038.4213	0.612	100.9	37.7	-71.4	6.3
2459038.4330	0.617	104.5	16.8	-107.1	7.1
2459038.4449	0.623	98.4	15.5	-78.6	6.9
2459060.4317	0.677	103.1	13.8	-	-
2459128.2371	0.682	132.3	14.0	-113.5	20.5
2459060.4434	0.682	103.6	12.8	-	-
2459128.2499	0.688	127.7	14.0	-120.2	22.7
2459036.4010	0.688	104.6	10.7	-116.2	10.9
2459128.2626	0.693	112.4	13.7	-134.8	19.9
2459036.4122	0.693	109.9	11.3	-111.9	11.4
2459034.2293	0.695	121.5	20.1	-111.5	7.3
2459036.4226	0.698	112.0	13.9	-117.7	10.3
2459034.2405	0.700	140.2	16.6	-102.5	6.9
2459069.2784	0.722	128.4	11.4	-107.8	7.4
2459069.2908	0.728	131.4	16.3	-104.8	9.3
2459069.3031	0.733	137.5	12.7	-110.1	12.5
2459036.5037	0.735	-	-	-130.6	8.7
2459069.3148	0.739	-	-	-	-
2459069.3148	0.739	131.4	12.2	-112.2	10.2
2459036.5150	0.740	-	-	-	-
2459034.3375	0.745	110.6	18.4	-112.3	9.7
2459034.3504	0.751	119.8	10.6	-113.0	7.1
2459034.3656	0.758	130.9	9.8	-106.5	8.6
2459034.3807	0.765	127.0	8.1	-110.5	6.5
2459032.3611	0.841	108.6	14.7	-111.2	7.9
2459032.3718	0.846	116.9	12.8	-94.3	8.9
2459032.3941	0.856	-	-	-99.9	6.2
2459065.2797	0.894	-	-	-98.4	11.7
2459065.2908	0.899	-	-	-81.2	7.6
2459065.3012	0.903	-	-	-86.0	7.4
2459032.5078	0.908	-	-	-61.3	7.8
2459065.3116	0.908	-	-	-75.0	9.1



Şekil 11. V1041 Sco'nun çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları ve üzerine yapılan en iyi teorik fiti.

Tablo 4

V1041 Sco çift yıldızının tayfsal yörünge parametreleri.

Parametreler	Sonuçlar
$P_{orb}(\text{gün})$	2.186920(sabit)
T_0 (HJD)	57930.5011 (± 0.009)
K_1 (km s^{-1})	144.46 (± 2.13)
K_2 (km s^{-1})	103.45 (± 1.95)
e	0.00
V_γ	-15.24 (± 1.32)
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0290 (± 0.0004)
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0208 (± 0.0004)
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	1.441 (± 0.056)
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	2.012 (± 0.072)
q	1.39 (± 0.08)

4.3. DG Mic Çift Yıldızının Fotometrik Veri Analizi

DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP veri tabanlarında (bkz. Bölüm 3) yer alan ışık eğrileri Monte Carlo algoritması altında Wilson Devinney yönetimi (Zola, vd., 2004, 2010) kullanılarak analiz edilmiştir. Analizin ilk aşamasında, DG Mic'in birinci bileşeninin etkin sıcaklığı (T_1) farklı yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılmıştır. İlk olarak, DG Mic için SIMBAD veri tabanında yer alan A2mA7/8-A8/9 tayf türüne göre Drilling & Landolt (2000)'un anakol yıldızlarının tayfsal türe göre kalibrasyonlarında belirttiği değerleri baz alarak A7/8 tayf türü için yaklaşık 7828 (± 200) °K olarak tahmin edilmiş ve çözümler sırasında sabit bırakılmıştır. İkinci bir yol olarak DG Mic sistemi için yine SIMBAD veri tabanından yer alan B ve V parlaklık değerleri ve 2MASS veri tabanından alınan JHKs parlaklık değerlerine göre, Bilir vd. (2008)'nin ayrık çift sistemler için olan mutlak parlaklık kalibrasyonundan $(B-V)_0$ renk ölçeği değeri hesaplanarak, Drilling & Landolt (2000)'un anakol yıldızlarının tayf türü, renk ölçeği ve etkin sıcaklıkları kalibrasyonlarından yararlanarak birinci bileşeninin etkin sıcaklığı 7580 (± 200) °K olarak belirlenmiş ve çözümlerde sabit tutulmuştur. Üçüncü bir yöntem olarak DG Mic sisteminin dikine hız değerlerinden baş bileşeninin hesaplanan tahmini kütle ($m_1 = 1.6 M_\odot$) değerinden yola çıkarak Drilling & Landolt (2000)'un anakol yıldızları için belirlemiş olduğu fiziksel parametre, tayf türü, renk ölçeği ve etkin sıcaklık kalibrasyonlarından, birinci bileşeninin sıcaklığı 7450 (± 200) °K olarak tahmin edilmiş ve çözümlerde sabit alınmıştır. DG Mic'in çözümlerinin daha duyarlı olabilmesi için üç farklı yolla tahmin edilen sıcaklık değerlerine göre çözüm yapılmıştır.

DG Mic'in fotometrik veri analiz aşamasında kullanılan, Monte Carlo algoritması altında W-D yöntemi (Zola, vd., 2004, 2010), gözlemsel ışık eğrisine/ışık eğrilerine en iyi teorik eğri fiti yapana kadar çözüm uzayında yüz binlerce iterasyon yaparak çözüm üreten bir programdır. Sistemin baş bileşen sıcaklık tahmini yapıldıktan sonra, Monte Carlo programının uygulaması için girdi aralığı belirlenerek çözüm arayışına gidilmiştir. DG Mic için; yörünge eğikliği ($70^\circ < i < 90^\circ$), ikinci bileşeninin etkin sıcaklığı ($T_2 = 7000-7580$), bileşenlerin boyutsuz normalize yüzey potansiyelleri ($\Omega_1 = 6.0-10.0$ ve $\Omega_2 = 5.0-7.7$), evre kayması ($-0.01 < \Phi < 0.01$), birinci bileşeninin kesirsel tek renk ışıması (L_1) ve üçüncü ışık

katkısı (l_3), değer aralıklarında serbest bırakılarak çözümlerine gidilmiştir. Çözümler sırasında tayfsal kütle oranı ($q=M_2/M_1$) dikine hız çözümünde belirlenen $0.990 (\pm 0.044)$ değeri sabit alınarak analiz yapılmıştır.

