

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**U CrB ÇİFT YILDIZININ DÖNEM ANALİZİ**

**Bedri KESKİN**


**ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2018**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

Bedri KESKİN tarafından hazırlanan “U CrB Çift Yıldızının Dönem Analizi” adlı tez çalışması 15/11/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK   
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı  
**Eş Danışman** : -

**Jüri Üyeleri** :

**Başkan** : Prof. Dr. Altan BAYKAL   
Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK   
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Mesut YILMAZ   
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN**  
**Enstitü Müdürü**

## ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15.11.2018



Bedri KESKİN

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## U CrB ÇİFT YILDIZININ DÖNEM ANALİZİ

Bedri KESKİN

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK

Bu tez çalışmasında, Algol türü değişen yıldız olan U CrB'nin dönem değişimi irdelendi. Literatürde yüzyılı aşan bir zaman aralığına yayılmış minimum verilerine ek olarak Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde elde edilen dört adet minimum zamanı da analizde kullanıldı. Gözlem verileri IRAF ve MYRAF programları kullanılarak indirildi ve AVE programı kullanılarak minimum zamanları hesaplandı.

Sisteme ilişkin dönem değişiminin analizi MATLAB programlama dilinde yazılan bir kod yardımıyla gerçekleştirildi. Minimum zamanlar kullanılarak çizilen O-C grafiği (i) kısa zaman aralıklarında farklı eğimlere sahip doğru parçalarıyla veya (ii) uzun zaman aralığında kolları yukarı yönlü bir parabol üzerine binmiş iki adet çevrimsel değişimle ifade edilebildi.

Kısa zaman aralıklarında farklı eğimlere sahip doğru parçaları sistemde ani dönem değişimleri olduğuna işaret etmektedir. Uzun zaman aralığında kolları yukarı yönlü parabol üzerine binmiş çevrimsel yapısından U CrB çift yıldızının dönem değişimine etki eden üç adet mekanizma olduğu belirlendi. O-C grafiğinin parabolik karakteristiğinden küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene doğru kütle transferiyle dönemin düzgün olarak arttığı, sinüzoidal karakteristiklerinden ise çift sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cismin varlığı ve manyetik aktivite tespit edilmiştir.

**Kasım 2018, 95 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** algol türü değişen yıldız, dönem analizi, MATLAB, U CrB

## ABSTRACT

Master Thesis

PERIOD ANALYSIS of the BINARY STAR U CrB

Bedri KESKİN

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Science  
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK

In this thesis study, the period variation analysis of the Algol type binary star U CrB was performed. In addition to minima times spread over more than a century in the literature, four new minima times were also obtained at the Ankara University Kreiken Observatory. Observational data were reduced using the IRAF and MYRaf programs and minima times were calculated using the AVE program.

The period analysis of the system were performed with the help of a code written in MATLAB programming language. The O-C graph plotted using the minimum times are represented by (i) a set of line segments having different gradients at short time intervals or (ii) two periodic variations superimposed on an upward parabolic segment at long time interval.

A set of line segments having different gradients at short time intervals indicate abrupt period changes in the binary system. Using long time interval by the cyclic structures superimposed on an upward parabola, three mechanisms were determined affecting the period variation of U CrB. Secular change in the O-C behaviour of the system is attributed to the mass transfer from less massive star to the more massive component, while the cyclic changes are interpreted as the existence of a third body that is dynamically bounded to the system and magnetic activity.

**November 2018, 95 pages**

**Key Words:** algol type variable star, period analysis, MATLAB, U CrB

## TEŞEKKÜR

Şubat 2008’de başladığım uzun yüksek lisans öğrenim hayatımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı öğretim üyelerinden, başta danışman hocam Sayın Prof. Dr. Berahitdin ALBAYRAK’a olmak üzere Sayın hocam Prof. Dr. Selim Osman SELAM’a ve Sayın hocam Doç. Dr. Şeyma ÇALIŞKAN TÜRKSÖY’a, tez çalışmamda beni yönlendiren Sayın hocam Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI’ya ve Sayın hocam Dr. İbrahim ÖZAVCI’ya, bir gözlemin verisini IRAF’ta indirgemesini yapan Engin BAHAR’a, MYRAF programının kullanımını hakkında bilgi aldığım geliştiricilerinden Yücel KILIÇ’a, adlarını burada saymadığım beraber gözlem yaptığım ve ders aldığım bütün arkadaşlarıma en içten en samimi duygularıyla teşekkür ederim.

Bedri KESKİN  
Ankara, Kasım 2018

## İÇİNDEKİLER

### TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
3. DÖNEM DEĞİŞİMİNİN NEDENLERİ .....	16
3.1 Kütle Aktarımı ve Kütle Kaybı.....	16
3.2 Eksen Dönmesi.....	18
3.3 İlave Cisim Varlığı .....	20
3.4 Çevrimli Manyetik Aktivite.....	24
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
4.1 Literatürdeki Minimum Zamanları .....	27
4.2 Gözlemsel Veri.....	28
4.3 Geliştirilen Dönem Analiz Kodu .....	34
5. DÖNEM ANALİZİ .....	37
5.1 Sezonluk Görsel Minimum Zamanların Tekilleştirilmesi .....	37
5.2 O-C Eğrisi Analizi .....	38
5.2.1 Ani dönem değişimleri .....	39
5.2.2 Tekdüze ve çevrimsel değişimler .....	40
6. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	51
KAYNAKLAR .....	55
EKLER.....	62
EK 1 Minimum Zamanlar .....	63
EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	95

## SİMGELER DİZİNİ

$A(\text{gün})$	Dönem değişim genliği
$a(R_{\odot})$	Yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu
$a_{12}$	Çift sistemin, üçüncü bileşen ile ortak kütle merkezine uzaklığı
$a_3$	Üçüncü bileşenin çift sistem ile ortak kütle merkezine uzaklığı
$e$	Dışmerkezlik
$e_3$	Üçüncü cismin yörünge dışmerkezliği
$E$	Çevrim sayısı (Epoch)
$EA$	Algol türü ışık değişimi gösteren örten değişen sistemler
$f(m_3)$	Üçüncü cisim için kütle fonksiyonu
$i(^{\circ})$	İkili sistemin yörüngesinin bakış doğrultumuza dik düzlem ile yaptığı açı
$i'(^{\circ})$	Üçüncü cismin yörüngesinin bakış doğrultumuza dik düzlem ile yaptığı açı
$K$	Kelvin derece
$K_{1,2}$	Bileşen yıldızların dikine hız eğrilerinin yarı genlikleri (km/sn)
$L_{\odot}$	Güneşin ışınlam gücü, $3.9 \times 10^{33}$ erg/sn
$L_{1,2}$	Sırasıyla baş bileşen ve yoldaşın ışınlam güçleri ( $L_{\odot}$ )
$\text{Log } g$	Bileşen yıldızın yüzey çekim ivmesinin logaritması
$\text{Log } L$	Bileşen yıldızın ışınlam gücünün logaritması
$M_v$	Mutlak parlaklık, kadir biriminde
$M_{\odot}$	Güneş kütlesi, $1.99 \times 10^{33}$ gr
$M_{1,2,3}$	Bileşen yıldızların kütleleri ( $M_{\odot}$ )
$m_v$	Görsel parlaklık
$P(\text{gün})$	Çift yıldız sisteminin dolanma dönemi
$P_3(\text{yıl})$	Üçüncü cismin ortak kütle merkezi etrafındaki dolanma dönemi
$\text{pc}$	Uzaklık birimi, 1 pc (parsek) = 3.26 ışık yılı = 206265 AB
$q$	Kütle oranı ( $M_2/M_1$ )
$R_{\odot}$	Güneş yarıçapı, 695 500 km = $6.955 \times 10^8$ m
$R_{1,2}(R_{\odot})$	Sırasıyla başbileşen ve yoldaş bileşenin yarıçapı
$r_{1,2}$	Bileşen yıldızların kesirsel yarıçapları ( $R/a$ )



$T_0$	Başlangıç zamanı
$T_{1,2}$ (K)	Sırasıyla başbileşen ve yoldaş bileşenin efektif sıcaklıkları
U(yıl)	Eksen dönmesinin yıl biriminde dönemi
$\alpha$	Yıldızın sağaçıklığı
$\delta$	Yıldızın dikaçıklığı
$v(^{\circ})$	Gerçel anomali açısı
$w(^{\circ})$	Çiftin yörüngesinin enberi noktasının düğümler çizgisinden olan açısal uzaklığı
$\Omega_{1,2}$	Bileşen yıldızların Roche potansiyelleri

### **Kısaltmalar**

AÜKR	Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi
AB	Astronomi birimi, 149 600 000 km
AVE	Analisis de Variabilidad Estelar
BAV	Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V.
CCD	Charge Coupled Device
GAIA	Gökyüzü tarama sistemi ( <a href="http://sci.esa.int/gaia">http://sci.esa.int/gaia</a> )
GCVS	General Catalog of Variable Stars
HJD	Heliocentric Julian Date
IBVS	Information Bulletin on Variable Stars
IRAF	Image Reduction and Analysis Facility
LITE	Light Time Effect
mas	mili arc second (mili yay saniyesi)
pe	Fotoelektrik
pg	Fotoğrafik
SIMBAD	Astronomik Veri Tabanı ( <a href="http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/">http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/</a> )
UPS	Utrecht Photometric System
vis	görsel

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çift yıldız sistemlerinde tutulma koşulu geometrisi .....	1
Şekil 1.2 Tutulmalar sonucunda ışık değişimi (H: sıcak, C: soğuk yıldız).....	2
Şekil 2.1 1955’lerdeki ani dönem değişimi.....	6
Şekil 2.2 U CrB’nin 25.7 yıllık çevrimsel dönem değişimi .....	6
Şekil 2.3 U CrB’nin Kreiner ve Ziolkowski (1978) tarafından elde edilen O-C grafiği .....	7
Şekil 2.4 Mayer vd. (1991)’nin U CrB’nin O-C eğrisindeki ilave cisim fiti .....	9
Şekil 2.5 U CrB’nin Borkovits ve Hegedüs (1996) tarafından elde edilen üçüncü ve dördüncü cisim fiti .....	10
Şekil 2.6 Samolyk (1996)’in 2442900 JD tarihinden sonraki O-C değerleri için lineer fiti.....	11
Şekil 2.7 U CrB’nin ışık eğrisinde tutulmalar dışında görülen kısa dönemli değişimler .....	12
Şekil 2.8 Çalışkan vd. (2008) tarafından elde edilen O-C grafiği, üçüncü cisim fiti ve artıkları .....	13
Şekil 2.9 Doğru (2012) tarafından elde edilen O-C grafiği, üçüncü cisim fiti ve artıkları.....	14
Şekil 3.1 Kütlece küçük bileşenden büyük bileşene kütle aktarımı.....	17
Şekil 3.2 Kütlece büyük bileşenden küçük bileşene kütle aktarımı.....	17
Şekil 3.3 Yarı büyük eksen doğrultusunun dönmesi ve minimumların konumu.....	19
Şekil 3.4 Eksen dönmesinin O-C grafiği üzerinde I. ve II. minimumların zıt fazlı iki ayrı sinüs eğrisi ile temsil edilmesi.....	19
Şekil 3.5 Çift sistemin ortak kütle merkezinin (E) üçlü sistemin ortak kütle merkezi (O) etrafındaki yörüngesi .....	21
Şekil 3.6 Işık-zaman etkisinde yörüngenin çember ( $e=0$ ) olması .....	22
Şekil 3.7 Işık-zaman etkisinde yörüngenin dış merkezli ( $0<e<1$ ) olması.....	22
Şekil 4.1 9 Nisan 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri .....	30
Şekil 4.2 21 Nisan 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri .....	30
Şekil 4.3 10 Mayıs 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri.....	31
Şekil 4.4 30 Haziran 2015 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri .....	32
Şekil 4.5 03 Nisan 2018 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri .....	33
Şekil 4.6 MATLAB ekranındaki dönem analiz kodu .....	34
Şekil 4.7 Geliştirilen dönem analiz kodunun akış şeması.....	36
Şekil 5.1 U CrB’nin O-C grafiği .....	37

Şekil 5.2 U CrB'nin görsel minimum zamanları tekilleştirilmiş O-C grafiği.....	38
Şekil 5.3 Farklı eğimlere sahip doğrusal fitler ve artıkları.....	39
Şekil 5.4 Kütle transferi ve 3. bileşenden kaynaklı çevrimsel değişim .....	41
Şekil 5.5 Kütle transferi, 3. bileşenden kaynaklı çevrimsel değişim ve manyetik etkinlik kaynaklı çevrimsel değişim .....	41
Şekil 5.6 O-C grafiğine parabol fit edilmesi ve artıkları.....	42
Şekil 5.7 Parabolden olan artıklara 3. cisim fiti ve artıkları .....	44
Şekil 5.8 Parabol ve 3. cisim fitinden sonra oluşan artıklara manyetik aktivite ile ilişkili sinüs fiti ve artıkları .....	45
Şekil 5.9 O-C grafiğine parabol ve iki adet çevrimsel fit fonksiyonlarının tek bir fit fonksiyonunda ifade edilmesi ve artıkları .....	48



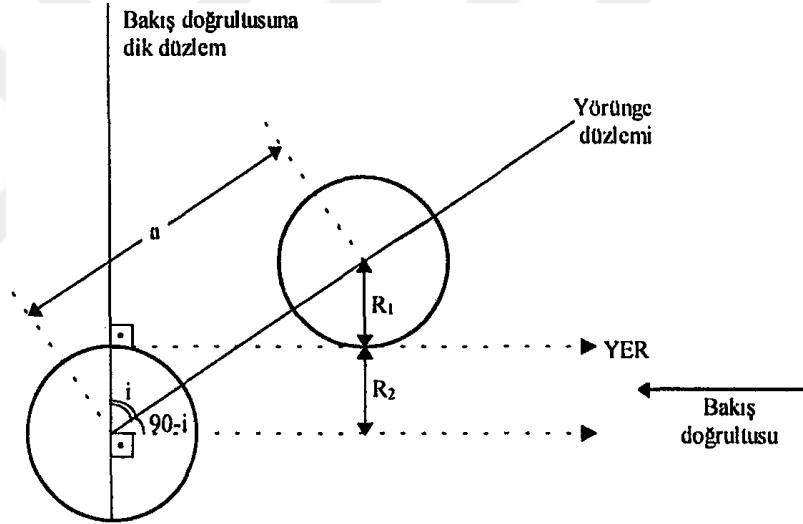
## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 U CrB çift yıldızının fiziksel parametreleri .....	3
Çizelge 2.1 Önemli U CrB gözlemleri .....	4
Çizelge 2.2 Batten'in (1956) çalışmasında ışık eğrisi analizi sonuçları .....	5
Çizelge 2.3 Mayer vd. (1991)'nin üçüncü cisim sonuçları .....	9
Çizelge 2.4 Borkovits ve Hegedüs (1996)'ün üçüncü ve dördüncü cisim sonuçları .....	10
Çizelge 2.5 Çalışkan vd. (2008) tarafından elde edilen O-C analiz sonuçları .....	14
Çizelge 2.6 Doğru (2012) tarafından elde edilen O-C analiz sonuçları .....	15
Çizelge 4.1 U CrB yıldızına ait literatürde farklı yöntemlerle elde edilmiş minimum zaman sayıları .....	27
Çizelge 4.2 GSC 2563-605 mukayese yıldızının parlaklık ve koordinat bilgileri .....	28
Çizelge 4.3 AUKR'de U CrB'nin gözlemler sonucu elde edilen minimum zamanları .....	33
Çizelge 5.1 U CrB değişen yıldızında görülen olası ani dönem değişimleri .....	39
Çizelge 6.1 Bileşenlerarası kütle aktarımı sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması ....	52
Çizelge 6.2 Üçüncü cisim etkisi sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması .....	53

## 1. GİRİŞ

Çift yıldızlar, Kepler yasalarına göre kütle çekimi nedeniyle ortak kütle merkezi etrafında dolanan en az iki bileşenden oluşmuş yıldız sistemleridir. Çift yıldızlar gözlemsel olarak keşfedilme yöntemine göre görsel, astrometrik çiftler, tayfsal çiftler ve örten değişen olmak üzere dört sınıfta incelenirler.