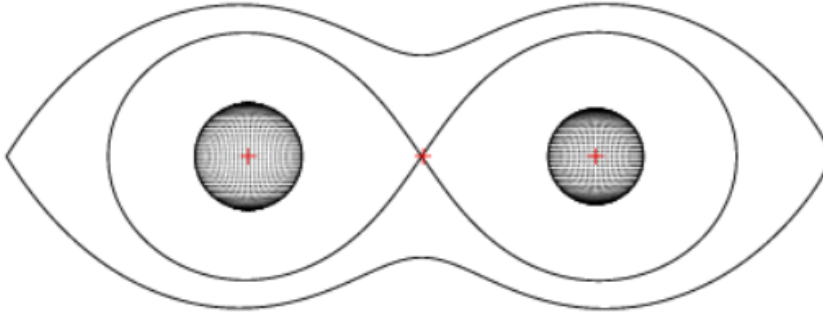
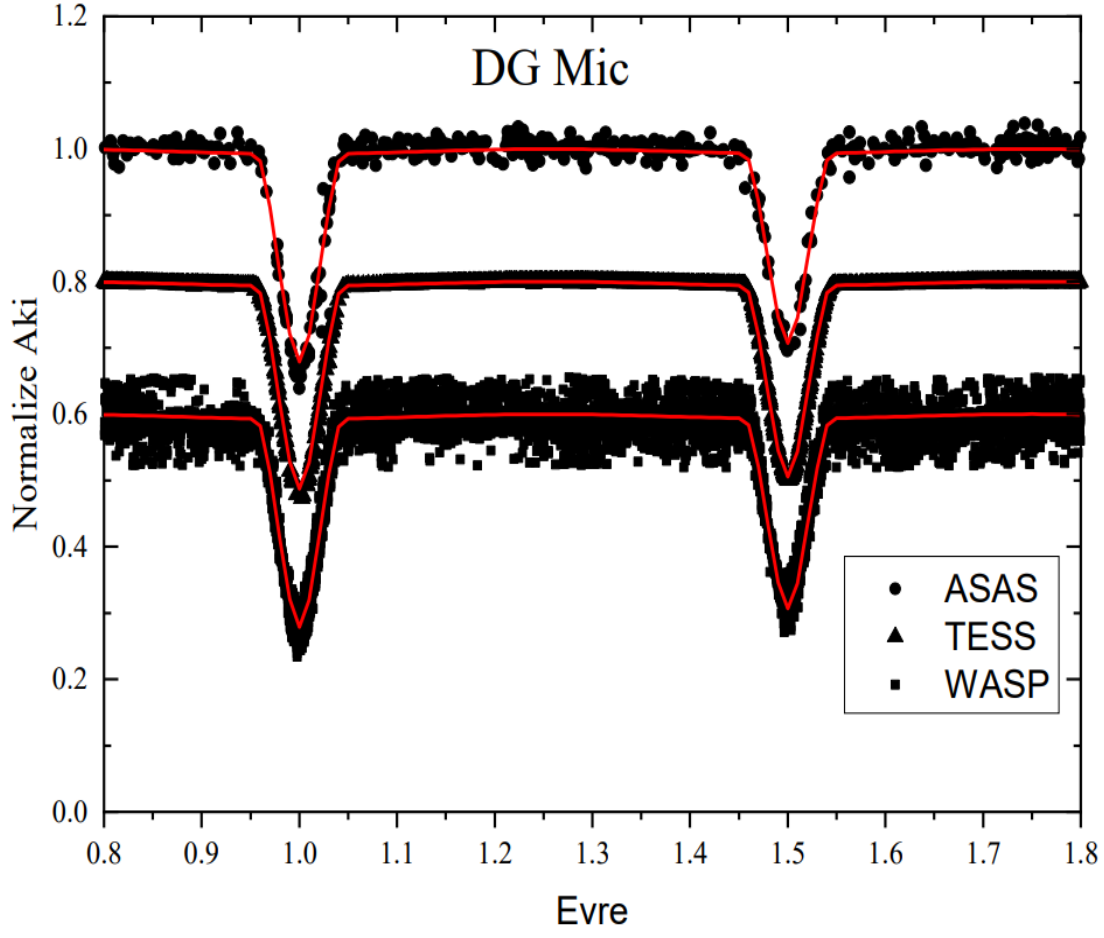
Çözüm sırasında yukarıda serbest bırakılan parametrelerden hariç sabit alınan parametreler: birinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_1), kenar kararma katsayıları gözlemlerde kullanılan filtrenin dalga boyuna ve yıldızın etkin sıcaklığına bağlı olarak Claret ve Bloemen (2011)'nin ve Claret vd. (2013)'nin hazırladığı bilgilere göre alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik çekim kararma katsayısı ($T > 7200$ °K) sıcaklığında von Zeipel (1924)'in verdiği 1.0, ($T < 7200$ °K) sıcaklığında ise Lucy (1967)'nin verdiği 0.32 değeri kullanılmıştır. Bileşenlerin albedo katsayıları için Rucinski (1969)'nin sunduğu radyatif atmosferler için 1.0 değeri, konvektif atmosferler için 0.5 değeri girilmiştir. Sistemlerin yörüngeleri çembersel olduğu kabul edilerek ($e=0$) çözüm arayışına gidilmiştir.

DG Mic'in baş bileşenin tahmin edilen farklı sıcaklıklar değerlerine göre yapılan çözümlerinden GAIA uzaklık ve evrim durumuna göre en iyi çözümü veren sıcaklık değerine göre elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmektedir. DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP ışık eğrileri ve en iyi temsil eden teorik fitleri ve sistemin Roche geometrisi sırasıyla Şekil 12'de gösterilmektedir.

Tablo 5

DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP ışık eğrilerinin MC+WD yöntemi ile çözüm sonuçları.

Parametre	DG Mic
i (°)	84.44(\pm 0.02)
Evre Kayması (ϕ)	0.0001(\pm 0.0002)
T_1 (K)	7580
T_2 (K)	7389(\pm 108)
Ω_1	8.314(\pm 0.044)
Ω_2	7.476(\pm 0.037)
L_1/L_{tot} (ASAS-3)	0.465(\pm 0.005)
L_1/L_{tot} (TESS)	0.464(\pm 0.005)
L_1/L_{tot} (WASP)	0.458(\pm 0.005)
r_1 (ortalama)	0.137(\pm 0.004)
r_2 (ortalama)	0.153(\pm 0.004)



Şekil 12. (üst) DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP ışık eğrileri ve en iyi temsil eden teorik ışık eğrileri, (alt) Sistemin Roche geometrisi.

4.4. V1041 Sco Çift Yıldızının Fotometrik Veri Analizi

V1041 Sco sisteminin ASAS, KWS-*V*, KWS-*I* ve HIPPARCOS veri tabanlarından alınan ışık eğrileri Monte Carlo algoritması altında çalışan Wilson Devinney yönetimi (Zola ve ark. 2004, 2010) kullanılarak analiz yapılmıştır. Diğer sistem gibi ilk olarak V1041 Sco yıldızının baş bileşenin etkin sıcaklık (T_1) tahmini için SIMBAD veri tabanında yer alan F6V tayf türü dikkate alınarak Drilling & Landolt (2000)'un anakol yıldızlarının tayfsal türe göre hesapladıkları kalibrasyon değerlerinden birinci bileşenin sıcaklığı $6517 (\pm 200)$ °K olarak tespit edilmiştir. İkinci yol olarak HIPPARCOS veri tabanında yer alan $B-V$ parlaklık değerlerini kullanarak Bilir vd. (2008)'nin ayrık çift sistemler için mutlak parlaklık kalibrasyonunu kullanarak $(B-V)_0$ renk ölçeğini hesaplanmış, Drilling & Landolt (2000)'un hesapladığı kalibrasyonlardan birinci bileşenin sıcaklığı $6150 (\pm 200)$ °K olarak belirlenmiştir. Son bir işlem olarak V1041 Sco sisteminin dikine hız çözümlerinden tahmin edilen kütle değerini ($m_1 = 1.48 M_\odot$) ele alarak Drilling & Landolt (2000)'un hesapladığı kalibrasyonlardan birinci bileşenin sıcaklığı $6780(\pm 200)$ °K olarak tahmin edilmiştir. Böylece üç farklı sıcaklık tahmini dikkate alınarak çözüme gidilmiştir.

V1041 Sco sisteminin çözümler sırasında tayfsal kütle oranı dikine hız çözümünde elde edildiği için kütle oranı $1.39 (\pm 0.08)$ olarak sabit tutulmuştur. Sistemin çözümlerde serbest bırakılan parametreleri şunlardır: sistemin yörüngesinin gökyüzü düzlemine olan eğikliği (i), evre kaymasını (Φ), bileşenlerin normalize yüzey potansiyelleri (Ω_1, Ω_2), ikinci bileşene ait yüzey sıcaklığı (T_2), birinci bileşene ait kesirsel ışıması (l_1) ve üçüncü cismin ışık katkısı (l_3) serbest bırakılmıştır.

Çözüm sırasında sabit alınan parametreler ise şunlardır: birinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_1), kenar kararma katsayıları gözlemlerde kullanılan filtrenin dalga boyuna ve yıldızın etkin sıcaklığına bağlı olarak Claret ve Bloemen (2011) ve Claret vd. (2013)'ten alınmıştır. Bileşenlerin bolometrik çekim kararma katsayısı ($T > 7200$ °K) sıcaklığında von Zeipel (1924)'in verdiği 1.0, ($T < 7200$ °K) sıcaklığında ise Lucy (1967)'nin verdiği 0.32 değeri kullanılmıştır. Bileşenlerin albedo katsayıları için Rucinski (1969)'nin sunduğu