Örten değişen yıldızlar, bileşen yıldızların ortak kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketi esnasında gözlemcinin bakış doğrultusuna göre dönemli olarak birbirlerini örtmeleri sonucu ışık değişimi gösteren yıldızlardır. Örtme ve örtülmenin görülebilmesi için şekil 1.1’de gösterilen tutulma koşulunun sağlanması gerekir.



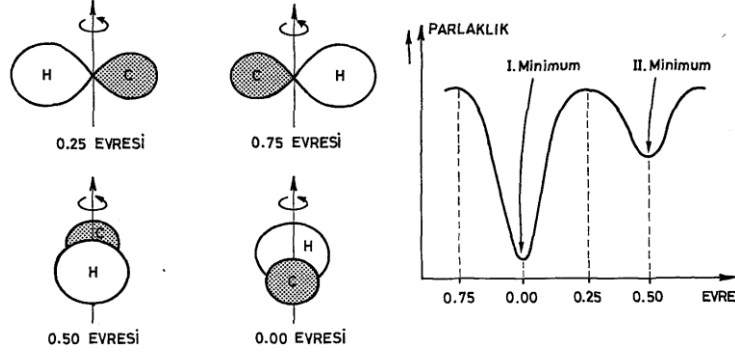
Şekil 1.1 Çift yıldız sistemlerinde tutulma koşulu geometrisi (Selam 1998)

Tutulma koşulu,  $i$  yörünge eğim açısı,  $R_1$  ve  $R_2$  bileşen yıldızların yarıçapları ve  $a$  bileşenler arası uzaklık olmak üzere aşağıdaki eşitsizlik ile verilir (Selam 1998).

$$|\sin(90 - i)| = |\cos i| \leq \frac{R_1 + R_2}{a} \quad (1.1)$$

Örten değişen çift yıldızlarda örtme ve örtülme anında sistemin toplam parlaklığında azalma olur. Bu azalma ışık eğrisinde minimum çukurları şeklinde gözlenir. Bir yörünge dönemi boyunca iki adet minimum gözlenir. Işınım gücü yüksek sıcak yıldızın,

ışınım gücü düşük soğuk yıldız tarafından örtüldüğü zaman I. minimum, soğuk yıldızın sıcak yıldız tarafından örtüldüğü zaman II. minimum meydana gelir (Şekil 1.2). I. minimum II. minimuma göre daha derindir.



Şekil 1.2 Tutulmalar sonucunda ışık değişimi (H: sıcak, C: soğuk yıldız) (Selam 1990)

İki I. minimum veya iki II. minimum arasında geçen süre sistemin yörünge dönemini ( $P$ ) verir. Gözlemlenmiş bir başlangıç minimum zamanının ( $T_0$ ) öncesindeki ve sonrasındaki minimumların zamanını belirlemek için yörünge dönemi kullanılarak hesaplanabilir.

Algol, 1783 yılında John Goodricke tarafından ilk keşfedilen örten değişen çift yıldız sistemidir. Algol türü örten değişen çift yıldızlar GCVS'de (General Catalog of Variable Stars) EA olarak kodlanmıştır (Kholopov vd. 1985). Baş bileşenleri genellikle B veya erken-A tayf türü bir anakol yıldızı, yoldaş bileşenleri ise kritik Roche şişimini doldurmuş G veya K tayf türü bir dev-altdev yıldızdır (Richards 2000).

Algol türü sistemler, genel olarak yörünge dönemleri daha büyük olan sistemlerdir. Kepler yasalarına göre büyük yörünge dönemine sahip sistemlerde bileşen yıldızlar arasındaki uzaklık da daha büyük olacağından, bileşen yıldızlarda biçim bozulması çok az veya yoktur. Işık eğrisinde minimumlar dışındaki bölgelerde parlaklık değişimleri bu nedenle diğer sistemlere göre düz yapıya sahiptir ve küresellikten sapmanın az olduğunun göstergesidir (Andronov 2012).

Algol türü çift sistemlerin ışık eğrilerinde oldukça derin bir I. minimum ve oldukça sığ bir II. minimum görülür. Hatta bazı Algollerde II. minimum zamanlarını belirlemek çok

zordur. Elektromanyetik tayfin optik bölgesinde baş bileşenin ışınımına katkısı % 80-95 iken yoldaş bileşenin ışınımına katkısı ise % 5-20 civarında olmaktadır (Doğru 2012). II. minimum elektronmanyetik tayfin uzun dalga boylarında daha belirgin hale gelmektedir. Minimumlar dışında ise sistemde ışık değişimi pek görülmez.

Yıldızların evrim senaryosuna göre büyük kütleli yıldızlar daha çabuk evrimleşir. Fakat Algol türü çift sistemlerde küçük kütleli bileşen evrimini tamamlamış ve büyük kütleli olana madde aktarmaktadır. Yıldız evrimi üzerine yapılan ilk araştırmalarından beri Algol türü sistemlerde küçük kütleli bileşenin büyük kütleli bileşene nazaran evriminde daha ileride olması bir paradoks oluşturmuştur (Cester vd. 1977). Crawford (1955), “Algol Paradoksu” denilen bu durumu, küçük kütleli alt dev bileşenin başlangıçta daha büyük kütleli ve daha hızlı evrimleşerek kütlelerinin büyük bir kısmını kaybetmiş olması şeklinde açıklamıştır (Paczynski 1971).

U CrB Algol türü (EA/DM) bir örten çift yıldız sistemidir. Hacimce büyük fakat kütlece küçük yoldaş yıldız Roche şişimini doldurmuş olup baş yıldıza kütle transferi yapmaktadır (Yerli vd. 2003). U CrB çift yıldızının literatürde mevcut bazı fiziksel parametreleri çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 U CrB çift yıldızının fiziksel parametreleri

<b>Parametre</b>	<b>Değer</b>	<b>Kaynak</b>
$\alpha$ (J2000)	15 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> .3	Yerli vd. 2003
$\delta$ (J2000)	+31° 38' 48".7	Yerli vd. 2003
<b>Tayf Türü</b>	B6V+F8III-IV	Yerli vd. 2003
$m_v$	7 <sup>m</sup> .82	Yerli vd. 2003
$q$ ( $M_1/M_2$ )	0.28	Sağır 2006
$i$ (°)	78.7 ± 0.3	Yerli vd. 2003
<b>P</b> (gün)	3.452201	Sağır 2006
<b>a</b> ( $R_\odot$ )	17.8	Sağır 2006
$M_1$ ( $M_\odot$ )	4.74 ± 0.28	Yerli vd. 2003
$M_2$ ( $M_\odot$ )	1.46 ± 0.06	Yerli vd. 2003
$T_1$ (K)	14000	Raymer 2012
$T_2$ (K)	5250	Raymer 2012
$R_1$ ( $R_\odot$ )	3.0	Raymer 2012
$R_2$ ( $R_\odot$ )	4.6	Raymer 2012
<b>Paralaks</b>	2.44 ± 0.04	SIMBAD

## 2. KURAMSAL TEMELLER

U CrB ilk olarak 1869 yılında Winnecke tarafından değişen yıldız olarak sınıflandırılmış (Sahade ve Struve 1945) olup 1870 yılından beri minimum zamanları gözlenmektedir (Heintze 1990). İlk bilinen ve en çok gözlemi yapılan değişen yıldızlardan biridir. İkinci minimumun çok sığ olması, sistemin yoldaş yıldızı geç tür altdev olan tipik bir Algol türü değişen olduğunu gösterir (Frieboes-Conde ve Herczeg 1973).

U CrB hem fotometrik hem de tayfsal olarak oldukça fazla çalışılmış bir yıldızdır (Çizelge 2.1). Fotoelektrik ışık eğrileri (çoğunlukla Johnson UBV) Kordylewsky ve Szafraniec (1957), Wood (1958), Catalano vd. (1966), Svolopoulos ve Kapranidis (1972) tarafından yayınlanmıştır. Kondo vd. (1981) tarafından sunulan moröte (150 – 330 nm bandlarında) fotometrik çalışmada, yörünge evresi ile bu bandlardaki parlaklıkları arasında herhangi bir ilişkinin varlığını göstermemiştir. van Gent (1989), sistemin mutlak boyutları hakkında daha doğru tahminlerin yapılabilmesi amacıyla 1980 – 1987 yılları arasında Utrecht Fotometrik Sistem'in (Utrecht Photometric System - UPS; Heintze ve van Gent 1989) 474 – 871 nm aralığında dört adet dar bantta ( $\Delta\lambda \sim 10$  nm) gözlemlerini yapmıştır (Yerli vd. 2003).

Çizelge 2.1 Önemli U CrB gözlemleri (Yerli vd. 2003)

Tür	Filtre ve Dalgaboyu (Å)	Kaynak
Johnson	V	Kordyleswki ve Szafraniec (1957)
Johnson	BV	Wood (1958)
Johnson	B	Bakos ve Tremko (1981)
UV	1550, 1800, 2200, 2500, 3300	Kondo vd. (1981)
Spektroskopi	CaII 3933, SiII 4128, 4130, CII 4267, MgII	Batten ve Tomkin (1981)
Strömgren	uvby	Olson (1982)
Spektroskopi	HeI 4387, 4471, MgII 4481, FeII 4549	Olson (1984)
Dar Band	4740, 6720, 7810, 8710	van Gent (1989)
OI	7774	Etzel vd. (1995)
H $\alpha$		Richards vd. (1995) Albrigh ve Richards (1996)



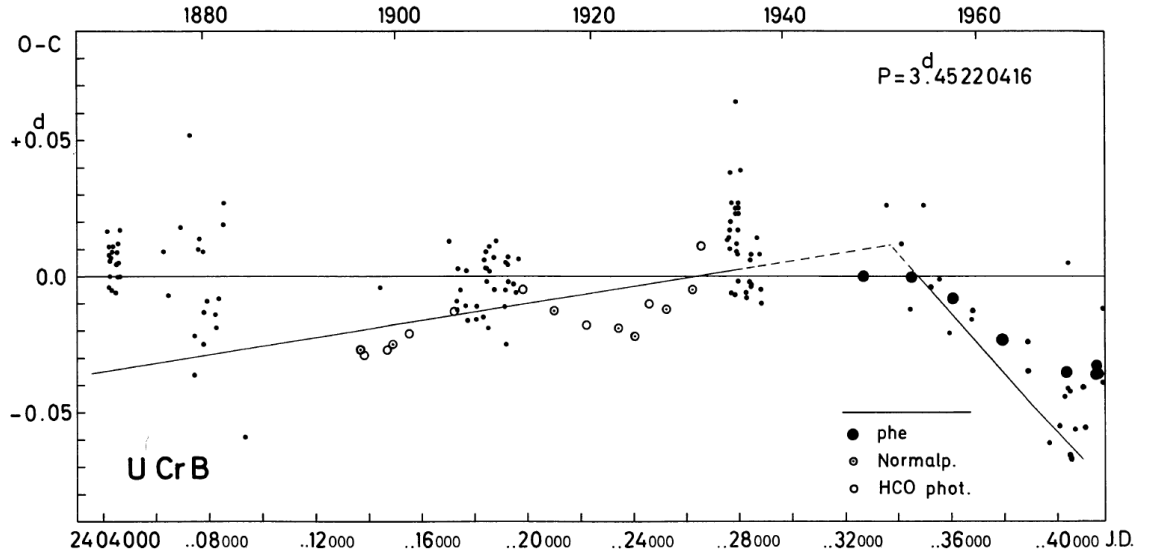
Batten (1956) ışık eğrisi analizi ile U CrB örten çift sisteminin temel parametrelerini hesaplamıştır (Çizelge 2.2). U CrB yoldaş bileşenin Roche şişimini doldurmuş veya doldurmaya yakın olduğunu belirlemiştir (Batten 1956).

Çizelge 2.2 Batten'in (1956) çalışmasında ışık eğrisi analizi sonuçları

<b>Parametre</b>	<b>Değer</b>
$R_1 (R_{\odot})$	3.5
$R_2 (R_{\odot})$	5.5
$i (^{\circ})$	$84.5 \pm 1.1$
Tayf Türü	B5+A5
P (gün)	3.45220416
$M_1 (M_{\odot})$	6.5
$M_2 (M_{\odot})$	2.5
$a (R_{\odot})$	20

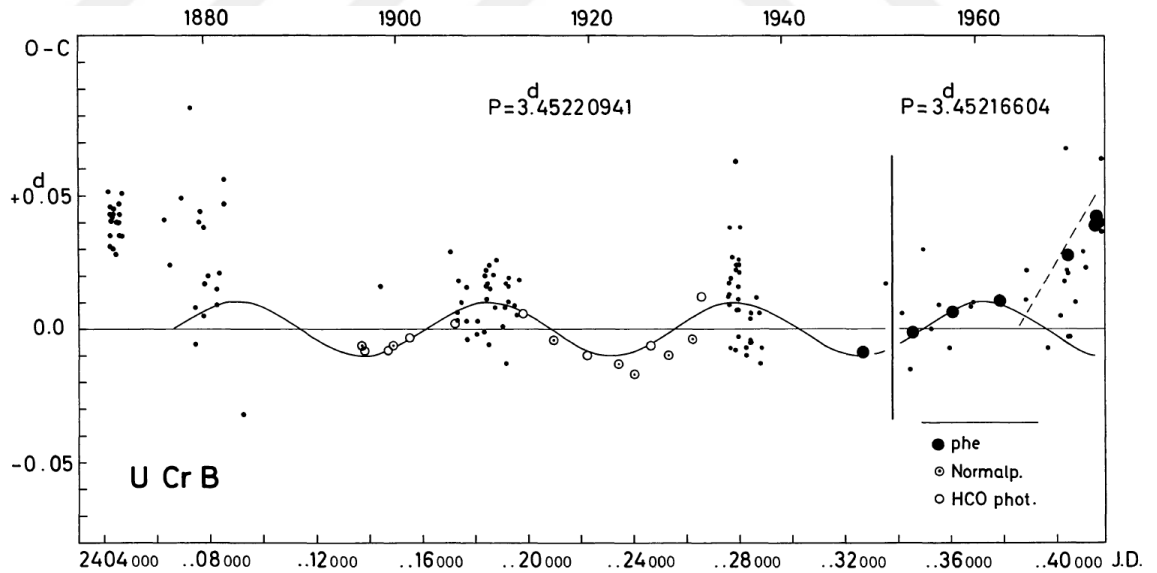
Frieboes-Conde ve Herczeg (1973) ilk kez U CrB'nin dönem değişimini irdeleyerek dönem değişiminde çevrimsel değişimlerin mümkün olduğunu, görülen ani dönem değişimleri için alternatif açıklama getirmişlerdir.

Şekil 2.1'de gösterilen O-C eğrisinde fotoelektrik minimum zamanları 1955 yılı civarında dönemin ani olarak -3.7 sn azaldığına işaret etmişlerdir. Bu tarihten önce dönemin değişmediğini, 2414000 ile 2424000 JD tarihleri arasındaki negatif O-C değere sahip minimum zamanlarının gözlemsel hatalı olduğunu söylemişlerdir.



Şekil 2.1 1955'lerdeki ani dönem değişimi (Frieboes-Conde ve Herczeg 1973)

Şekil 2.2'de gösterilen 25.7 yıllık çevrimsel dönem değişimini ise ışık-zaman etkisi olarak açıklamışlardır. Buna göre kütle fonksiyonunu  $f(m_3) = 0.00769 M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır (Frieboes-Conde ve Herczeg 1973).

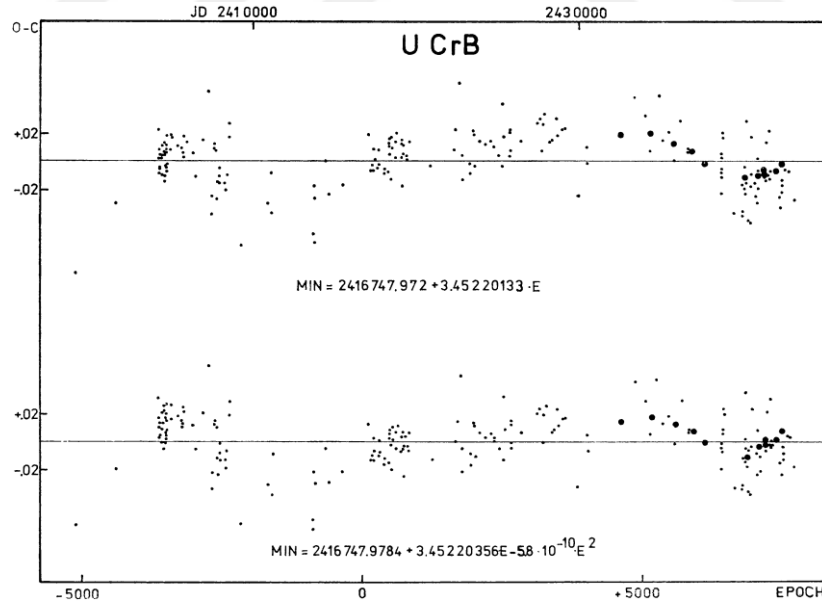


Şekil 2.2 U Cr B'nin 25.7 yıllık çevrimsel dönem değişimi (Frieboes-Conde ve Herczeg 1973)

U Cr B çift yıldızının bileşenlerinin tayf türlerini Batten (1967) B5+B9, Kukarkin vd. (1969) B5+A2, Koch vd. (1970) B6+K0 olarak belirtmişlerdir. Cester vd. (1977) ise

Wood (1958) fotometrik gözlemlerini ve Pearce (1935) tayfsal verilerini kullanarak bileşenlerin tayf türlerini B5 V + G2 III-IV olarak bulmuşlardır. Pearce'in (1935) öngördüğü şekilde kütle oranı  $q=0.38$  olarak alındığında, soğuk bileşenin Roche lobunun içerisinde olmasından dolayı, U CrB sistemini yarı ayırık – ayırık sistem (sd-d system) olarak sınıflandırmışlardır. Bir sistemin yarı ayırık sistem (sd-system) olarak sınıflandırılması için kütle oranının en fazla 0.28 civarında olması gerekmektedir (Cester vd. 1977).

Kreiner ve Ziolkowski (1978) elde ettikleri O-C grafiğine (Şekil 2.3) göre bileşenler arasındaki kütle transferini  $1.9 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  olarak hesaplamışlardır. Frieboes-Conde ve Herczeg'in (1973) öne sürdüğü sinüsel değişimlerin kesin olarak var olmadığını, bazı çevrimsel değişimlerin varlığına rağmen belirgin sistematik dönemsel değişimlerin bulunmadığını söylemişlerdir. Sadece fotoelektrik yöntemle elde edilen minimum zamanlar gözönüne alındığında ise daha belirgin yarı-dönemsel bir model elde edileceğini fakat dönem değişiminin doğasına karar vermek için bu modelin çok kısa olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.3 U CrB'nin Kreiner ve Ziolkowski (1978) tarafından elde edilen O-C grafiği

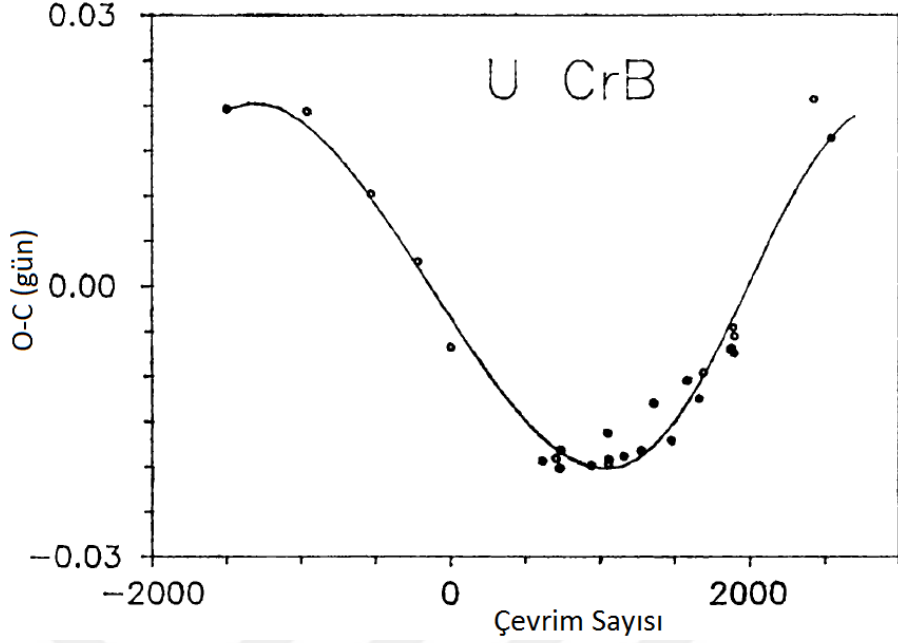
Batten (1964), keşfinden 1960'lı yıllara kadar Wendell, Nijland ve Dugan'ın görsel gözlemlerine dayanarak U CrB yıldızı üzerinde çalışmalar yapmıştır. Işık eğrisinin

düzensiz yapısının işaret ettiği yoldaş yıldızdan madde atımı, Batten'in vardığı en önemli sonuçtur. Dahası, kütle kaybının bir sonucu olarak yörünge döneminde ani değişimlerin olduğu sonucuna varmıştır. Batten (1964)'e göre yörünge döneminde 30 yıllık zaman zarfında iki defa ani değişim gerçekleşmiştir (Bakos ve Tremko 1981).

van Gent (1989) 1980-1987 yılları arasında UPS'de görsel ve yakın kızılötesi bandlarında merkezi dalgaboyu 474, 672, 781, 871 nm. ( $\Delta\lambda\sim 10$  nm.) olan 4 farklı dalgaboyunda ışık eğrilerini elde etmiştir. 2444629.6692 ve 2444636.6010 HJD (Heliocentric Julian Date) tarihlerinde ikinci minimum zamanı ilk defa bu çalışmada elde edilebilmiştir. Elde edilen ikinci minimumlar U CrB'nin yörünge elemanlarıyla uyumludur (van Gent 1989).

U CrB'nin dönemi sabit olmayıp 87 yıllık dönemle değişmektedir. Bu dönem değişimi muhtemelen üçüncü cisim kaynaklıdır. Eksen dönmesi de bir ihtimaldir fakat van Gent (1982) sistemin dışmerkezliğinin  $e=0.02$  gibi çok küçük bir değerde olması ve O-C eğrisinin asimetric yapısından dolayı U CrB için eksen dönmesinin çok muhtemel olmayacağını göstermiştir. Diğer muhtemel dönem değişim nedenleri bileşenler arası kütle transferi ve sistemden yıldızlararası ortama kütle kaybıdır. U CrB değişen yıldızında üçüncü cisim kaynaklı dönem değişimi ve yoğun kütle transferi kaynaklı ani dönem değişimleri daha muhtemeldir. Bunun doğruluğunun sağlanması için sonraki 50-60 senelik dönem değişiminin elde edilmesi, eğer üçüncü cisim varsa dönemin 2015 yılı civarında maksimum 2048 yılı civarında minimum olması gerekmektedir (Heintze 1990).

U CrB sisteminde ışık-zaman etkisinin olduğu Bakos ve Tremko (1981) tarafından ileri sürülmüştür. Mayer vd. (1991)'nin U CrB için  $T_0=2437844.3791$  ve  $P=3.45220552$  ışık elemanları kullanarak elde ettiği O-C grafiği ve ışık zaman etkisinden kaynaklı fiti şekil 2.4'de gösterilmiştir.



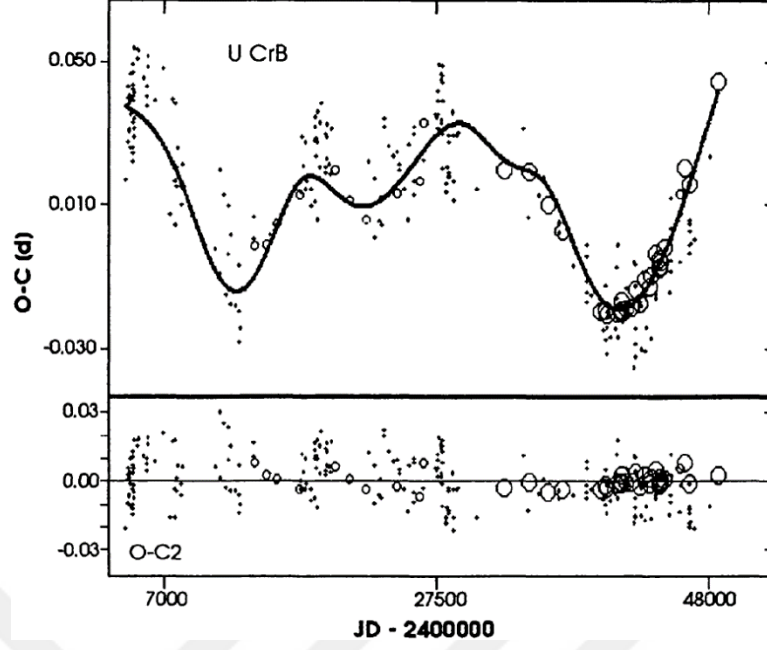
Şekil 2.4 Mayer vd. (1991)'nin U CrB'nin O-C eğrisindeki ilave cisim fiti

Mayer vd. baş yıldızın kütlesi  $m_1 = 4.8 M_{\odot}$  ve yoldaş yıldızın kütlesi  $m_2 = 1.4 M_{\odot}$  kabulüyle üçüncü cisim için buldukları sonuçlar çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Mayer vd. (1991)'nin üçüncü cisim sonuçları

Parametre	Değer
$A(\text{gün})$	0.02
$P_3(\text{gün})$	14850
$T_3(\text{HJD})$	2444730
$e_3$	0.152
$w(^{\circ})$	359
$f(m_3) (M_{\odot})$	0.028
$m_{3min} (M_{\odot})$	1.10

Borkovits ve Hegedüs (1995, 1996) U CrB dahil 18 çift yıldızın muhtemel üçüncü bileşenlerinin varlığını araştırmışlardır. U CrB yıldızı için üçüncü bileşenle beraber sisteme bağlı dördüncü bileşenin de olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 U CrB'nin Borkovits ve Hegedüs (1996) tarafından elde edilen üçüncü ve dördüncü cisim fiti

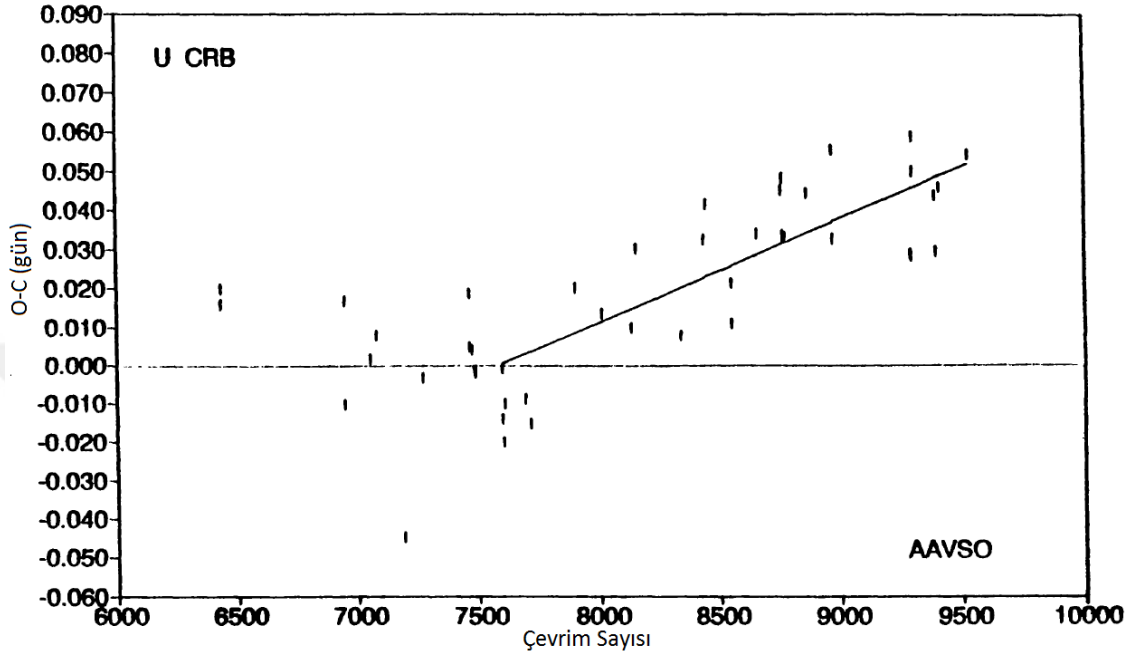
Analizlerinde diğer literatür verilerine aykırı olarak yoldaş bileşenin kütlesi  $m_2 = 4.4 M_{\odot}$  alınarak yapılmış analiz sonucu çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 Borkovits ve Hegedüs (1996)'ün üçüncü ve dördüncü cisim sonuçları

Parametre	1. cisim	2. cisim
$P(\text{gün})$	21955	18680
$e$	0.24	0.30
$w(\text{rad})$	2.69	1.67
$T(\text{HJD})$	2430959	2435900
$asini(\times 10^6 \text{ km})$	1009	788
$f(m) (M_{\odot})$	0.085	0.057
$m_{min} (M_{\odot})$	1.73	1.48

Borkovits ve Hegedüs (1995, 1996) tarafından yapılan çalışmalar U CrB çift yıldızının dördüncü bileşene sahip olabileceğini iddia eden literatürdeki tek çalışmadır. Kendi çalışmalarının önceki çalışmalarla çelişebileceğini, gelecekte yapılacak gözlemlerin belirleyici faktör olacağını belirtmişlerdir.

Samolyk (1996) ışık elemanlarının GCVS ile uyumsuzluğu üzerine 2442900 JD tarihinden sonraki O-C değerlerine lineer fit ederek yeni ışık elemanlarını  $T_0=2442946.728\pm 0.0012$  ve  $P=3.4522279\pm 0.0000030$  olarak hesaplamıştır (Şekil 2.6).

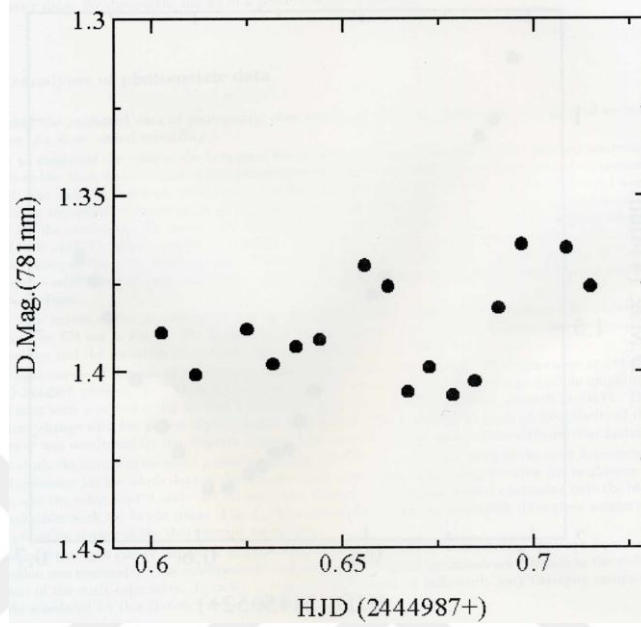


Şekil 2.6 Samolyk (1996)'in 2442900 JD tarihinden sonraki O-C değerleri için lineer fiti

Narusawa vd. (2002), van Gent (1989)'in verilerini kullanarak U CrB'nin ışık eğrisindeki kısa dönemli değişimleri açıklamaya çalışmışlardır. Heintze (1990), van Gent (1989) tarafından elde edilen ışık eğrisinde -0.01 – 0.01 evre aralığında 1.2 saatlik, parlaklığın değişmediği düz bir yapı tespit etmiştir. Olson (1982) tarafından elde edilen ışık eğrisinde de buna benzer düz bir yapının varlığından bahsedilmektedir. Heintze (1990) ışık eğrisinde düz minimum çukurlarının varlığını tam tutulma olarak yorumlamıştır. Fakat Narusawa vd. (2002) elde ettikleri ışık eğrisinde tam tutulmaya dair herhangi bir belirteç görmemişlerdir.