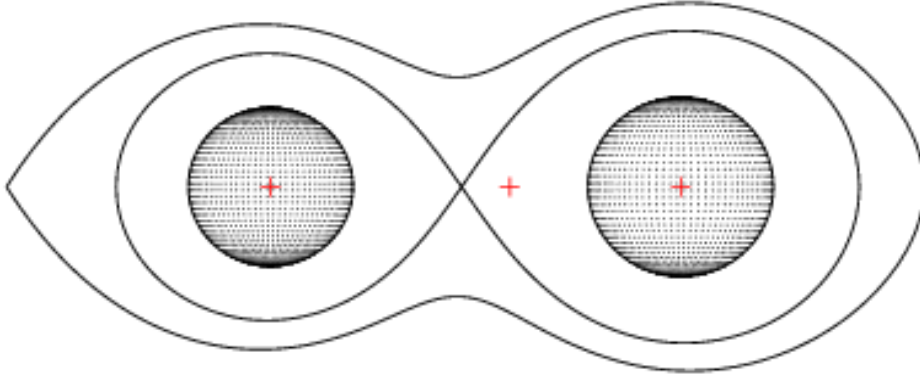
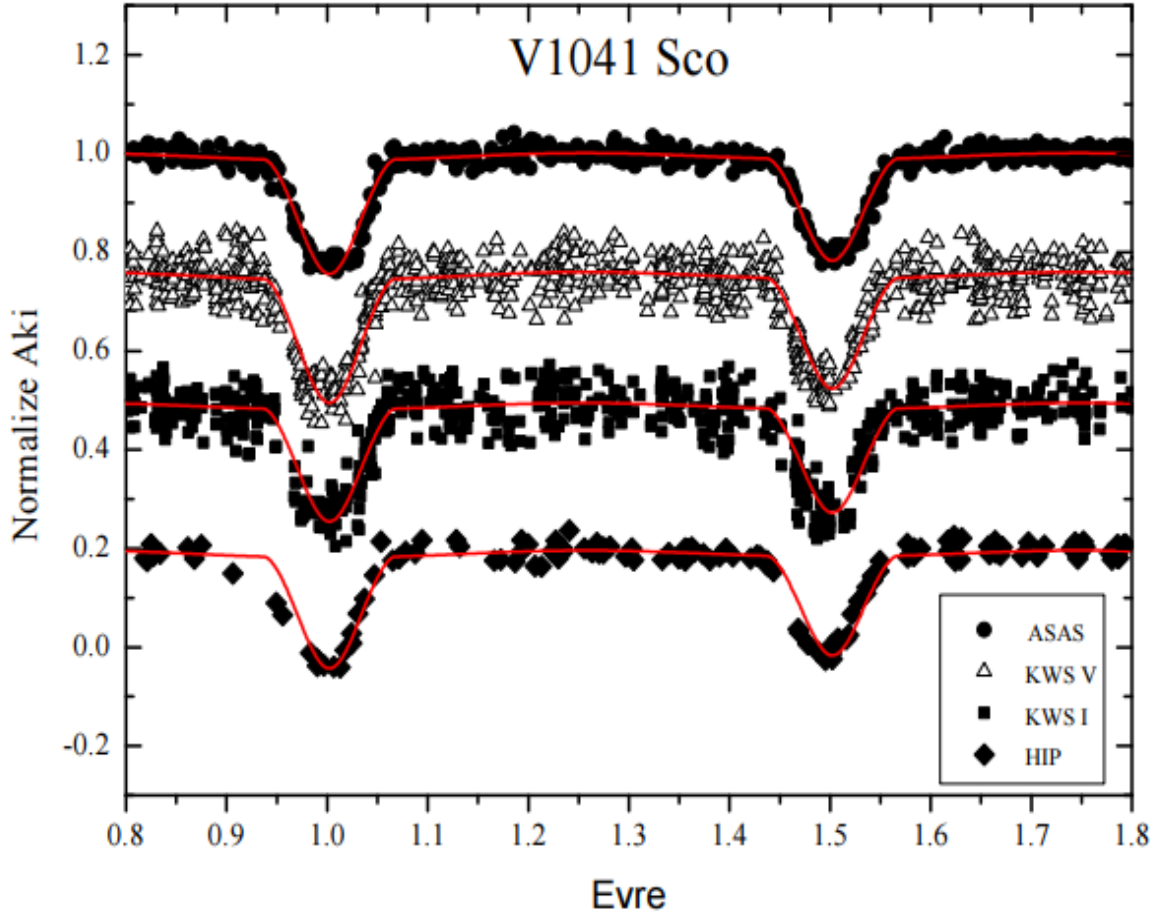
Radyatif atmosferler için 1.0 değeri, konvektif atmosferler için 0.5 değeri girilmiştir. Sistemlerin yörüngeleri çembersel olduğu kabul edilerek ($e=0$) çözüm arayışına gidilmiştir.

V1041 Sco sisteminin farklı sıcaklıklar için yapılan çözümlerinden GAIA uzaklık ve evrim durumuna göre en iyi çözümü veren sonuçlar Tablo 6’da verilmektedir. V1041 Sco’nun fotometrik veri analizlerinde kullanılan ışık eğrileri ve bunlara uygulanan en iyi teorik fitler ve sistemin Roche modeli Şekil 13’te gösterilmektedir.

Tablo 6

V1041 Sco’nun ASAS, KWS-*V*, KWS-*I* ve HIP ışık eğrilerinin MC+WD yöntemi ile çözüm sonuçları.

Parametre	V1041 Sco
i (°)	81.16(\pm 0.15)
Evre Kayması (ϕ)	0.0022(\pm 0.0002)
T_1 (K)	6517
T_2 (K)	6332(\pm 111)
Ω_1	6.489(\pm 0.042)
Ω_2	7.103(\pm 0.063)
L_1/L_{tot} (ASAS-3)	0.367(\pm 0.007)
L_1/L_{tot} (KWS-V)	0.398(\pm 0.008)
L_1/L_{tot} (KWS-I)	0.367(\pm 0.007)
L_1/L_{tot} (HIP)	0.359(\pm 0.008)
l_3 (ASAS-3)	0.213(\pm 0.009)
l_3 (KWS-V)	0.157(\pm 0.013)
l_3 (KWS-I)	0.192(\pm 0.012)
l_3 (HIP)	0.227(\pm 0.012)
r_1 (ortalama)	0.198(\pm 0.002)
r_2 (ortalama)	0.223(\pm 0.009)



Şekil 13. (üst) V1041 Sco'nun ASAS, KWS-V, KWS-I ve HIP ışık eğrileri ve en iyi temsil eden teorik fitleri, (alt) Sistemin Roche geometrisi.

4.5. DG Mic Çift Yıldızının Dönem Analizi

DG Mic çift yıldızının literatürde bulunan minimum zamanları ve sistemin fotometrik analizinde kullanılan (bkz. Bölüm 4.3) ASAS, TESS ve WASP ışık eğrilerine, Zasche vd. (2014)'nin yöntemi uygulanarak elde edilen minimum zamanları kullanılarak *O-C* analizi yapılmıştır. Elde edilen tüm minimum zamanları Tablo 7'de listelenmiştir. Zasche vd. (2014)'nin yöntemi ile okunan minimum zamanlarda kullanılan ışık elemanı Pojmanski (2002)'den alınmıştır:

$$T_0(\text{HJD}) = 2452104.716 + 2.69592 \times E \quad (4.1)$$

Tablo 7

DG Mic çift yıldızının minimum zamanları.

Minimum Zaman (HJD-2400000)	Hatası	Minimum türü	Referans
52104.71600	---	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
52142.46075	0.00025	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
52143.80863	0.00025	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
52988.98242	0.00034	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
52990.33003	0.00045	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
53676.43762	0.00036	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
53677.78560	0.00071	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
53870.54921	0.00159	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
53884.01749	0.00038	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
53920.41642	0.00073	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
53924.46660	0.00046	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
53947.36679	0.00030	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
54301.89241	0.00026	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
54303.24035	0.00026	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
54625.40224	0.00013	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54660.44750	0.00033	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54683.36285	0.00023	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
54698.19092	0.00015	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
54706.27811	0.00020	CCD/Pe (Min I)	(WASP)