Işık eğrisinde bazen düz bazen sivri minimumların görülmesi kısa dönemli bünyesel değişikliklerin olduğuna işaret eder (Narusawa vd. 2002). Son yıllarda Algol türü değişenlerde zonklamaların varlığının keşfedildiği gözönüne alındığında, U CrB değişen yıldızının I. minimumlarında bazen görülen düz kısımların bileşenlerden

birisinin zonklama göstermesi şeklinde yorumlanabilir. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi ışık eğrisinde tutulmalar dışında da kısa dönemli değişimler gözlenmiştir (Narusawa vd. 2002).



Şekil 2.7 U CrB'nin ışık eğrisinde tutulmalar dışında görülen kısa dönemli değişimler (Narusawa vd. 2002)

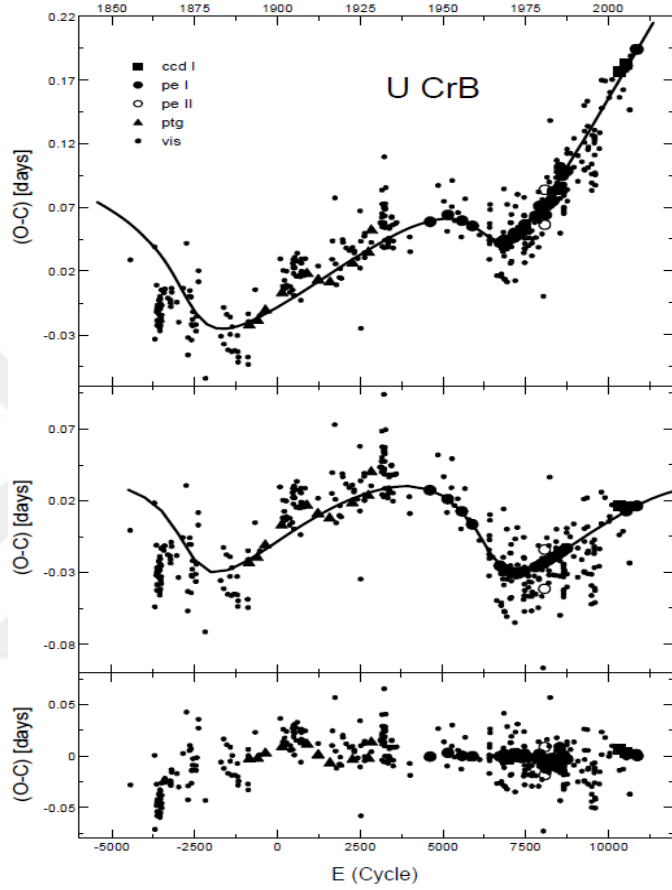
Narusawa vd. (2002), U CrB'nin sıcak bileşeninin zonklayan değişen olabileceğini öne sürmüşlerdir. Baş yıldızın B6 V tayf türünde olması, yavaş zonklayan B türü değişen olmasını gerektirse de baş yıldızın zonklama dönemi bilinen yavaş zonklayan B türü değişenlerin zonklama döneminin dışındadır (Narusawa vd. 2002).

Yerli vd. (2003), U CrB algol çiftinin yörünge parametrelerini bulmaya ve evrim durumunu açıklamaya çalışmışlardır. Sistemin başlangıç kütlelerini  $4.5 M_{\odot} + 2.7 M_{\odot}$  ve yörünge dönemini 1.4 gün olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada evrimi boyunca kütlelerinin %14'ünü ( $\sim 1 M_{\odot}$ ), açısal momentumunun %18'ini kaybettiği öne sürülmüştür. Bileşen yıldızların radyal hızlarının yarı genlikleri  $K_1=58.6$  km/sn  $K_2=185.2$  km/sn olarak hesaplanmıştır (Yerli vd. 2003).

U CrB yıldızının yakın tarihli dönem değişim karakteristiği Çalışkan vd. (2008) tarafından irdelenmiştir. Şekil 2.8’de verilen O-C eğrisine uygulanan en küçük kareler



fiti ile sistemin yeni ışık elemanları hesaplanmış, küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene yılda  $6.47 \times 10^{-8} M_{\odot}$  kütle aktarımı olduğu, bunun sonucunda sistemin döneminin yılda 0.027 sn. uzadığı ve ışık-zaman etkisine bağlı olarak 85.68 yıl dönemli çevrimsel değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2.8 Çalışkan vd. (2008) tarafından elde edilen O-C grafiği, üçüncü cisim fiti ve artıkları

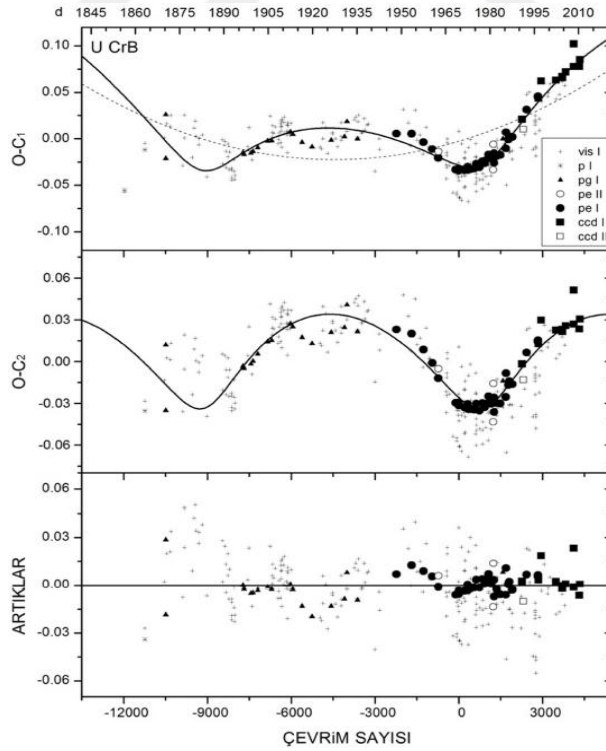
Çalışkan vd. (2008)'nin U CrB çift yıldızının O-C analiz sonuçları çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5 Çalışkan vd. (2008) tarafından elde edilen O-C analiz sonuçları

Parametre	Değer	Hatası
$T_0(HJD)$	2146747.9618	0.00022
$P_{orb}(gün)$	3.452194748	0.07605
$a'_{12} \sin i' (AB)$	5.75623	0.05041
$e'$	0.52	0.33
$w'(^{\circ})$	213	10.38
$T'(HJD)$	2439118.18	50.41
$P_3(yıl)$	85.689	0.237
$A(gün)$	0.03001	0.00026
$f(m_3) (M_{\odot})$	0.02597	0.00081

İbanoğlu vd. (2011) fotoelektrik ve CCD gözlemlerle elde edilmiş 40 adet minimum zamanı kullanarak bileşenler arasındaki kütle transferini  $2.53 \times 10^{-7} M_{\odot}/yıl$  ve dönem değişim miktarını  $3.59 \times 10^{-8} 1/yıl$  bulmuşlardır.

Doğru (2012) hazırladığı 157 adet çift sistemin dönem değişim kataloğunda U CrB çift yıldızı için elde ettiği O-C grafiği, üçüncü cisim fiti ve artıkları şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Doğru (2012) tarafından elde edilen O-C grafiği, üçüncü cisim fiti ve artıkları

Küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene  $4.3 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  korunumlu,  $4.29 \times 10^{-8} M_{\odot}/\text{yıl}$  korunumsuz kütle aktarımı olduğu, bunun sonucunda sistemin döneminin  $\Delta P/P = 5 \times 10^{-5} \text{ sn/yıl}$  uzadığını bulmuştur. Çevrimli dönem değişiminden ışık-zaman etkisinin sorumlu olduğu kabulüyle elde ettiği O-C analiz sonuçlar çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 Doğru (2012) tarafından elde edilen O-C analiz sonuçları

<b>Parametre</b>	<b>Değer</b>	<b>Hatası</b>
$T_0(\text{HJD})$	2440367.9524	0.0015
$P_{orb}(\text{gün})$	3.452214186	0.000000587
$a'_{12} \sin i' (AB)$	5.93	0.20
$e'$	0.42	0.06
$w'(^{\circ})$	287	12
$T'(\text{HJD})$	2443830	850
$P_3(\text{yıl})$	94.76	1.9
$A(\text{gün})$	0.0337	0.0013
$f(m_3) (M_{\odot})$	0.0232	0.0026

### 3. DÖNEM DEĞİŞİMİNİN NEDENLERİ

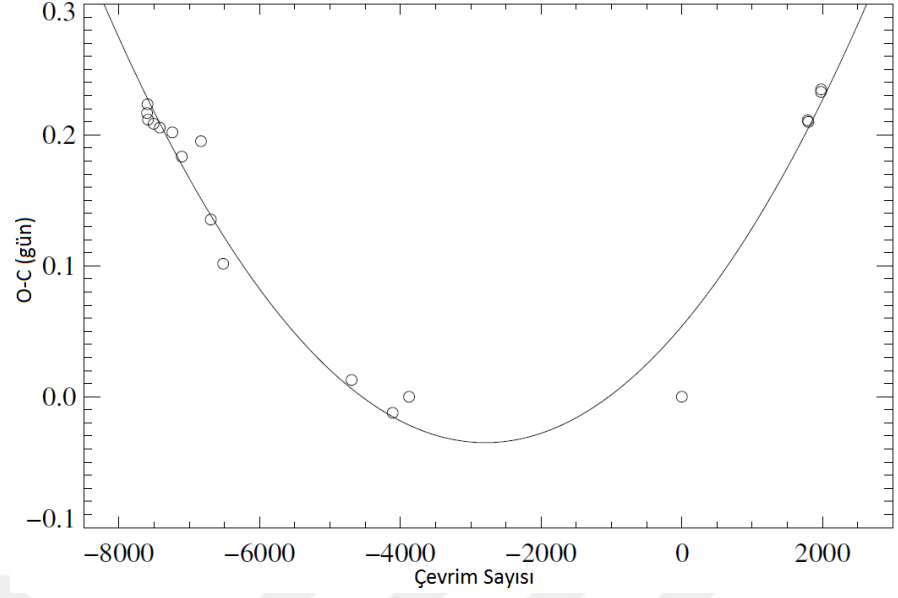
Yakın çift yıldızlarda dönem değişimlerinin olası nedenleri ve modelleri açısından bakıldığında bugün için geçerliliğini koruyan ve daha fazla gözlemsel destek bulan dört temel mekanizma: (i) kütle aktarımı ve kütle kaybı, (ii) eksen dönmesi, (iii) ilave cisim varlığı ve (iv) çevrimli manyetik aktivite olarak sıralanabilir (Selam 1998). Dönem değişimine etki eden bu mekanizmaların birkaç tanesi aynı anda birarada görülebilir.

Kütle aktarımı ve kütle kaybı ile çevrimli manyetik alan mekanizmaları çift sistemin dönemini gerçek anlamda değiştirirken eksen dönmesi ile ilave cisim varlığı mekanizmaları dönemi gerçek anlamda değiştirmezler.

Örten çift yıldızlarda dönem değişimleri O-C diyagramlarında; küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı kolları yukarı yönlü parabol olarak, büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı kolları aşağı yönlü parabol olarak, eksen dönmesi I. minimumlar ile II. minimumlar arasında  $180^\circ$  faz farkı olan düzgün iki ayrı sinüsel çevrim olarak, ilave cisim varlığı ve çevrimli manyetik aktivite çevrimsel bir yapı olarak kendini gösterir.

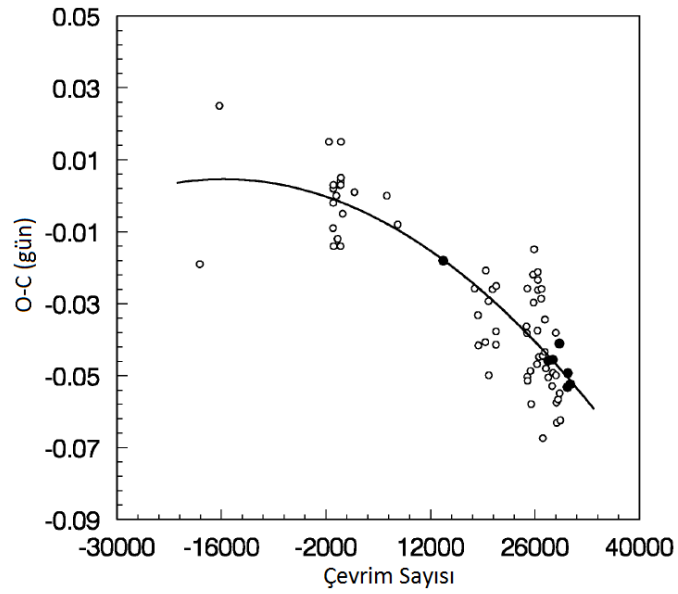
#### 3.1 Kütle Aktarımı ve Kütle Kaybı

Korunumlu kütle aktarımına göre kütle kaybeden yıldızın kütlesi kazanan yıldızdan düşük ise dönem tekdüze artar, aksi durumda tekdüze olarak azalır. Dönemdeki bu değişimler sistemin yörünge döneminde gerçek bir değişimin sonucudur. Kütle aktarımı ve kütle kaybı O-C diyagramında parabolik bir yapı gösterir ve 2. dereceden bir polinom ile ifade edilebilir. Parabolün kolları yukarı doğru dönükse, dönem düzgün olarak artıyor demektir. Bu durumda kütle aktarım yönü kütlece küçük bileşenden büyük bileşene doğrudur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kütlice küçük bileşenden büyük bileşene kütle aktarımı (Reed 2011'den değiştirilerek alınmıştır)

Parabolün kolları aşağı doğru dönükse, dönem düzgün olarak azalıyor demektir. Bu durum kütlice büyük bileşenden küçük bileşene doğru kütle aktarımı olduğuna işaret eder (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Kütlice büyük bileşenden küçük bileşene kütle aktarımı (Qian 2002'den değiştirilerek alınmıştır)

Bileşenler arasındaki kütle transferinden kaynaklanan dönem değişim miktarı:

$$\text{Çevrim başına } \frac{dP}{dE} = 2A \quad \text{gün/çevrim} \quad (3.1)$$

$$\text{Gün başına } \Delta P_{(g)} = \frac{dP/dE}{P} = \frac{2A}{P} \quad \text{gün/gün} \quad (3.2)$$

$$\text{Bir yılda } \Delta P_{(y)} = \frac{2A}{P} \times 365.25 \quad \text{gün/yıl} \quad (3.3)$$

Bileşenler arasındaki kütle aktarım miktarı:

$$\Delta M = \frac{1}{3} \frac{\Delta P}{P} \frac{M_1 \cdot M_2}{M_1 - M_2} \quad M_{\odot}/\text{gün} \quad (3.4)$$

formülleriyle hesaplanır.

### 3.2 Eksen Dönmesi

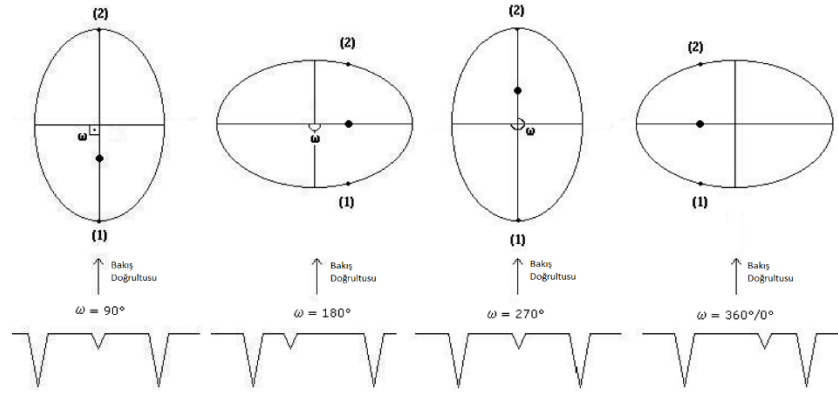
Çift yıldızlarda yörüngeyi belirleyen yedi temel öğeden biri olan enberi boylamı ( $\omega$ ) enberi noktasının çıkış düğümüne göre konumunu belirler. Enberi boylamı şu varsayımlar altında değişmez:

- Bileşenler nokta küttedir,
- Newton çekim yasasına göre hareket ederler,
- Çift sistem kütle çekimsel olarak başka cisimlerin etkisinde değildir.

Yakın çift yıldızlarda bileşenlerin birbirlerine uyguladıkları çekim kuvveti şekillerinin armutlaşmasına neden olur ve bileşen yıldızlar nokta kütle olarak değerlendirilemez. Enberi boylamı eksen etrafında sürekli döner (İbanoğlu 1999). Elips yörüngenin basıklığına göre etkisi daha belirgin olarak görülen bir durum ortaya çıkar.

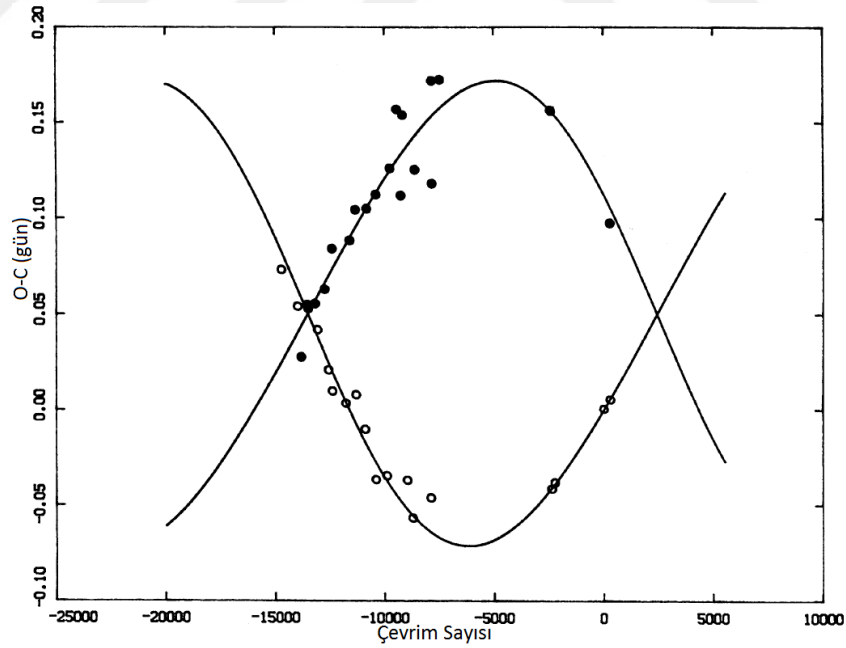
Şekil 3.3'de görüldüğü gibi, yörünge yarı-büyük eksen doğrultusunun bakış doğrultumuza göre dönmesi sonucu minimum zamanlar olduklarından daha erken veya daha geç gözlenirler (Selam 1998). I. minimum daha erken gözlenmeye başlarken, II.

minimumlar ise beklenenden daha geç gözlenir. Bir süre sonra bu durum tersine döner (Kalkan 2012).



Şekil 3.3 Yarı büyük eksen doğrultusunun dönmesi ve minimumların konumu (Sağır 2006)

Eksen dönmesi O-C grafiğinde I. ve II. minimumlar arasında  $180^\circ$  evre farkı olan zıt fazlı iki ayrı sinüs eğrisi şeklinde görülür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Eksen dönmesinin O-C grafiği üzerinde I. ve II. minimumların zıt fazlı iki ayrı sinüs eğrisi ile temsil edilmesi (Lacy 1992'den değiştirilerek alınmıştır)

Örten çiftlerin gözlenen dışmerkezliği ve eksen dönmesi, bileşenlerindeki madde yoğunluğunun dağılımına bağlı olmalıdır. Belli yoğunluk dağılımları için dışmerkezliğin ve eksen dönmesinin hesaplanabilmesi içyapı teorilerinin doğrulanması yönünden önem taşır (Sterne 1939). Basık yörüngeye sahip ayırık örten çift yıldızlarda eksen dönmesi çalışmaları yıldızların içyapılarını anlamada ve Genel Görelilik teorisinin muhtemel kanıtları için önemli bir bilgi kaynağıdır (Wolf 2000).

Eksen dönmesi çalışmaları uzun bir geçmişe sahiptir. İlk olarak Dunér'in (1892) Y Cyg yıldızında farklı dönemlere sahip iki minimum zamanı tespit etmesiyle başlamış ve eksen dönmesinin bir sonucu olarak doğru bir şekilde tanımlamıştır. Y Cyg yıldızı eksen dönmesi gösteren örten çiftler arasında en çok bilinendir (Wolf 2000). Russell (1928) bu yıldızın gözlem verilerini kullanarak madde yoğunluk dağılımlarını belirlemiş ve yıldızlarda dönmeye ve tedirginlik etkilerine bağlı bozulmaların eksen dönmesine etkisini açıklayan ilk kişi olmuştur. Russell'in teorisi Cowling (1938) ve Sterne (1939) tarafından geliştirilmiştir. Aynı yıllarda Levi-Civita (1937) genel göreliliğin eksen dönmesine katkısını tartışmıştır (Lacy 1992). "Einstein Görelilik Kuramı"na göre çift yıldızın bileşenleri nokta kütleler kabul edilse dahi yörünge yarı-büyük ekseninin dönmesi beklenir (Koparan 2008).

Eksen dönmesi gösteren çift sistemlerin ilk katalog çalışmalarını Hegedüs (1988, 1989) ve Petrova (1999) yapmışlardır (Bedel 2011). Eksen dönmesi gösteren 124 adet ve göstermesi muhtemel 150 adet çift sistemin kataloğu Bulut ve Demircan (2007) tarafından yayınlanmıştır.

### **3.3 İlave Cisim Varlığı**

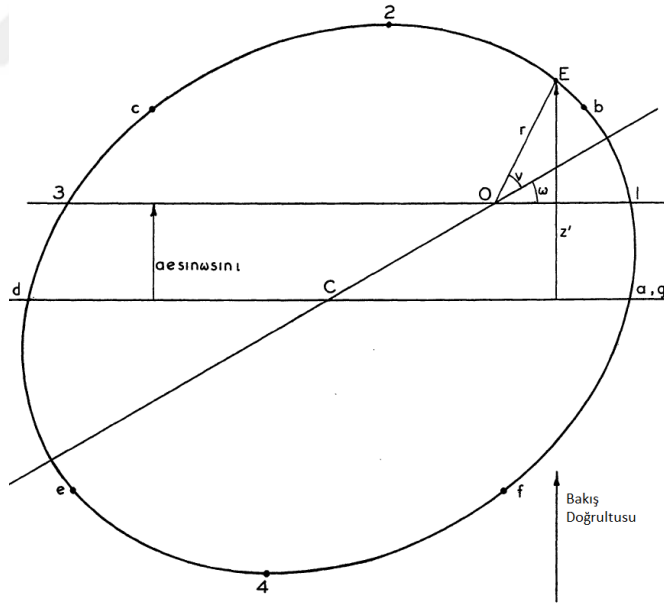
İlave cisim varlığı etkisine ışık-zaman etkisi (light-time effect (LITE)) adı da verilmektedir. Işık-zaman etkisi ilk olarak Chandler (1888) tarafından Algol sisteminde ortaya atıldı, Woltjer (1922) detaylı teorik analizini gerçekleştirdi. Irwin (1952), ışık-zaman etkisine ilişkin denklemleri geliştirdi ve yörünge elemanlarını tanımlayan grafiklerini ortaya koydu (Liska vd. 2015).



Bazı örten değişen çift sistemlerde uzun dönemli periyodik O-C değişimleri sistemde görülmeyen üçüncü bileşenin varlığına işaret eder (Albayrak vd. 1999). Çift yıldızların yaklaşık % 60'ı üçlü veya çoklu sistemlerdir (Elmaslı 2005).

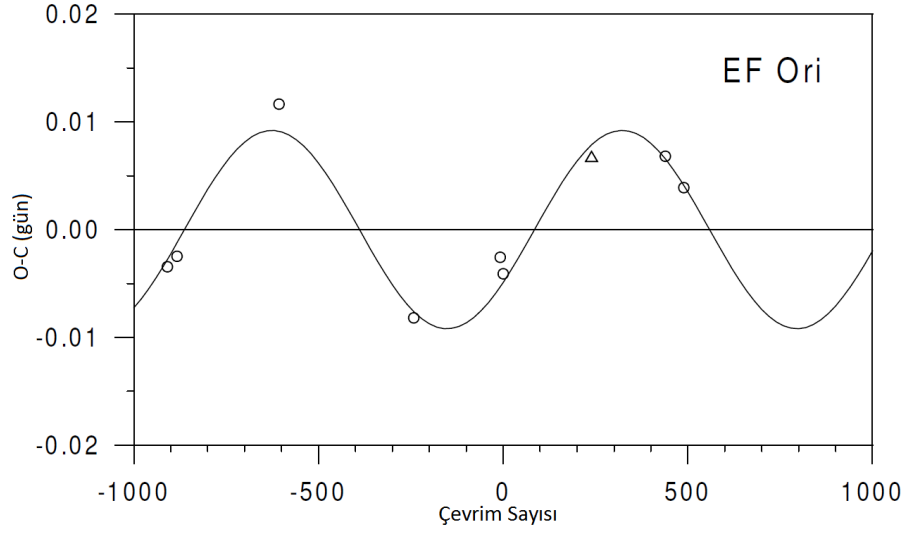
Çift yıldız sistemine dinamik olarak bağlı üçüncü veya daha fazla cisim var ise çift sistemin kütle merkezi bütün sistemin ortak kütle merkezi etrafında dolanım hareketi yapar. Bu dolanım hareketi boyunca çevrimli olarak gözlemciye yakınlaşır ve uzaklaşır. Işık hızının sonlu olması nedeniyle, gözlemciye yakınlaştığı zaman minimum zamanları olduğundan daha erken, uzaklaştığı zaman ise daha geç gözlenir. Böylece minimum zamanları olması beklenen zamandan farklı bir zamanda gerçekleşirler. Bu durumda çift sistemin yörünge dönemi çevrimli olarak değişiyormuş gibi gözlenir.

Şekil 3.5'de gösterilen çift sistemin ortak kütle merkezinin (E), üçlü sistemin ortak kütle merkezi (O) etrafındaki hareketi boyunca O-C değerlerinin zamana göre değişimi sinüs biçimli bir eğri olacaktır.



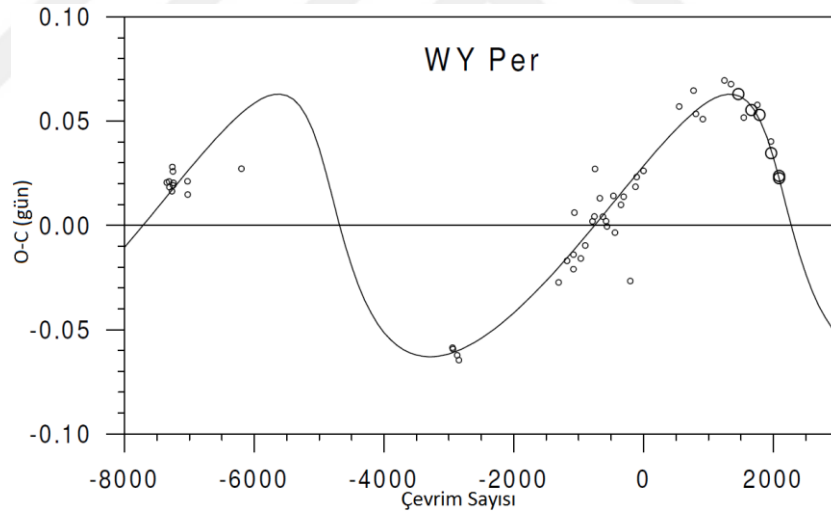
Şekil 3.5 Çift sistemin ortak kütle merkezinin (E) üçlü sistemin ortak kütle merkezi (O) etrafındaki yörüngesi (Irwin 1952'den değiştirilerek alınmıştır)

O-C eğrisinin düzgün bir sinüs eğrisi olması, çift sistemin yörüngesinin çember olduğunu ( $e=0$ ) gösterir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Işık-zaman etkisinde yörüngenin çember ( $e=0$ ) olması (Wolf vd. 2004'den değiştirilerek alınmıştır)

O-C eğrisinin düzgün olmayan bir sinüs eğrisi ise yörüngenin dış merkezli olduğunu ( $0 < e < 1$ ) gösterir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Işık-zaman etkisinde yörüngenin dış merkezli ( $0 < e < 1$ ) olması (Wolf vd. 2004'den değiştirilerek alınmıştır)

Işık-zaman etkisinden kaynaklanan O-C dönem değişimi (Irwin 1952);

$$O - C = \frac{A}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 w}} \left[ \frac{1 - e^2}{1 + e \cos v} \sin(v + w) + e \sin w \right] \quad (3.5)$$

eşitliği ile verilmektedir. Burada O-C eğrisindeki sinüsün genliği  $A$ ;

$$A = \frac{a_{12}(1 - e^2 \cos^2 w) \sin i}{173.15} \quad (3.6)$$

Çift sistemin toplam kütlesi ( $m_1+m_2$ ) biliniyorsa kütle fonksiyonu (Hilditch 2001);

$$f(m_3) = \frac{(a_{12} \sin i)^3}{P_{12}^2} = \frac{(m_3 \sin i)^3}{(m_1 + m_2 + m_3)^2} \quad (3.7)$$

kullanılarak farklı  $i$  yörünge eğimleri için üçüncü bileşenin kütlesi ( $m_3$ ) hesaplanabilir.

Üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine uzaklığı;

$$\frac{a_{12}}{a_3} = \frac{m_3}{m_1 + m_2} \quad (3.8)$$

formülü ile hesaplanır. Formüllerde;

$A$ : Dönem değişim genliği,

$e$ : Üçüncü cismin yörünge dışmerkezliği,

$v$ : Gerçel anomali açısı,

$w$ : Çiftin yörüngesinin enberi noktasının düğümler çizgisinden olan açisal uzaklığı,

$i$ : Üçüncü cismin yörüngesinin bakış doğrultumuza dik düzlem ile yaptığı açı,

$a_{12}$ : Çift sistemin ortak kütle merkezinin üçlü sistemin ortak kütle merkezine uzaklığı,

$a_3$ : Üçüncü cismin üçlü sistemin ortak kütle merkezine uzaklığı,

$m_3$ : Üçüncü cismin kütlesini ifade etmektedir.

### 3.4 Çevrimli Manyetik Aktivite

Tayf türü F5'ten geç olan soğuk yıldızlar güneş benzeri çevrimli manyetik aktivite gösterirler. Yıldızın manyetik aktivite çevrimi boyunca gösterdiği açısal momentum değişiminin çekim potansiyeliyle yörüngeye aktarılması sonucu yörünge dönemi değişir. Bu etki Hall (1989), Applegate (1992), Lanza vd. (1998) tarafından tartışılmıştır (Zasche vd. 2008).

Algol türü çift yıldızların geç tür yoldaş bileşenleri hızlı dönen konvektif yıldızlar olmalarından dolayı kromosferik aktif yıldızlardır. Kromosferik aktif yıldızlar Güneş'deki manyetik aktivitenin çok daha şiddetlisini gösterirler ve çift yıldızlarda yörünge dönem değişimine sebep olurlar. Olson (1985)'a göre U Cep gibi yarı-ayrık algol türü çiftlerin soğuk bileşenleri kromosferik aktif yıldızdır (Hall 1989).

Bazı örten değişenler, genliği  $\Delta P/P \approx 10^{-5}$  ve dönemi birkaç on yıl seviyesinde olan dönem değişim modülasyonları gösterir. Bu modülasyonlar çift sistemdeki manyetik aktif bileşenin açısal momentum değişiminin yörünge dönemiyle çekimsel olarak eşleşmesi şeklinde açıklanabilir. Bu mekanizma, manyetik aktif yıldızın ışıyım gücünün  $\Delta L/L \approx 0.1$  ve diferansiyel dönmesinin  $\Delta \Omega/\Omega \approx 0.01$  seviyesinde değişmesi koşullarını gerektirir. Yüzealtı birkaç kilo Gauss mertebesindeki manyetik alan şiddeti açısal momentumu değiştirecek torku sağlayabilir (Applegate 1992). Çevrimli manyetik aktivite kaynaklı bu dönem değişimine "Applegate mekanizması" denir.