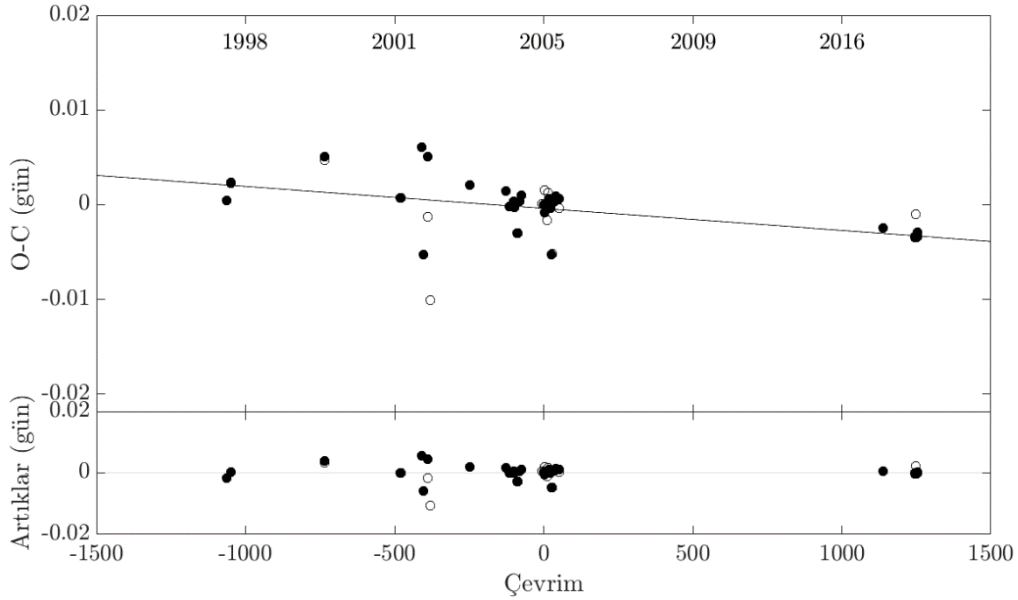
Tablo 7'nin devamı

Minimum Zaman (HJD-2400000)	Hatası	Minimum türü	Referans
54733.23453	0.00038	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54734.58252	0.00056	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
54749.41344	0.00090	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54768.28554	0.00043	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54955.65102	0.00034	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
54970.47851	0.00087	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
54974.52397	0.00188	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
54978.56544	0.00017	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55001.47999	0.00028	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
55009.57060	0.00030	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
55013.61388	0.00029	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55032.48435	0.00548	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55043.26309	0.00038	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
55044.61114	0.00062	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
55059.44414	0.00021	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55067.53198	0.00042	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55074.27178	0.00015	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55078.31621	0.00017	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55090.44761	0.00038	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
55112.01396	0.00010	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
55113.36294	0.00030	CCD/Pe (Min I)	(WASP)
55124.14347	0.00027	CCD/Pe (Min II)	(WASP)
58038.43300	---	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
58326.89550	0.00001	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58328.24347	0.00001	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58329.59141	0.00001	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58330.93940	0.00001	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58332.28736	0.00002	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58333.63532	0.00001	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58334.98338	0.00006	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58336.33360	0.00092	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58340.37508	0.00001	CCD/Pe (Min I)	(TESS)

Tablo 7'nin devamı

Minimum Zaman (HJD-2400000)	Hatası	Minimum türü	Referans
58341.72299	0.00006	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58343.07104	0.00002	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58344.41898	0.00002	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58345.76694	0.00002	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58347.11505	0.00009	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58348.46336	0.00019	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58349.81084	0.00001	CCD/Pe (Min II)	(TESS)
58351.15879	0.00002	CCD/Pe (Min I)	(TESS)
58352.50678	0.00002	CCD/Pe (Min II)	(TESS)

Yörünge dönem analizi, Zsche vd. (2009) tarafından verilen MATLAB yazılımı ile *O-C* yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen *O-C* diyagramı Şekil 14'te verilmiştir.



Şekil 14. DG Mic çift yıldızının *O-C* diyagramı.

Tablo 8

DG Mic çift yıldızının lineer fit sonucu elde edilen parametreleri.

Parametre	Değer
T_0 (HJD)	2454970.47812±0.00032
P (gün)	2.6959177±0.000004
$\Sigma(O - C)^2$ (gün ²)	0.000327

DG Mic sisteminin bu çalışmada hesaplanan ve literatürden alınan minimum zamanları kullanılarak elde edilen $O-C$ diyagramında parabolik ve/veya sinüzoidal bir değişim tespit edilememiştir. Bunun yanında, sistemin $O-C$ diyagramına lineer fit yapılarak güncel ışık elemanı Tablo 8’de verilmiştir.

DG Mic sisteminde yörünge dönem değişiminin olup olmadığını doğrulayabilmek için sistemin ileride gözlenecek minimum zamanlarına ihtiyaç vardır.

4.6. V1041 Sco Çift Yıldızının Dönem Analizi

V1041 Sco çift yıldızının $O-C$ dönem analizi için literatürde bulunan tüm minimum zamanları toplanmıştır. Ayrıca sistemin fotometrik analizinde kullanılan (bkz. Bölüm 4.4) ASAS, KWS- V , KWS- I ve HIP ışık eğrilerine, Zasche vd. (2014)’nin yöntemi uygulanarak yeni minimum zamanları elde edilmiştir. Tüm bu minimum zamanları dikkate alınarak sistemin $O-C$ analizi yapılmıştır. Elde edilen tüm minimum zamanları Tablo 9’da listelenmiştir. Zasche vd. (2014)’nin yöntemi ile okunan minimum zamanlarda kullanılan ışık elemanı Kreiner, (2004)’ten alınmıştır.

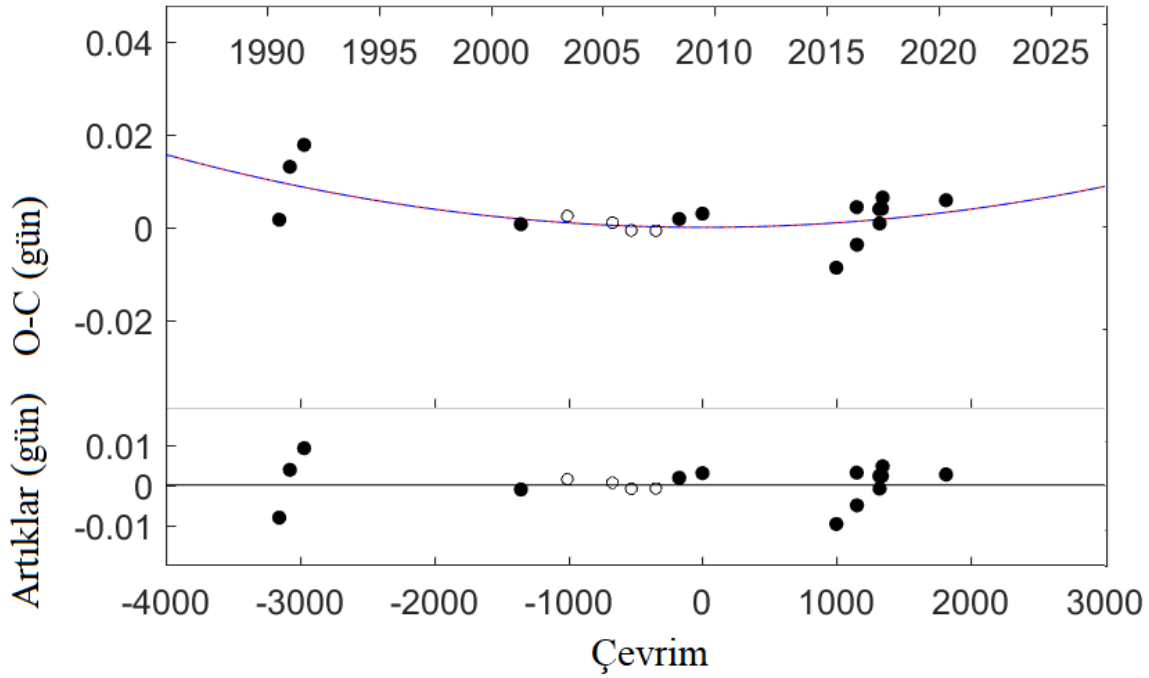
$$T_0(\text{HJD}) = 2454993.48087(38) + 2.18742 \times E \quad (4.2)$$

Yörünge dönem analizi, Zasche vd. (2009) tarafından verilen MATLAB yazılımı ile $O-C$ yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen $O-C$ diyagramı Şekil 15’te verilmiştir.

Tablo 9

V1041 Sco'nun çift yıldızının minimum zamanları.

Minimum Zamanı (HJD-2400000)	Hatası	Minimum türü	Referans
48095.95486	0.00298	CCD/Pe (Min I)	(HIP)
48097.04842	0.00361	CCD/Pe (Min II)	(HIP)
48268.73244	0.00787	CCD/Pe (Min I)	(HIP)
48269.82598	0.00789	CCD/Pe (Min II)	(HIP)
48500.55000	---	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
52034.58483	0.00021	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
52035.67821	0.00006	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
52792.35207	0.00015	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
53527.15352	0.00026	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
53835.50664	0.00031	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
54235.71174	0.00029	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
54615.14372	0.00034	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
54616.23734	0.00032	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
54993.48087	0.00038	CCD/Pe (Min I)	(ASAS)
54994.57450	0.00032	CCD/Pe (Min II)	(ASAS)
57176.00872	0.07860	CCD/Pe (Min I, V filtresi)	(KWS)
57177.10199	0.07866	CCD/Pe (Min II, V filtresi)	(KWS)
57508.43266	0.13873	CCD/Pe (Min I, Ic filtresi)	(KWS)
57509.52612	0.13873	CCD/Pe (Min II, Ic filtresi)	(KWS)
57512.79835	0.13552	CCD/Pe (Min I, V filtresi)	(KWS)
57513.89196	0.13551	CCD/Pe (Min II, V filtresi)	(KWS)
57878.02059	0.13840	CCD/Pe (Min I, Ic filtresi)	(KWS)
57879.11413	0.08840	CCD/Pe (Min II, Ic filtresi)	(KWS)
57882.39130	---	CCD/Pe (Min I, V filtresi)	(KWS)
57883.48464	0.08814	CCD/Pe (Min II, V filtresi)	(KWS)
57919.57200	---	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
57930.50900	---	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
58964.91843	0.08059	CCD/Pe (Min I, V filtresi)	(KWS)
58966.01190	0.08060	CCD/Pe (Min II, V filtresi)	(KWS)



Şekil 15. V1041 Sco çift yıldızının O-C diyagramı. İçi dolu siyah daireler I. Minimum zamanlarını, içi boş daireler II. Minimum zamanlarını temsil etmektedir.

Tablo 10

V1041 Sco'nun çift yıldızının parabolik model sonucu elde edilen parametreleri.

Parametre	Değer
T_0 (HJD)	$2454993.47791 \pm 0.00096$
P (gün)	2.1869134 ± 0.000006
Q (10^{-10} gün)	9.83 ± 3.99
$\sum(O - C)^2$ (gün ²)	0.005892

O-C diyagramına parabolik model fiti yapıldığında ikinci dereceden terim (Q) $9.83(\pm 3.99) \times 10^{-10}$ gün olarak elde edilmiştir. Buna göre sistemin yörünge dönemi düzenli olarak $0.028(\pm 0.009)$ s/yıl hızı ile artmaktadır. Elde edilen sonuçlar Tablo 10'da verilmiştir. Yörünge dönemindeki bu artış küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru bir kütle aktarım mekanizması ile açıklanabilir (bkz. Tout ve Hall, 1991; Erdem ve Öztürk,

2014). Ancak sistemin ışık eğrisi analizi sonucunda her iki bileşenin de Roche loblarını doldurmadıkları görüldüğünden, yörünge dönemindeki bu artış bileşenler arası kütle aktarım mekanizması ile açıklanamaz.

Yörünge döneminde görülen bu artış yıldız rüzgârlarıyla büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ile açıklanabilir. Ancak bu durumu doğrulamak için ileriki zamanlarda yapılacak gözlemlere ihtiyaç vardır.



BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Güney Yarımküre gökyüzünden ASAS, ASAS-SN, IOMC, KWS, HIPPARCOS, TESS vb. veri tabanlarında ışık eğrilerine göre belirlenen DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının fotometrik ve tayfsal analiz çalışması yapılmıştır.

DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının tayfsal gözlemleri, Güney Afrika Ulusal Gözlemevi'nde (SAAO, South African Astronomical Observatory) 1.9 m ayna çaplı Cassegrain türü teleskop ve bu teleskoba takılı SpUpNIC CCD kamera ve slit (grating 4) tayf çekeri kullanılarak tayfsal gözlemleri yapıldı. DG Mic sisteminin 2020 Ağustos ve Ekim aylarında toplam 39 adet ve V1041 Sco sisteminin 2020 Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarında toplam 58 adet tayfsal gözlem verisi elde edilmiştir. Tez kapsamında seçilen hedef yıldızların tayfsal gözlem verileri IRAF paketi içerisinde yer alan tasklar kullanılarak indirgenmiştir. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının elde edilen tayf verilerinden, IRAF paketi içinde yer alan FXCOR taskı kullanılarak çapraz korelasyon (cross-correlation) yöntemi ile dikine hız eğrileri elde edilmiştir. Her iki sistemin çapraz-korelasyon yöntemi ile elde edilen dikine hızları kullanılarak tayfsal yörünge parametrelerinin belirlenmesinde Teodor Pribulla'nın sayfasında açık adres olarak verilen (<http://www.astro.sk/~pribulla/soft.html>) ve dos ortamında çalışan ELEMDR77 (Win/Dos versiyonu) yazılımı kullanılmıştır. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının tayfsal yörünge parametreleri belirlenmiştir (bkz. Bölüm 4.1 ve 4.2). Elde edilen yörünge parametrelerine göre DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının sırasıyla tayfsal kütle oranları, $0.990 (\pm 0.044)$ ve $1.39 (\pm 0.08)$ olarak belirlenmiştir.

Tezin amacı doğrultusunda fotometrik ve tayf analizinin ilk aşaması olan tayf analizinden sonra fotometrik analiz aşamasına geçilmiştir. Böylece seçilen hedef yıldızların fotometrik analizinin yapılabilmesi için ASAS, ASAS-SN, IOMC, KWS, HIPPARCOS, TESS vb. veri tabanlarında yer alan ışık eğrileri hazır hale getirilmiştir.

DG Mic'in ASAS, TESS ve WASP veri tabanlarında yer alan ışık eğrileri (bkz. Bölüm 4.3) ve V1041 Sco'nun ASAS, KWS-*V*, KWS-*I* ve HIP ışık eğrileri (bkz. Bölüm 4.4), Monte Carlo algoritması altında Wilson Devinney yönetimi (Zola, vd., 2004, 2010) kullanılarak analiz edilmiştir. Böylece sistemlerin fotometrik parametreleri belirlenmiştir. Seçilen sistemlerin fotometrik analiz aşamasında ilk olarak baş bileşenin (T_1) etkin sıcaklığı belirlenmiştir. Bölüm 4'te ayrıntılı bir şekilde belirtilen farklı yöntemlerle tahmin edilen sıcaklık değerlerine göre her iki sistem için fotometrik analiz yapılarak en iyi uyumu veren sonuçlar belirlenmiştir. Buna bağlı olarak DG Mic sisteminin birinci bileşenin kendi Roche lobunun %46'sini, ikinci bileşenin ise kendi Roche lobunun %52'sini doldurduğu, V1041 Sco sisteminin birinci bileşenin kendi Roche lobunun %69'unu, ikinci bileşenin ise kendi Roche lobunun %63'nü doldurduğu tespit edilmiştir.

Sistemlere ait mutlak parametrelerin hesaplanması aşamasında, Güneş'in etkin sıcaklığı, bolometrik düzeltmesi ve çekim ivmesi sırasıyla; sırasıyla $T_{\text{eff}} = 5771.8 (\pm 0.7) \text{ }^\circ\text{K}$, $M_{\text{bol}} = 4.7554 (\pm 0.0004) \text{ mag}$, $BC = -0.107 (\pm 0.02) \text{ mag}$ ve $g = 27423.2 (\pm 7.9) \text{ cm/s}^2$ olarak alınmıştır (Pecaut ve Mamajek, 2013). Sistemde ki her iki bileşen için bolometrik düzeltmelerin yapılmasında Flower (1996)'un mutlak parlaklık kalibrasyonundan, bileşenlerin etkin sıcaklıklarına göre hesaplanmıştır. DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının tahmin edilen mutlak parametreleri Tablo 11 ve Tablo 12'de verilmiştir.

Daha sonra *V* renginde yıldızlararası renk sönmemesi için $A_v = 3.1 E_d(B-V)$ formülü kullanılarak yıldızlararası soğurma göz önüne alarak, uzaklık modülünden DG Mic'in uzaklığı $226 (\pm 13) \text{ pc}$ olarak belirlenmiştir. GAIA DR2 (Gaia Collaboration, 2018) veri tabanından alınan paralaks değerine göre, DG Mic' uzaklığı $226 (\pm 4) \text{ pc}$ ve son güncellenen GAIA DR3 (Gaia Collaboration, 2020) veri tabanına göre, DG Mic' uzaklığı $221 (\pm 1) \text{ pc}$ dir. Aynı şekilde V1041 Sco'nun yıldızlararası soğurmayı göz önüne alarak, uzaklık modülünden uzaklığı $236 (\pm 20) \text{ pc}$ olarak belirlenmiştir. GAIA DR2 (Gaia Collaboration, 2018) veri tabanından alınan paralaks değerine göre, V1041 Sco'nun uzaklığı $218 (\pm 13) \text{ pc}$ ve güncellenen GAIA DR3 (Gaia Collaboration, 2020) veri tabanına göre V1041 Sco'nun uzaklığı $210 (\pm 1) \text{ pc}$ 'tir. Böylece her iki sistemin uzaklığı hata sınırları içerisinde uyumlu olduğu görülmektedir.

Daha sonra DG Mic ve V1041 Sco çift yıldızlarının literatürde yer alan minimum zamanları ve fotometrik çözümde kullanılan ışık eğrilerinden elde edilen minimum zamanları da dikkate alınarak (*O-C*) analizi ile yörünge dönem değişimleri incelenmiştir.

Buna göre DG Mic sisteminin bu çalışmada hesaplanan ve literatürden alınan minimum zamanları kullanılarak elde edilen *O-C* diyagramında parabolik ve/veya sinüzoidal bir değişim tespit edilememiştir. Bunun yanında, sistemin *O-C* diyagramına lineer fit yapılarak güncel ışık elemanları elde edilmiştir (Bkz. Bölüm 4.5). DG Mic sisteminde yörünge dönem değişiminin olup olmadığını doğrulayabilmek için sistemin ileride gözlenecek minimum zamanlarına ihtiyaç olduğu görülmüştür.