Sistemin yörünge dönem değişimiyle aynı dönemli ışık değişimi de meydana gelir. O-C diyagramında gözlenen modülasyonun dönemi  $P_{\text{mod}}(\text{gün})$  ve yarı genliği O-C (gün) olmak üzere dönem değişim miktarı aşağıdaki eşitlik ile verilmektedir (Applegate 1992).

$$\frac{\Delta P}{P} = 2\pi \frac{O-C}{P_{\text{mod}}} \quad (3.9)$$

#### 4. MATERYAL ve YÖNTEM

Algol türü U CrB değişen yıldızının dönem analizi için literatürden minimum zamanları toplandı (bkz. Bölüm 4.1) ve literatür verilerine ek olarak Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde T40 Kreiken Teleskobu ve T35 Teleskobu ile fotometrik gözlemler yapıldı (bkz. Bölüm 4.2).

Her bir minimum zamanına karşılık gelen çevrim sayısını bulmak için Kreiner (2004)'in ışık elemanları kullanıldı. Bu elemanlara göre  $T_0 = 2440367.9561$  ve  $P = 3.45220779$  olmak üzere  $E$  çevrim sayısı;

$$O = T_0 + P \times E \quad (4.1)$$

ile hesaplandı.  $E$  çevrim sayısı, I. minimumlar için en yakın tam sayıya, II. minimumlar için en yakın 0.5 kesirli sayıya yuvarlanarak her bir minimum zamanının teorik çevrim sayısı ( $E'$ ) hesaplandı. Her bir  $E'$  değeri için;

$$C = T_0 + P \times E' \quad (4.2)$$

eşitliğinden her bir minimum zamanın teorik olarak gözlenmesi gereken  $C$  (İngilizce "Calculated" kelimesinden gelmektedir) değerleri hesaplandı. Gözlenen minimum zamanı ( $O$ ) (İngilizce "Observed" kelimesinden gelmektedir) ve hesaplanan minimum zamanı ( $C$ ) farkı alınarak bu teorik  $E'$  çevrim sayılarına karşılık gelen  $O-C$  değerleri bulundu.  $O-C$  değerleri çevrim sayısı  $E'$ 'ye göre grafiği çizildiğinde  $O-C$  grafiği elde edilmiş oldu (bkz. şekil 5.1).

Literatüden toplanan görsel yöntemle elde edilmiş I. minimum zamanları  $O-C$  grafiğinde saçılma gösterdiğinden her bir yıl içerisindeki minimum zamanların aritmetik ortalaması alınarak tekilleştirildi (bkz. Bölüm 5.1). Çizilen  $O-C$  grafiğindeki doğrusal (lineer), parabolik ve çevrimsel değişimlere bakılarak yıldızın dönem değişimine etki eden mekanizmalar irdelendi (bkz. Bölüm 5.2).

Dönem değişim analizleri MATLAB programlama dili kullanılarak geliştirilen bir kod yardımıyla gerçekleştirildi (bkz. Bölüm 4.3). O-C grafiğine doğrusal, parabolik ve çevrimsel modellemelerde MATLAB'in fit fonksiyonları kullanıldı.

Analiz sırasında gözlem türüne göre elde edilen minimum zamanı verilerinin duyarlılıkları gözönüne alınarak ağırlıklandı. Vanko vd. (2001) CCD ve fotoelektrik için fotoğrafik verilerin 3 katı, Zhu vd. (2009) ve Shengbang (2000) CCD ve fotoelektrik veriler için 8, fotoğrafik ve görsel veriler için 1 ağırlıklarını, Sürgit (2010) fotoğrafik (düzlem minimum), fotoğrafik (sezonluk ışık eğrisinden) ve fotoelektrik ile CCD verisi için sırasıyla 1, 2, 10 ve 10 ağırlıklarını, Doğru (2012) görsel yolla elde edilenler için 1, fotoğrafik yolla elde edilenler için 2, fotoelektrik ve CCD kamera gözlemlerinden elde edilenler için 10 ağırlıklarını kullanmışlardır.

Literatürden görüleceği üzere gözlem türüne göre minimum zamanların ağırlıklandırılmasında belli bir standart yoktur. Bu çalışmada ani dönem değişimi doğrusal modeller için bütün minimum zamanları 1 olarak ağırlıklandırıldı, başka bir ifadeyle ağırlıklandırma kullanılmamıştır. Bileşenlerarası kütle aktarımı parabol modelinde; CCD 10, fotoelektrik 1, fotoğrafik 1 ve görsel minimumlar 1 olarak ağırlıklandırılmıştır. Işık-zaman etkisi ve mayetik aktivite çevrimsel modellerinde; CCD 10, fotoelektrik 10, fotoğrafik 4 ve görsel minimumlar 1 olarak ağırlıklandırıldı. Parabol ve çevrimsel modellerin tek bir fonksiyonla ifade edildiği modelde ağırlıklandırma kullanılmamıştır. Çok sayıda yapılan denemeler sonucu bu ağırlıklandırma değerlerinin ilgili O-C grafiğini en iyi temsil eden modeli verdiği için seçilmiştir.

Herbir fit sonrasında O-C değerlerinin karelerinin toplamı;

$$\chi^2 = \sum_{k=0}^n (w_k \cdot (O - C))^2 \quad (4.3)$$

eşitliği ile hesaplandı. Burada  $w_k$  minimum zamanının gözlem türüne göre ağırlığıdır.

#### 4.1 Literatürdeki Minimum Zamanları

Dönem analizi gerçekleştirilmeden önce değişen yıldızın literatürden minimum zamanlarını toplamak gerekmektedir. Kreiner ve Ziolkowski (1978) 71 farklı kaynaktan derledikleri 214 adet I. minimum zamanı vermişlerdir. Bu minimum zamanlarının 12 adedi fotoelektrik, 202 tanesi ise görsel gözlemlerdir. İlgili veri, o tarihe kadar 120 yılı aşkın zaman zarfındaki bütün minimum zamanlarını içermektedir.

van Gent (1982), Kreiner ve Ziolkowski'nin (1978) listesini de içeren 219 görsel, 10 fotoğrafik, 13 fotoelektrik olmak üzere toplam 242 adet I. minimum zamanını listelemiştir. van Gent (1989) ayrıca 6 adet fotoelektrik I. minimum, 2 adet fotoelektrik II. minimum zamanı vermiştir. U CrB yıldızına ait II. minimum ilk defa bu çalışmada verilmiştir. Bu verilerle birlikte bu çalışmada, Bundesdeutsche Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne e.V. (BAV)'ın internete açık veritabanından 2 adet fotoelektrik, 6 adet fotoğrafik ve 95 adet görsel olmak üzere toplam 103 adet I. minimum zamanı da alınarak listeye eklenmiştir (<http://www.bav-astro.de> 2015e). Dolayısıyla bu çalışmada 51 farklı kaynaktan U CrB yıldızı için literatürde toplamda 21 adet CCD, 83 adet fotoelektrik, 12 adet fotoğrafik, 502 adet görsel olmak üzere toplam 618 adet I. minimum zamanı, 2 adet de fotoelektrik II. minimum zamanı toplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 U CrB yıldızına ait literatürde farklı yöntemlerle elde edilmiş minimum zaman sayıları

<b>Minimum Türü</b>	<b>CCD (ccd)</b>	<b>Fotoelektrik (pe)</b>	<b>Fotoğrafik (pg)</b>	<b>Görsel (vis)</b>
I	21	83	12	502
II	0	2	0	0

Literatürden toplanan bazı minimum zamanlarının birden fazla kaynaktan verildiğinden dolayı bunlardan sadece biri göz önüne alınmıştır. Kreiner ve Ziolkowski (1978) kaynağından alınan 2401572.06 ve 2399041.55 HJD tarihli I. minimum zamanları da

Winnecke tarafından U CrB yıldızının değişen olarak tanımlandığı 1869 tarihinden öncesine rasgeldiğı için gözardı edilmiştir.

Sonuç olarak literatürden 415 tane minimum zamanı analizde kullanıldı. Bunlardan 413 tanesi I.minimum, 2 tanesi II. minimum zamanlarıdır. 17 tanesi CCD, 43 tanesi fotoelektrik, 12 tanesi fotoğrafik ve 343 tanesi görsel minimum zamanlarıdır. Literatürden ve bu çalışma kapsamında gözlemler sonucu elde edilen ve dönem analizinde kullanılan bütün minimum zamanlarının listesi minimum zaman türü, gözlem türü ve kaynaklarıyla birlikte Ek 1’de verildi.

## 4.2 Gözlemsel Veri

Literatür verilerine ek olarak sisteme ilişkin yeni minimum zamanı elde etmek için Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi’nde (AÜKR) gözlem yapıldı. 40 cm çaplı Kreiken (Meade LX200 16”) Teleskobu ve ona bağlı Apogee ALTA-U47 (1024x1024) CCD kamerası kullanılarak Johnson B,V,R ve I filtrelerinde 2014 yılı II. gözlem döneminde 6 gece gözlem planlandı. 35 cm çaplı T35 (Meade LX200 14”) Teleskobu ve ona bağlı Apogee ALTA-U47 (1024x1024) CCD kamerası kullanılarak Bessel B,V,R ve I filtrelerinde 2015 yılı II. gözlem döneminde 2 gece, 2015 yılı III. gözlem döneminde 2 gece, 2018 yılı II. gözlem döneminde 2 gece gözlem planlandı. Gözlemlerde mukayese yıldızı olarak GSC 2563-605 kullanıldı. Mukayese yıldızına ilişkin bilgiler çizelge 4.2’de verilmektedir.

Çizelge 4.2 GSC 2563-605 mukayese yıldızının parlaklık ve koordinat bilgileri (SIMBAD Astronomik Veri Tabanı <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/> 2015)

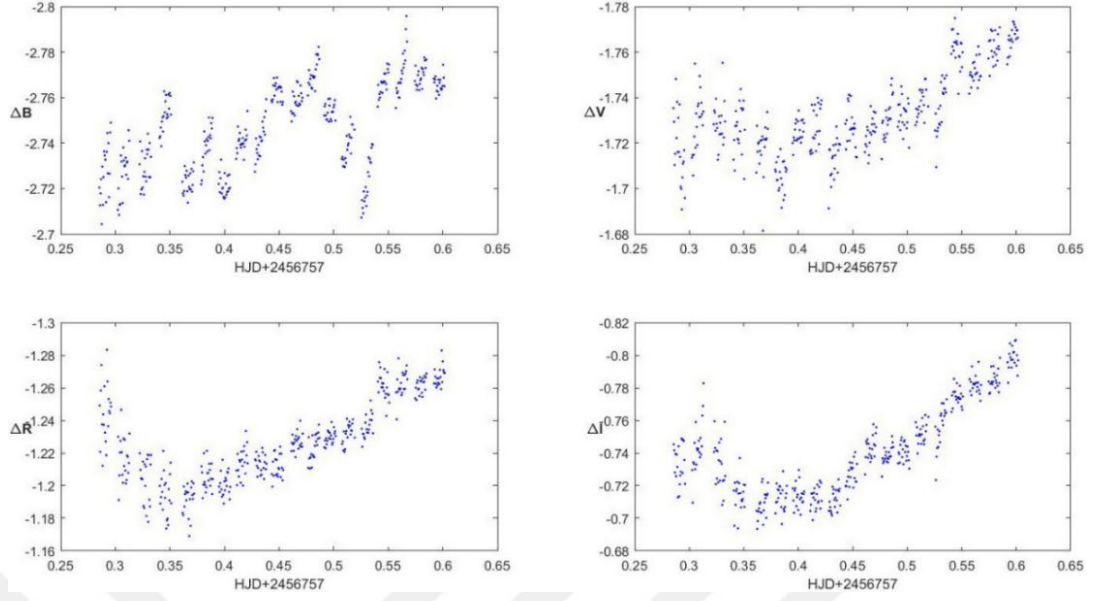
<b>Koordinat (FK5 J2000)</b>	<b>Parlaklık (B)</b>	<b>Parlaklık (V)</b>	<b>B-V</b>
$\alpha$ : 15 18 19.59 $\delta$ : +31 54 53.50	10.53	9.51	1.02



Gözlemsel verilerdeki aletsel etkilerin giderilebilmesi için her gözlem gecesinde Bias, Dark ve Flat görüntüleri alındı. Değişen ve mukayese yıldız görüntülerinde önce Bias ve Dark etkileri giderildi ve ardından Flat düzeltmesi gerçekleştirildi. Gözlemsel verilerin indirgenmesinde IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) (<http://iraf.noao.edu> 2015a) ve MYRAF programları kullanıldı (<http://myrafproject.org> 2015b). Aletsel etkiler arındırıldıktan sonra görüntüler üzerinde fotometrik analiz yapılarak yıldızların parlaklıkları belirlendi. Değişen yıldızın parlaklığından mukayese yıldızın parlaklığını çıkararak diferansiyel fotometri parlaklıkları hesaplandı.

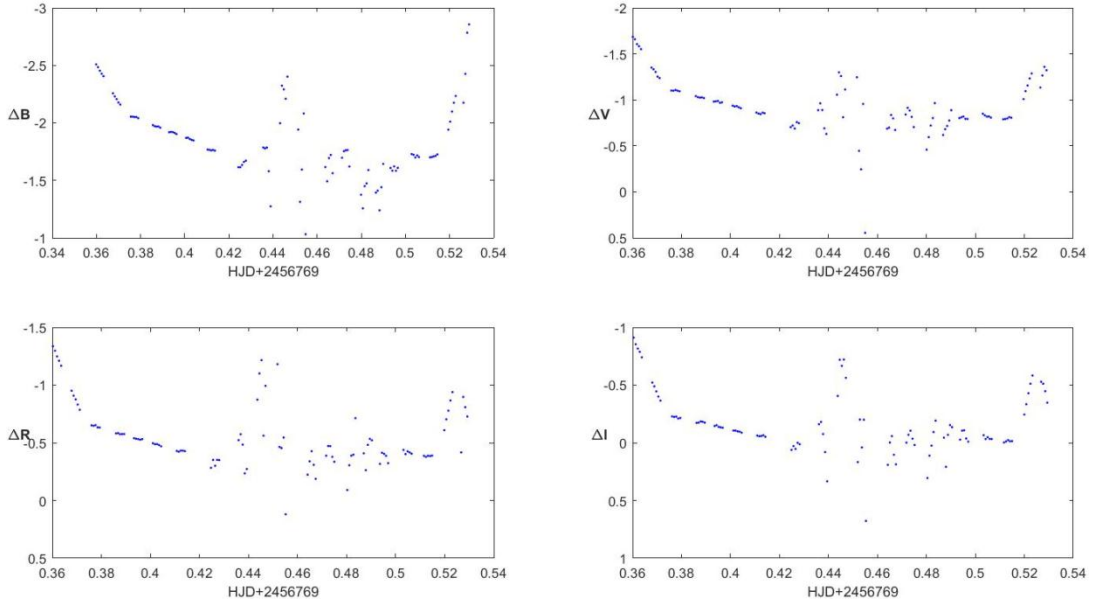
Elde edilen ışık eğrilerine AVE (Análisis de Variabilidad Estelar <http://astrogea.org> 2015c) programı kullanılarak Kwee-van Woerden (1956) yöntemiyle minimum zamanları hesaplandı ve hataları ile birlikte elde edildi. Daha sonra minimum zamanları Güneş-merkezli Jülyen Günü'ne (Heliocentric Julian Day (HJD)) indirgendi.

9 Nisan 2014 gecesı yapılan gözlemde; değişen yıldız için B, V, R ve I filtrelerinin her birisi için 400'er adet, mukayese yıldız için 105'er adet görüntü elde edildi. B, V, R, I bandlarına ait ışık eğrileri şekil 4.1'de verildi. B ve V bandlarının ışık eğrisinde minimum yapısı belirgin olmadığı için minimum zamanları hesaplanamadı ancak R ve I bandları için hesaplanabildi. İndirgeme sonucunda 2456757.3932 HJD tarihli II. minimum zamanı elde edildi.