V1041 Sco çift yıldızının *O-C* dönem analizi için literatürde bulunan tüm minimum zamanları ve sistemin fotometrik analizinde kullanılan (bkz. Bölüm 4.4) ASAS, KWS-*V*, KWS-*I* ve HIP ışık eğrilerine, Zasche vd. (2014)'nin yöntemi uygulanarak elde edilen yeni minimum zamanları kullanılarak sistemin *O-C* analizi yapıldı. Buna göre, *O-C* diyagramına parabolik model fiti yapıldığında ikinci dereceden terim (Q) $9.83(\pm 3.99) \times 10^{-10}$ gün olarak elde edilmiştir. Buna göre sistemin yörünge dönemi düzenli olarak $0.028(\pm 0.009)$ s/yıl hızı ile arttığı görülmektedir. Yörünge dönemindeki bu artışın sebebinin küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru bir kütle aktarım mekanizması olabileceği düşünülmüştür. (Bkz. Tout ve Hall, 1991; Erdem ve Öztürk, 2014). Ancak sistemin ışık eğrisi analizi sonucunda her iki bileşenin de Roche loblarını doldurmadıkları görüldüğünden, yörünge dönemindeki bu artış bileşenler arası kütle aktarım mekanizması ile açıklanamaz. Yörünge döneminde görülen bu artışın yıldız rüzgarlarıyla büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ile açıklanabilir. Ancak bu durumu doğrulamak için ileriki zamanlarda yapılacak gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 11

DG Mic sisteminin mutlak parametreleri.

Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$A (R_{\odot})$	12.11(± 0.21)	
$M (M_{\odot})$	1.65(± 0.12)	1.64(± 0.18)
$R (R_{\odot})$	1.66(± 0.06)	1.86(± 0.07)
$\log g$ (cgs)	4.22(± 0.01)	4.11(± 0.01)
T (K)	7580(± 220)	7389(± 108)
$L (L_{\odot})$	8.20(± 1.53)	9.29(± 1.29)
M_{bol} (mag)	2.46(± 0.20)	2.32(± 0.15)
M_V	2.42(± 0.20)	2.29(± 0.15)
M_V (sistem)	1.60(± 0.12)	
d (pc)	226(± 13)	
$d_{\text{GAIA-DR2}}$ (pc)	226(± 4)	
$d_{\text{GAID-DR3}}$ (pc)	221(± 1)	

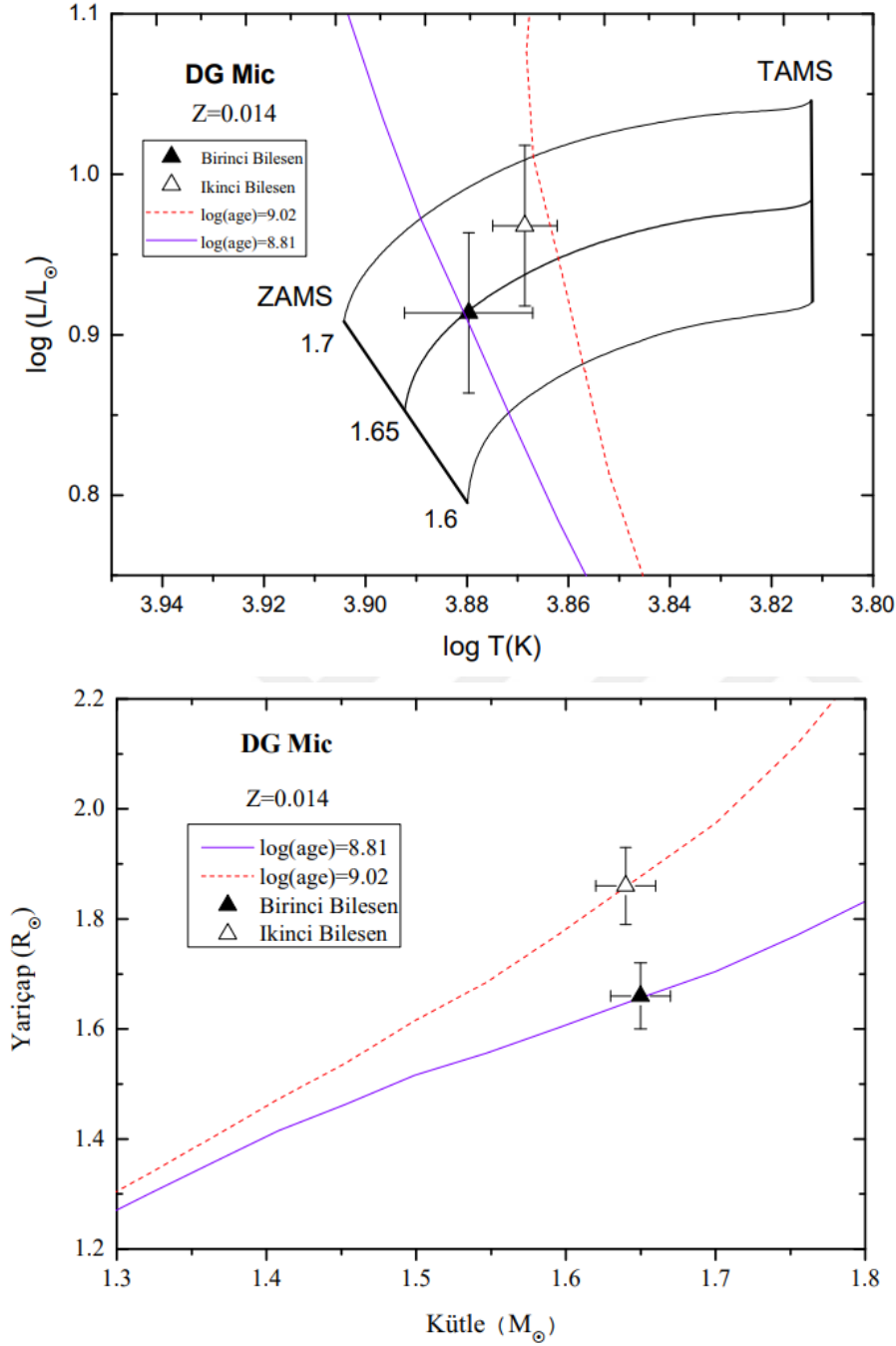
Tablo 12

V1041 Sco sisteminin mutlak parametreleri.

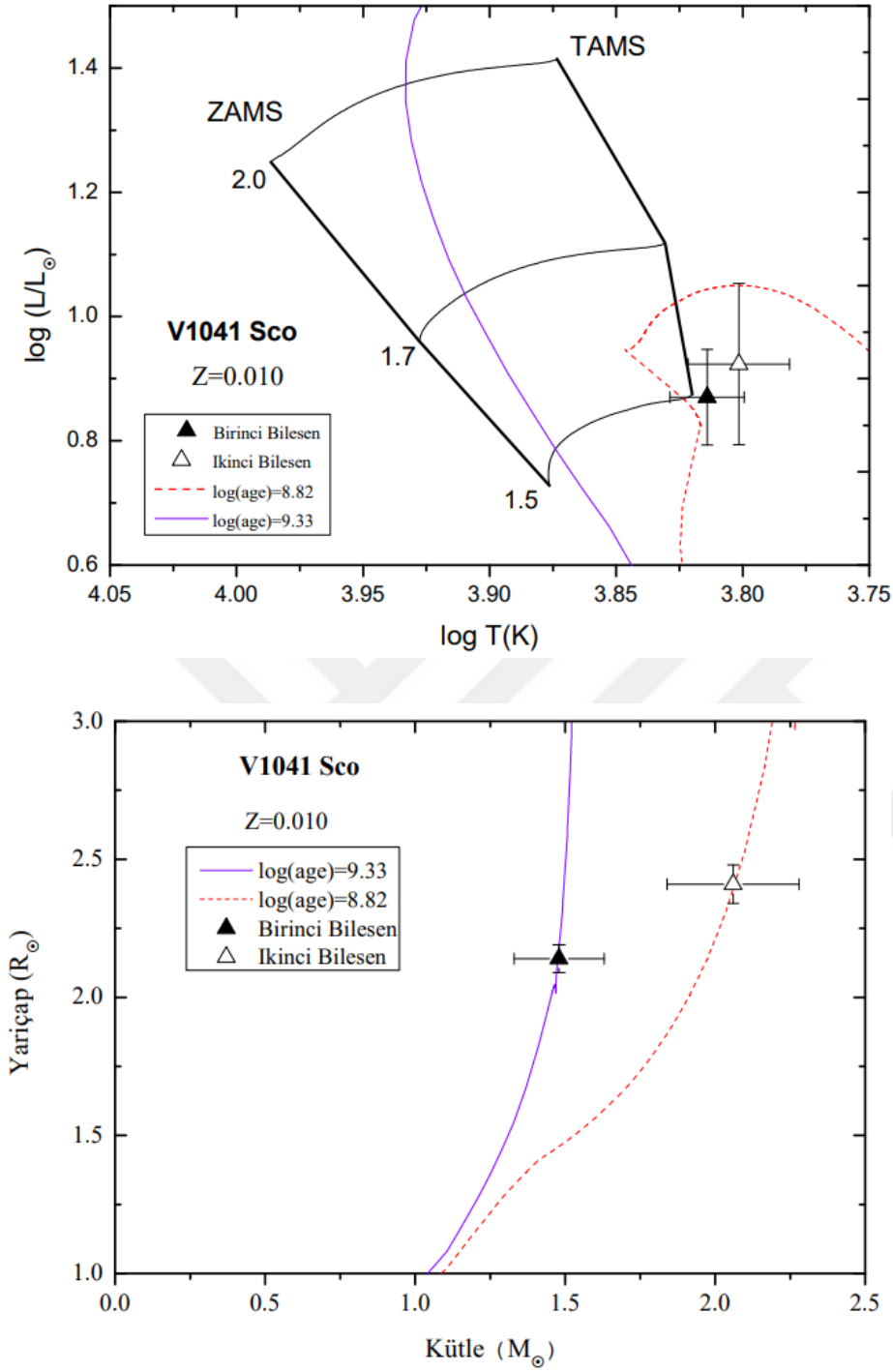
Parametre	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$A (R_{\odot})$	10.79(± 0.12)	
$M (M_{\odot})$	1.48(± 0.15)	2.06(± 0.22)
$R (R_{\odot})$	2.14(± 0.05)	2.41(± 0.07)
$\log g$ (cgs)	3.95(± 0.01)	3.99(± 0.02)
T (K)	6517(± 220)	6332(± 111)
$L (L_{\odot})$	7.41(± 1.30)	8.39(± 1.07)
M_{bol} (mag)	2.57(± 0.19)	2.43(± 0.14)
M_V	2.56(± 0.19)	2.44(± 0.14)
M_V (sistem)	1.97(± 0.18)	
d (pc)	214(± 18)	
$d_{\text{GAIA-DR2}}$ (pc)	211(± 2)	
$d_{\text{GAID-DR3}}$ (pc)	210(± 1)	

Tez kapsamında son olarak elde edilen mutlak parametrelere göre sistemlerin evrim durumları ele alınmıştır. Genova evrim modeline göre (Ekström, vd., 2012), DG Mic için en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için $Z=0.014$ (Mowlavi, vd., 2012)'e göre LogT-LogL (HR diyagramı) ve M-R grafiği Şekil 16'da gösterilmiştir. Bileşenlerin hata sınırları içerisinde gayet uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Birinci bileşenin yaşı $\text{Log(Age)}=8.81$, ikinci bileşenin yaşı $\text{Log(Age)}=9.02$ olarak belirlenmiştir.

V1041 Sco sisteminin Genova evrim modeline (Ekström, vd., 2012) göre, en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için olan $Z=0.010$ (Mowlavi, vd., 2012) modeline göre LogT-LogL (HR diyagramı) ve M-R grafiği Şekil 17'de çizilmiştir. Her iki bileşeninde anakolu terk ettiği görülmüştür. Ayrıca her iki sistemin bileşenleri için üzerlerinden geçen en uygun Log(Age) fitleri gösterilmiştir. Buna göre birinci bileşenin yaşı $\text{Log(Age)}=9.33$ ve ikinci bileşenin yaşı $\text{Log(Age)}=8.82$ olarak elde edilmiştir.



Şekil 16. Genova evrim modeline göre, DG Mic için en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için Z=0.014 modeline göre LogT-LogL ve M-R grafiği. Diyagramlardaki içi dolu üçgen, birinci bileşeni; içi boş üçgen, ikinci bileşeni temsil etmektedir. Dikey ve yatay çizgiler bileşenlerin hata barlarını göstermektedir. HR diyagramında, ZAMS (Zero Age Main Sequence), sıfır yaş Anakolu; TAMS (Terminal Age Main Sequence), terminal yaş Anakolu temsil etmektedir.



Şekil 17. Genova evrim modeline göre V1041 Sco için en iyi uyumu veren düşük kütleli sistemler için $Z=0.010$ modeline göre LogT-LogL ve M-R grafiği. Diyagramlardaki içi dolu üçgen, birinci bileşeni; içi boş üçgen, ikinci bileşeni temsil etmektedir. Dikey ve yatay çizgiler bileşenlerin hata barlarını göstermektedir. HR diyagramında, ZAMS (Zero Age Main Sequence), sıfır yaş Anakolu; TAMS (Terminal Age Main Sequence), terminal yaş Anakolu temsil etmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Sabour, M., Essam, A., Abdel-Motelp, N.S., Ibrahim, E.I. (2020). “Optical observations study of W Uma eclipsing binary system of CVN using ASAS, KWS, and SuperWasp archives”. *Romaian Astronomical Journal*, Vol. 30, No. 3, p. 189.
- All Sky Automated Survey for SuperNovae (ASAS-SN). <https://asas-sn.osu.edu>.
- Alton, K. B.; Nelson, R. H.; Terrell, D., (2018). “Period Analysis, Roche Modeling and Absolute Parameters for AU Ser, an Overcontact Binary System”. *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 6256, #1.
- Astronomical Institute of Slovak Academy of Sciences. (t.y.). Teodor Pribulla. <https://www.astro.sk/~pribulla/>
- Avvakumova, E. A., Malkov, O. Yu., Kniazev, A. Yu., (2013). “Eclipsing variables: Catalogue and classification”. *Astronomische Nachrichten*, Vol.334, Issue 8, p.860.
- Bilir, S., Ak, T., Soydugan, E., Soydugan, F., Yaz, E., Filiz A.N., Eker, Z., Demircan, O., Helvacı, M. (2008). “New absolute magnitude calibrations for detached binaries”. *Astronomische Nachrichten*, 329, 835.
- Claret, A., Bloemen, S. (2011). “Gravity and limb-darkening coefficients for the Kepler, CoRoT, Spitzer, uvby, UBVRIJHK, and Sloan photometric systems”. *Astronomy & Astrophysics*, 529, 75.
- Claret, A., Hauschildt, P.H., Witte, S. (2013). “New limb-darkening coefficients for Phoenix/1d model atmospheres. II. Calculations for $5000 \text{ K} \leq T_{\text{eff}} \leq 10\,000 \text{ K}$ Kepler, CoRot, Spitzer, uvby, UBVRIJHK, Sloan, and 2MASS photometric systems”. *Astronomy & Astrophysics*, 552, 16.
- de Geus, E.J., Lub, J., van de Grift, E., (1990). “éWalraven photometry of nearby southern OB associations”. *Astronomy and Astrophysics*, Suppl. Ser., Vol. 85, p. 915.

- Drilling, J.S., Landolt, A.U., Arthur N. (Ed.). (2000). *In: Cox. Allen's Astrophysical Quantities. fourth ed.* AIP Press Springer: New York
- Drilling, J.S., Philip, A.G.D., (1970). "A Finding List of Stars of Spectral Type A7 and Earlier in Regions at High Galactic Latitudes. IV. 3 HLF 4". *Boletín de los Observatorios de Tonantzintla y Tacubaya*, Vol. 5, pp. 307-316.
- Ekström, S., Georgy, C., Eggenberger, P., Meynet, G., Mowlavi, N., Wyttenbach, A., Granada, A., Decressin, T., Hirschi, R., Frischknecht, U., Charbonnel, C., Maeder, A. (2012). "Grids of stellar models with rotation. I. Models from 0.8 to 120 M_{\odot} at solar metallicity ($Z = 0.014$)". *Astronomy & Astrophysics*, 537, 146.
- Erdem, A., Öztürk, O., (2014). "Non-conservative mass transfers in Algols". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 441, Issue 2, p.1166-1176.
- ESA Science & Technology. (t.y.). High Precision Parallax Collecting Satallite (HIPPARCOS), <https://sci.esa.int/web/hipparcos/>.
- Flower, P. J. (1996). "Transformations from Theoretical Hertzsprung-Russell Diagrams to Color-Magnitude Diagrams: Effective Temperatures, B-V Colors, and Bolometric Corrections". *Astrophysical Journal*, 469, 355.
- Goodricke, J., (1784). "On the Periods of the Changes of Light in the Star Algol". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Volume 74, pp. 287-292.
- Güney Afrika Astronomi Gözlemevi (South Africa Astronomical Observatory, SAAO). (t.y.). <http://www.sao.ac.za>.
- Houk, N., (1978). "Michigan catalogue of two-dimensional spectral types for the HD stars". *Ann Arbor: Dept. Of Astronomy, University of Michigan: distributed by University Microfilms International, 1978-*.