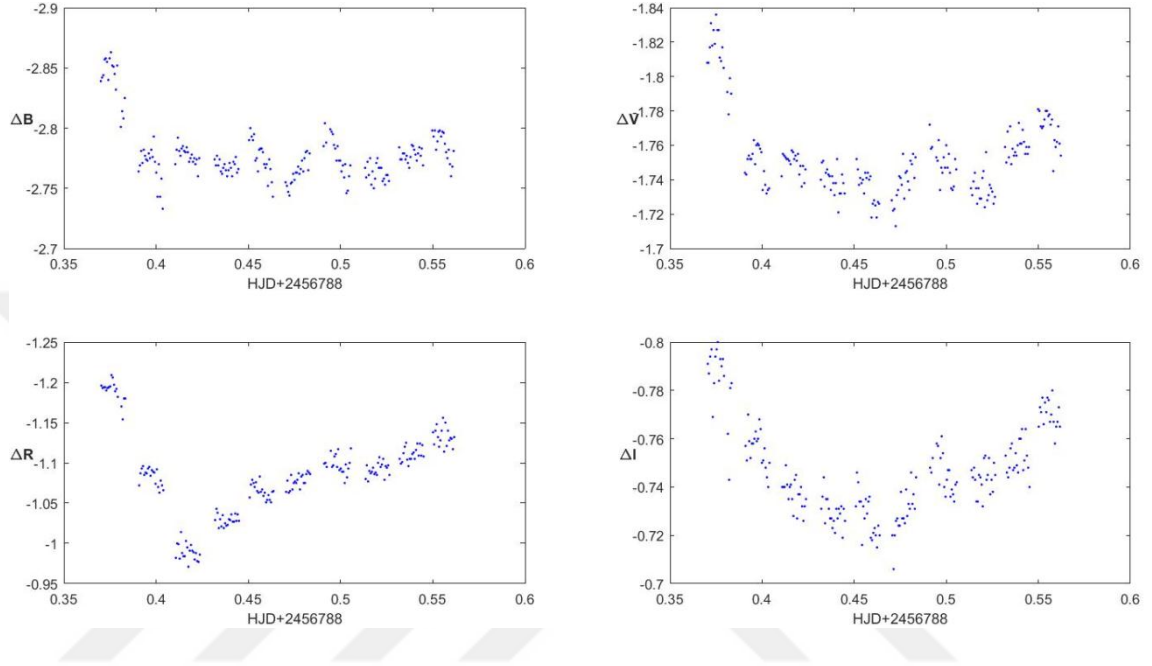
Şekil 4.1 9 Nisan 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri

21 Nisan 2014 gecesi yapılan gözlemde; değişen yıldız için B, V, R ve I filtrelerinin her birisi için 105'er adet, mukayese yıldız için 20'er adet görüntü elde edildi. Şekil 4.2'de verilen B, V, R, I bandlarına ait ışık eğrilerinde havanın bulutlu olmasından dolayı kaynaklandığı düşünülen saçılmalar (düzensizlik) nedeniyle I. minimum elde edilemedi.



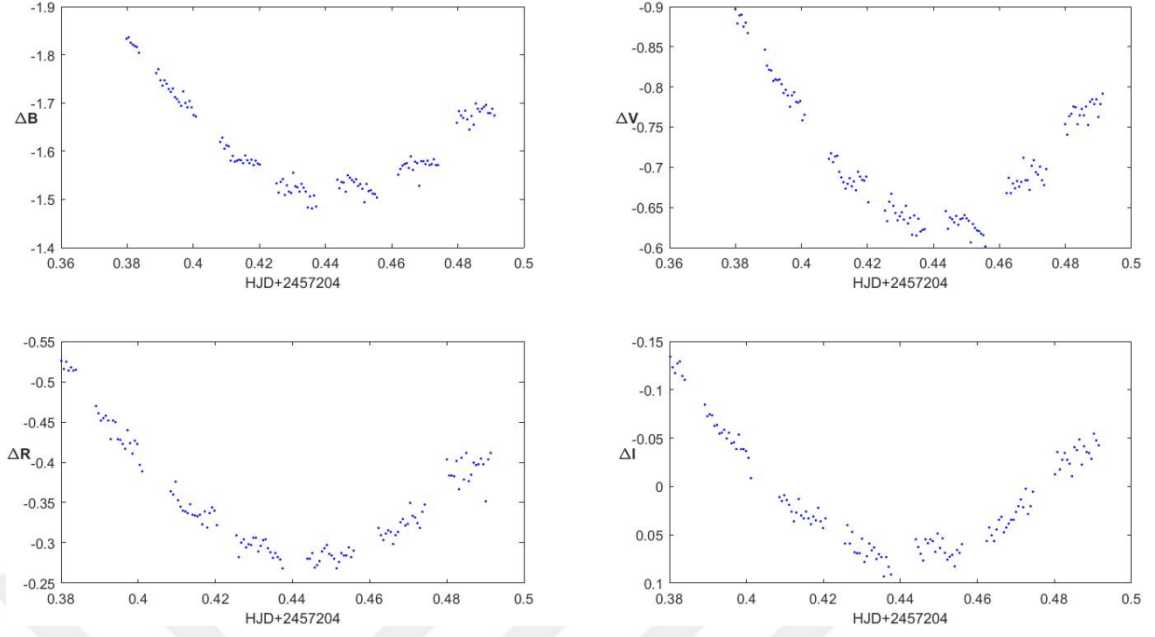
Şekil 4.2 21 Nisan 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri

10 Mayıs 2014 gecesi yapılan gözlemede; değişen yıldız için B, V, R ve I filtrelerinin her birisi için 200'er adet, mukayese yıldız için 50'şer adet görüntü elde edildi. B, V, R, I bandlarına ait ışık eğrileri şekil 4.3'de verilmiştir. İndirgeme sonucunda 2456788.4661 HJD tarihli II. minimum elde edildi.



Şekil 4.3 10 Mayıs 2014 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri

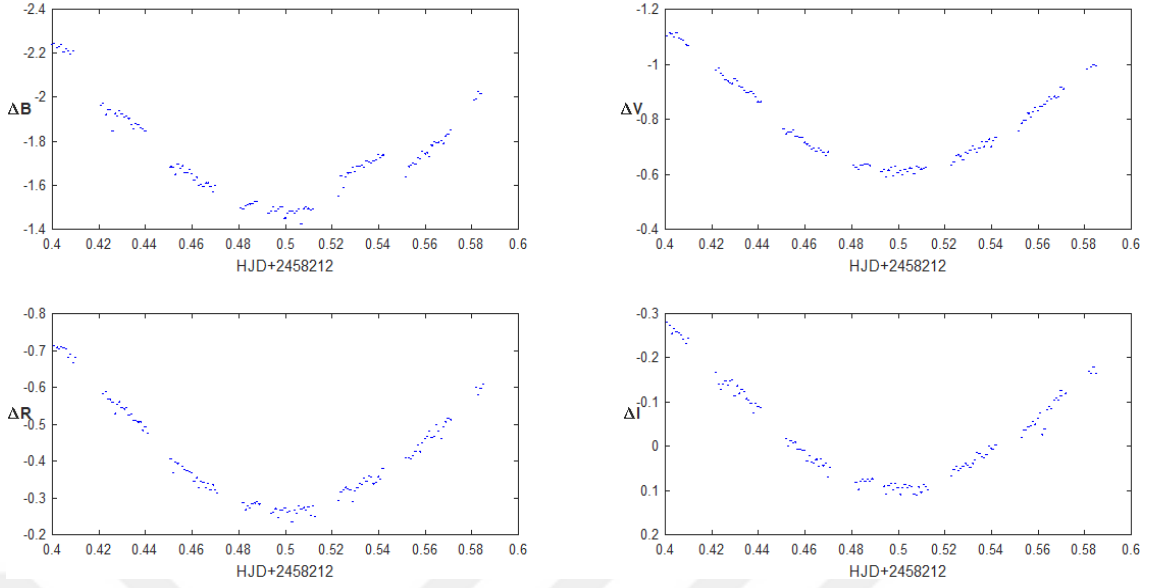
30 Haziran 2015 gecesi yapılan gözlemede; değişen yıldız için B, V, R ve I filtrelerinin her birisi için 127'şer adet, mukayese yıldız için 32'şer adet görüntü elde edildi. B, V, R, I bandlarına ait ışık eğrileri şekil 4.4'de verildi. İndirgeme sonucunda 2457204.4425 HJD tarihli I. minimum elde edildi.



Şekil 4.4 30 Haziran 2015 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri

07 Ağustos 2015 gecesı yapılan gözlemde; gözlem gününün belirlenmesinde yapılan hata nedeniyle tutulmanın olduğu zamanda değişen yıldız battı. Bu nedenle I. minimum elde edilemedi.

03 Nisan 2018 gecesı yapılan gözlemde; değişen yıldız için B, V, R ve I filtrelerinin her birisi için 123'er adet, mukayese yıldız için 33'er adet görüntü elde edildi. B, V, R, I bandlarına ait ışık eğrileri şekil 4.5'de verildi. İndirgeme sonucunda 2458212.5009 HJD tarihli I. minimum elde edildi.



Şekil 4.5 03 Nisan 2018 tarihinde yapılan gözleme ait ışık eğrileri

28 Nisan 2014'te I. minimum, 17 Mayıs 2014'te II. minimum, 29 Mayıs 2014'te I. minimum, 30 Mayıs 2015'te I. minimum, 14 Ağustos 2015'te I. minimum, 22 Mart 2018'de II. minimum elde etme amaçlı planlanan gözlemler kötü hava koşulları nedeniyle gerçekleştirilemedi.

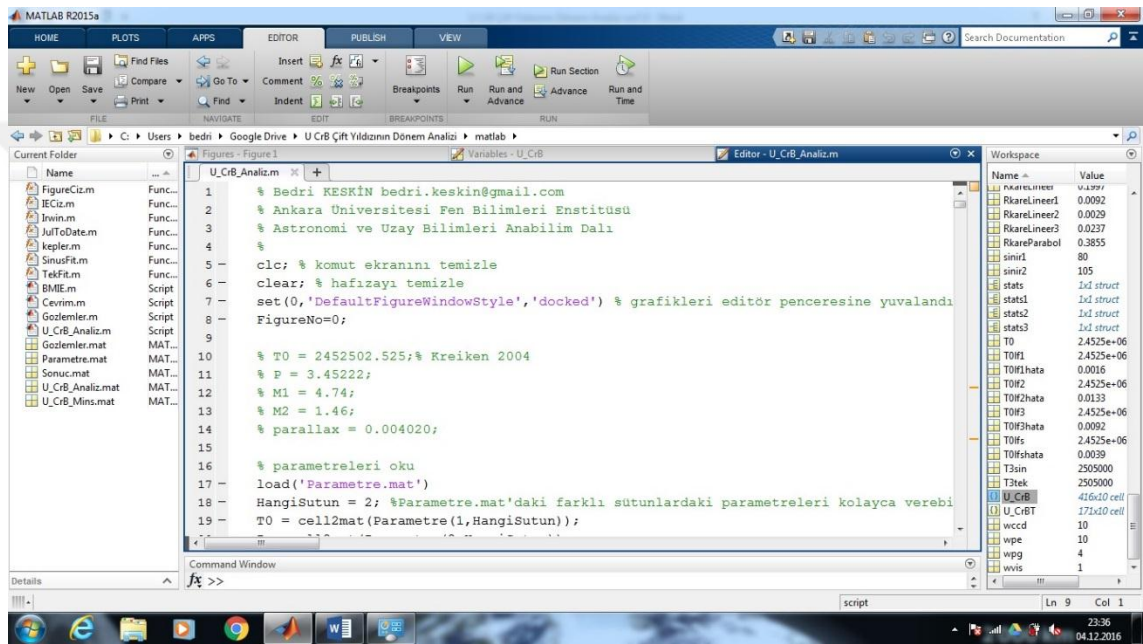
Gözlemler sonucu U CrB örten değişen yıldızı için Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi'nde elde edilen minimum zamanları listesi çizelge 4.3'de verildi.

Çizelge 4.3 AUKR'de U CrB'nin gözlemler sonucu elde edilen minimum zamanları

Minimum Türü	Tarih (HJD)	Hatası
I	2458212.5009	0.0012
I	2457204.4425	0.0002
II	2456788.4661	0.0004
II	2456757.3932	0.0012

### 4.3 Geliştirilen Dönem Analiz Kodu

U CrB'nin O-C eğrisinde görülen dönem değişimlerini modellemek için MATLAB R2015a programlama dili kullanılarak bir kod geliştirildi (<http://www.mathworks.com> 2015d). MATLAB, Windows 7 Enterprise 64 bit işletim sistemi Intel Core i3 2.20 GHz 4 GB RAM özellikli dizüstü bilgisayar üzerinde çalıştırıldı. Yazılım geliştirme ortamının genel görünümü şekil 4.6'da gösterildi.



Şekil 4.6 MATLAB ekranındaki dönem analiz kodu

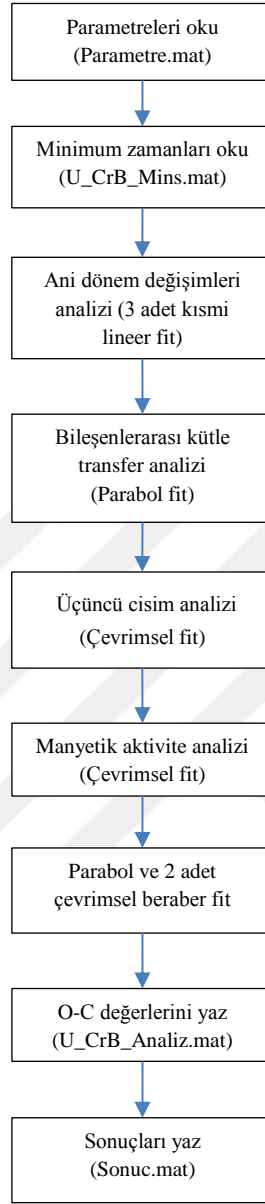
Yazılım kodu; grafikleri çizen FigureCizm fonksiyonu, üçüncü cismin O-C değerlerinin hesaplandığı Irwin (1952) formülünün ifade edildiği Irwin.m fonksiyonu, Julian tarihinin Gregoryen tarihine çevrildiği JulToDate.m fonksiyonu, ortalama ayırlıklıktan (anomal) eksantrik ayırlıklığın hesaplandığı kepler.m fonksiyonu, sinüzoidal fit işleminin yapıldığı SinusFit.m fonksiyonu, parabol ve sinüzoidal fitlerin hepsinin aynı anda yapıldığı TekFit.m fonksiyonu, U\_CrB\_Analiz.m çalıştırılabilir MATLAB betiği, analiz için gerekli parametreleri içeren Parametre.mat tablosu ve EK 1'de verilen analizde kullanılan minimum zamanlarını içeren U\_CrB\_Mins.mat tablosundan oluşur.

Analiz sonuçları program çalışması esnasında Sonuc.mat isminde, fit sonrasında herbir minimum zamanı için hesaplanan O-C değerleri U\_CrB\_Analiz.mat isminde dosyalar oluşturularak bulunduğu klasöre otomatik olarak kaydedilir. Grafikler çok sayıda oluşturulduğu için ayrı pencerelerde açılmayıp editör penceresinde yuvalandırıldı.

Irwin.m, JulToDate.m ve kepler.m fonksiyonlarının yazımında Zsche vd. (2009)'den yararlanılmıştır. SinusFit.m fonksiyonu ise MATLAB'in cftool aracından türetilmiştir.

Ayrıca, bu çalışma kapsamında yapılan gözlemlerin B, V, R ve I dalga boylarına ait parlaklık değerlerinin bulunduğu Gozlemler.mat tablosu, ışık eğrisi çizen IECiz.m fonksiyonu, bütün gözlemlerin ışık eğrilerini bir arada gösteren BMIE.m betiği, bütün gözlemlerin ışık eğrilerini bir çevrimde gösteren Cevrim.m betiği, bütün gözlemlerin ayrı çizildiği Gozlemler.m betiği de yazıldı.

Geliştirilen yazılımın kaynak kodları EK 2'de verildi ve MATLAB'in kod paylaşım sitesi olan <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/> adresine "Binary Star Period Analysis" ismiyle yüklendi. Bu dosyalar bir klasöre kaydedilip MATLAB'in arayüzünde U\_CrB\_Analiz.m dosyasına sağ klik yapıp "Run" seçeneği seçildiğinde program şekil 4.7'de gösterilen akışa göre çalışmaktadır.