Houk, N., (1982). “Michigan Catalogue of Two-dimensional Spectral Types for the HD stars. Volume_3. Declinations -40_f0 to -26_f0”. *Ann Arbor, MI(USA): Department of Astronomy, University of Michigan*, 12 + 390 p.

Image Reduction and Analysis Facility (IRAF). (t.y.). <https://iraf.net>

Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., (1999). “The 74th Special Name-list of Variable Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 4659, #1.

Kazarovets, E. V., Samus, N. N., Durlevich, O. V., (2008). “The 79th Name-List of Variable Stars”. *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 5863, #1.

Kochanek, C.S, Shappee, B.J., Stanek, K.Z., Holoiien, T.W.-S., Thompson, Tood A., Prieto, J.L., Dong, Subo, Shields, J.V., Will, D., Britt, C., Perzanowski, D., Pojmanski, G., (2017). “The All-Sky Automated Survey for Supernovae (ASAS-SN) Light Curve Server v1.0”. *Publications of the Astronomical Society of the Pasific*, Volume 129, Issue 980, pp. 104502 (2017).

Kopal, Z., (1959). *Close Binary Systems*. Chapman and Hall Publisher: London.

Kreiner, J. M., (2004). “Up-to-Date Linear Elements of Eclipsing Binaries”. *Acta Astronomica*, vol. 54, pp 207-210.

Kumsiashvili, M. I.; Kochiashvili, N. T.; Djurasevi, G., (2005). “Analysis of photoelectric light curves of V448 CYG taking the Roche geometry into account”. *Astrophysics*, Volume 48, Issue 1, pp.44-52.

Lucy, L.B. (1967). “Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes”. *Zeitschrift für Astrophysik*. 65: 89-92.

Malkov, O. Yu., Oblak, E., Snegireva, E. A., (2006). “A catalogue of eclipsing variables”. *Astronomy and Astrophysics*, Volume 446, Issue 2, pp.785-789.

- McDonald, I.; Zijlstra, A. A.; Boyer, M. L., (2012). “Fundamental parameters and infrared excesses of Hipparcos stars”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 427, Issue 1, pp. 343-357.
- Mints, A.; Hekker, S., (2017). “A Unified tool to estimate Distances, Ages, and Masses (UniDAM) from Spectrophotometric Data”. *Astrophysics Source Code Library*, Record ascl, 1804.022
- Mowlavi, N., Eggenberger, P., Meynet, G., Ekström, S., Georgy, C., Maeder, A., Charbonnel, C., Eyer, L. (2012). “Stellar mass and age determinations. I. Grids of stellar models from $Z = 0.006$ to 0.04 and $M = 0.5$ to $3.5 M_{\odot}$ ”. *Astronomy & Astrophysics*, 541, 41.
- Muller, G.; Kempf, P., (1903). “A New Variable Star of Unusually Short Period”. *Astrophysical Journal*, 17, 201-211 (1903).
- NASA High Energy Astrophysics Science Archive Research Center. (t.y.). Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS). <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/tess/the-tess-space-telescope.html>
- NASA/IPAC Infrared Science Archive. (t.y.). Two Micron All Sky Survey (2MASS). <https://irsa.ipac.caltech.edu/Missions/2mass.html>
- Noëls, A.; Montalbán, J.; Chiappini, C., (2016). “Asteroseismology’s New Constraints on Stellar Models and Galactic Archaeology: Where are we now and where are we going?”. *Astronomische Nachrichten*, Vol.337, Issue 8-9, p.982.
- Obserwatorium Astronomiczne Uniwersytetu Warszawskiego. (t.y.). All Sky Automated Survey (ASAS), <http://www.astrouw.edu.pl/asas/>.
- Otero, Sebastian A., (2004). “New Elements for 80 Eclipsing Binaries III.”. *Information Bulletin on Variable Stars*, No 5532, #1.

- Pavlovski, K.; Southworth, J., (2012). "Quantitative Spectroscopy of Close Binary Stars, From Interacting Binaries to Exoplanets: Essential Modeling Tools". *Proceedings of the International Astronomical Union. Edited by M. T. Richards and I. Hubeny, IAU Symposium, Volume 282*, p. 359-364.
- Pecaut, M.J., Mamajek, E.E. (2013). "Intrinsic Colors, Temperatures, and Bolometric Corrections of Pre-main-sequence Stars". *The Astrophysical Journal Supplement*, Volume 208, Issue 1, article id. 9, pp 22.
- Pojmanski, G. (2002). "The All Sky Automated Survey. Catalog of Variable Stars. I. 0 h - 6 h Quarter of the Southern Hemisphere". *Acta Astronomica*, 52, 397-427.
- Popper, D.M., Jeong, Y.C., (1994). "Procedures for Radial Velocities of Close Binaries from Spectra Obtained with the Lick Echelle-CCD Spectrometer". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, v.106, p.189.
- Renson, P.; Gerbaldi, M.; Catalano, F.A.; (1991). "General catalogue of AP and AM stars". *Astronomy and Astrophysics*, Ser., Vol. 89, p. 429.
- Rucinski, S.M., (1969). "The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes". *Acta Astronomica*, 19, 245.
- SIMBAD Astronomical Database. (t.y.). <http://simbad.u-strasbg.fr/>
- Smalley, B., Southworth, J., Pintado, O. I., (2014). "Eclipsing Am binary systems in the SuperWASP survey". *Astronomy & Astrophysics*, Volume 564, id.A69, 20 pp.
- Soderblom, D., (2010). "The Age of Stars". *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, vol. 48, p.581-629.
- Strohmeier, W., Knigge, R., Ott, H., (1965). "Bright Southern BV-Stars". *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 81, #1.

Sürgit, D., Erdem, A., Engelbrecht, C. A., (2015). “Absolute parameters of southern detached eclipsing binary: MW Pup”. *New Astronomy*, Volume 35, p. 32-35.

The American Association of Variable Star Observers (AAVSO). (t.y.). Photometric All-Sky Survey (APASS), <https://www.aavso.org/apass>.

Tonry, J., Davis, M., (1979). “A survey of galaxy redshifts. I. Data reduction techniques.”. *Astronomical Journal*, Vol, 84, p. 1511-1525.

Torres, G.; Andersen, J.; Gimenez, A., (2010). “Accurate masses and radii of normal stars: modern results and applications”. *The Astronomy and Astrophysics Review*, Volume 18, Issue 1-2, pp. 67-126.

Tout, C. A., Hall, D. S., (1991). “Wind driven mass transfer in interacting binary systems”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 253, 9-18.

Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS). (t.y.). <https://tess.mit.edu>.

Valle, G.; Dell’Omodarme, M.; Prada Moroni, P. G.; Degl’Innocenti, S., (2018). “Theoretical investigation on the mass loss impact on asteroseismic grid-based estimates of mass, radius, and age for RGB stars”. *Astronomy & Astrophysics*, Volume 609, id.A58, 8 pp.

von Zeipel, H., (1924). “The radiative equilibrium of a rotating system of gaseous masses”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 84, 665-683.

Wide Angle Search for Planets (SuperWASP). (t.y.). <https://wasp.cerit-sc.cz/>.

Wilson, R.E., Devinney, E.J., (1971). “Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni”. *Astrophysical Journal*, 166, 605.

Zasche, P., Liakos A., Niarchos, P., Manimanis, V., Gazeas, K., (2009). “Period changes in six contact binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau”. *New Astronomy*, Volume 14, Issue 2, p. 121-128.

Zasche, P., Wolf M., Vrstil J., Liska J., Skarka M., Zejda M., (2014). “VizieR Online Catalog: Times of minima for 18 SMC eclipsing binaries”. *J/A+A/572/A71*.

Zola, S., Gazeas, K., Kreiner, J.M., Ogloza, W., Siwak, M., Koziel-Wierzbowska, D., Winiarski, M. (2010). “Physical parameters of components in close binary systems – VII”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 408, 464-474.

Zola, S., Rucinski, S. M., Baran, A., Ogloza, W., Pych, W., Kreiner, J. M., Stachowski, G., Gazeas, K., Niarchos, P., Siwak, M. (2004). “Physical Parameters of Components in Close Binary Systems: III”. *Acta Astronomica*, 54, 299-312.