Şekil 4.7 Geliştirilen dönem analiz kodunun akış şeması



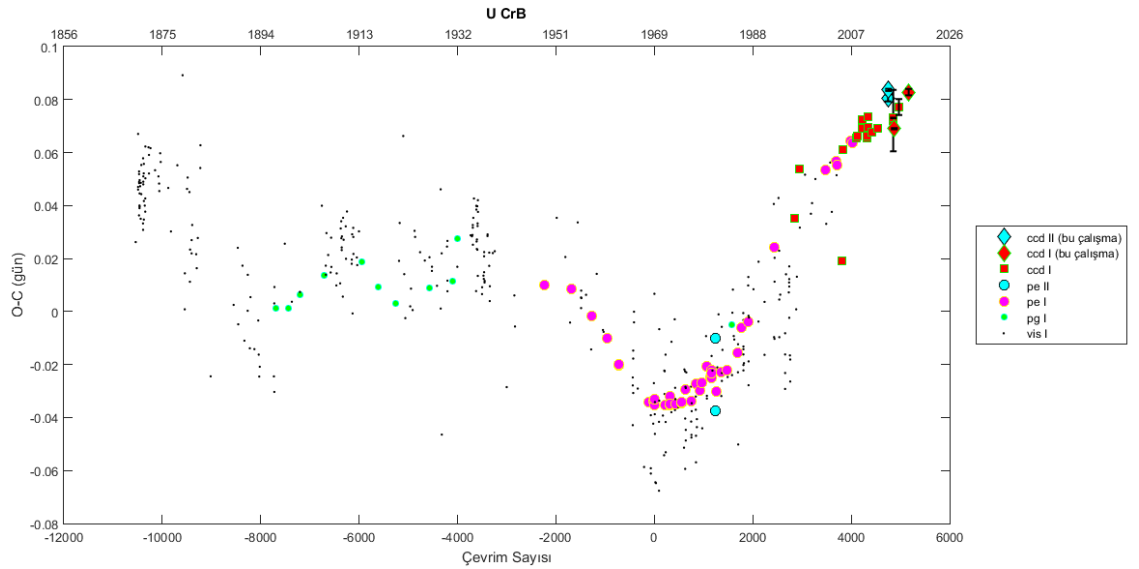
## 5. DÖNEM ANALİZİ

Bazı çift yıldız sistemlerinin yörünge dönemi zaman içinde değişim gösterebilir veya değişiyormuş gibi algılanabilir. Dönem değişimi, gözlenen minimum zamanı (O) ile hesaplanan minimum zamanı (C) arasındaki fark olarak kendini gösterir. Bu farkların (O-C), zamana göre grafiğini çizdiğimizde (O-C) grafiğini elde ederiz. Bu grafiğin analizi ile dönem değişiminin nedenleri açıklanabilmektedir. O-C analizi değişen yıldızlarda görülen dönem değişimlerinin nedenlerini araştırmada kullanılan geleneksel bir tekniktir.

Bu çalışmada Algol türü örten çift olan U CrB yıldızının dönem değişiminin analizi yapıldı. Sistemde doğrusal, parabolik ve çevrimsel değişimler analiz edilerek dönem değişimine etki eden mekanizmalar incelendi.

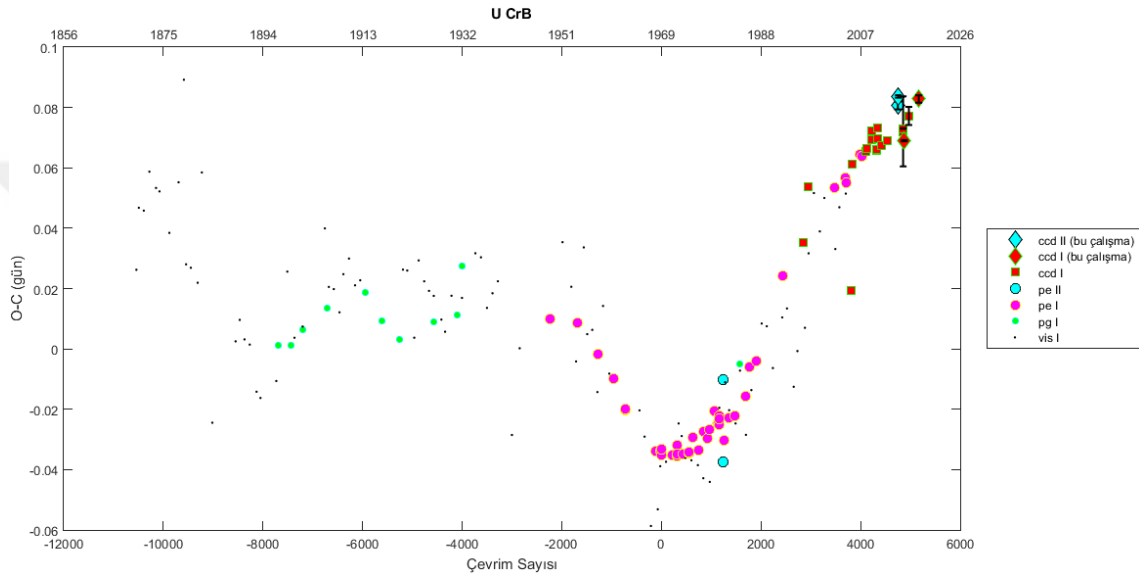
### 5.1 Sezonluk Görsel Minimum Zamanların Tekilleştirilmesi

Literatürdeki ve gözlem sonucu elde edilen, listesi EK 1’de verilen minimum zamanlar,  $T_0 = 2440367.9561$  ve  $P = 3.45220779$  ışık elemanları kullanılarak O-C grafiği şekil 5.1’de verildiği gibi üretildi.



Şekil 5.1 U CrB'nin O-C grafiği

Görsel yöntemle elde edilmiş minimum zamanları (vis I) saçılma gösterdiğinden bu minimum zamanları herbir sezon için kendi aralarında değerlendirilerek tekilleştirme yoluna gidildi. Yani, görsel minimum zamanları yıllara ayrıldı ve herbir yıl içerisindeki ilk görsel minimum zamanının O-C değeri, o yıl içerisindeki bütün görsel minimum zamanlarının O-C değerlerinin aritmetik ortalamasına eşitlendi. Bu yöntem sonucu elde edilen O-C grafiği şekil 5.2’de gösterilmiştir. Böylece 343 adet olan görsel minimum zamanlarının sayısı 98 adete indi.



Şekil 5.2 U CrB'nin görsel minimum zamanları tekilleştirilmiş O-C grafiği

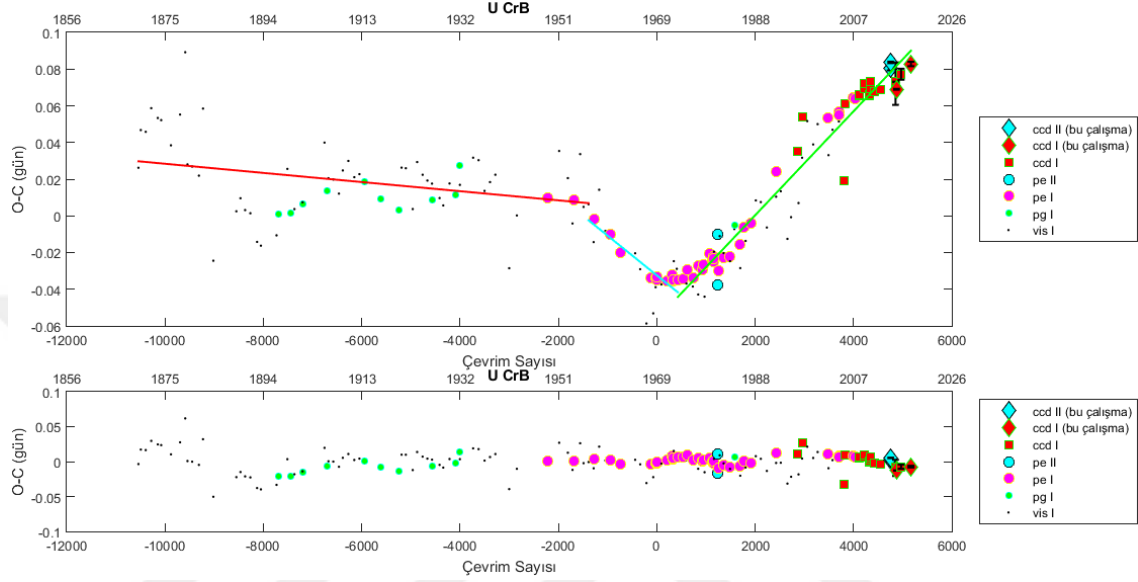
## 5.2 O-C Eğrisi Analizi

Literatürdeki ve gözlem sonucu elde edilen minimum zamanları kullanılarak şekil 5.2’de çizilen O-C grafiği iki farklı şekilde yorumlanabilir;

- (i) Ani dönem değişimleri: Kısa zaman aralıklarında, eğimleri ve zaman aralıkları eşit olmayan farklı doğru parçalarıyla ifade edilen ani değişimler
- (ii) Tekdüze ve çevrimsel değişimler: Uzun zaman aralığında bir parabol parçası üzerine binmiş periyodik değişimler

## 5.2.1 Ani dönem değişimleri

Çizilen O-C grafiği üzerine en küçük kareler yöntemiyle yapılan farklı eğimlere sahip doğrusal fitler ve artıkları şekil 5.3’de gösterildi.



Şekil 5.3 Farklı eğimlere sahip doğrusal fitler ve artıkları

Yapılan fitler sonucu 1955 yılı civarında -1.65 sn ani dönem kısalması, 1970 yılı civarında 4.31 sn ani dönem uzaması gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 U CrB değişen yıldızında görülen olası ani dönem değişimleri

n	$t_n$	$P_n(\text{gün})$	$\Delta E$ (Çevrim)	$\Delta P_n(\text{sn})$
1	1869.7	3.4522	9153	-
2	1956.2	3.4521	1562	-1.65±0.31
3	1971.0	3.4522	-	4.31±0.31

Klasik Algollerde kütle aktarımının yönü düşük kütleli ikinci bileşenden büyük kütleli birinci bileşene doğrudur ve kesikli (episodik) bir yapı göstermektedir (Selam ve Demircan 1992). Dolayısıyla 1955 yılı civarında görülen ani dönem azalmasının nedeni

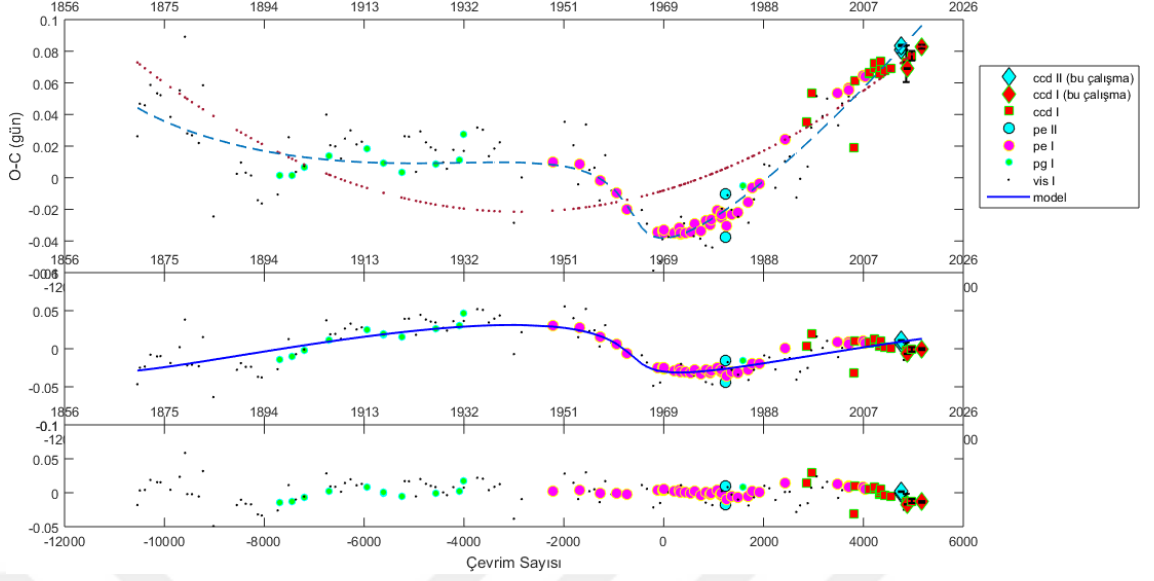
büyük kütleli bileşenden düşük kütleli bileşene madde aktarımı olamaz ancak sistemden momentum ve madde kaybı ile açıklanabilir. Düşük kütleli ikinci bileşenin manyetik rüzgarı ile kütle ve açısal momentum kaybettiği, yörünge döneminin dönme-dolanma kitlenmesi sonucu azaldığı söylenebilir.

1970 yılı civarında görülen ani dönem artması ise düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene ani kütle aktarımı ile birinci bileşenin kütle ve momentum kazanması şeklinde açıklanabilir. Yani düşük kütleli bileşenin kaybettiği kütle büyük kütleli bileşen tarafından yakalanmıştır.

Ani dönem değişimlerinin analizi için yapılan farklı eğimlere sahip doğrusal fitlerin artıklarında ise parabolik veya çevrimsel herhangi bir değişim görünmemektedir. Farklı eğimlere sahip doğrusal fit sonrasında O-C değerlerinin karelerinin toplamı  $\chi^2 = 0.0351$  olarak bulundu.

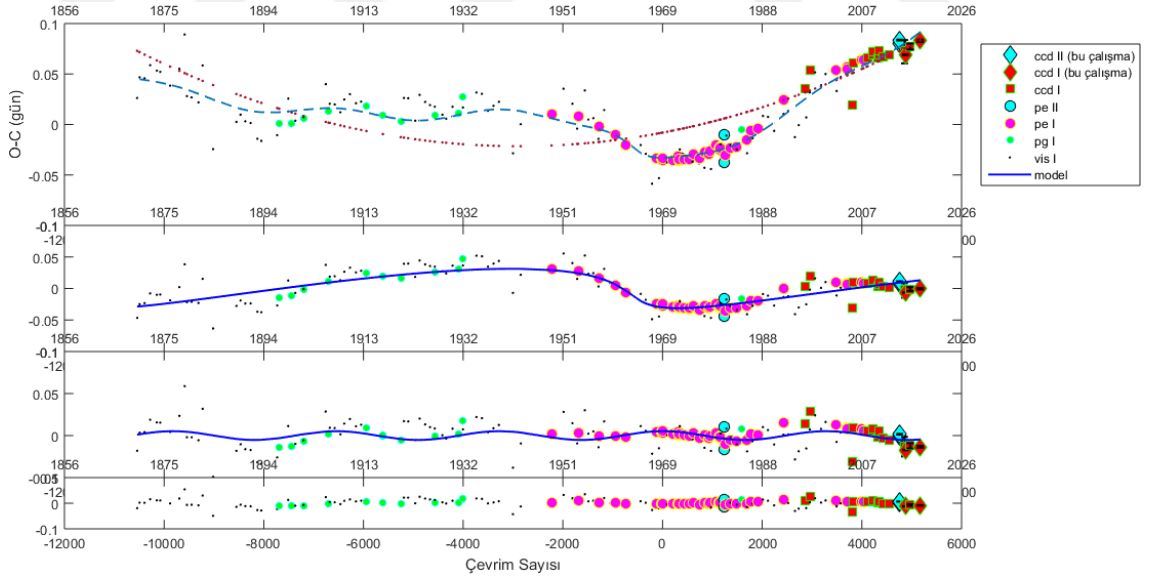
### **5.2.2 Tekdüze ve çevrimsel değişimler**

U CrB'nin O-C grafiği bir parabol üzerine binmiş bir veya birden fazla çevrimsel değişimlerle de ifade edilebilir. Şekil 5.4'de görüldüğü gibi parabol üzerine binmiş bir çevrimsel değişim olduğu düşünülürse kolları yukarı parabol düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle transferi olduğunu gösterir. Çevrimsel değişimin tam sinüsel olmaması, genliğinin 0.01 günden yüksek ve döneminin yüzyıl mertebesinde olması, sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cismin varlığını destekler.



Şekil 5.4 Kütle transferi ve 3. bileşenden kaynaklı çevrimsel değişim

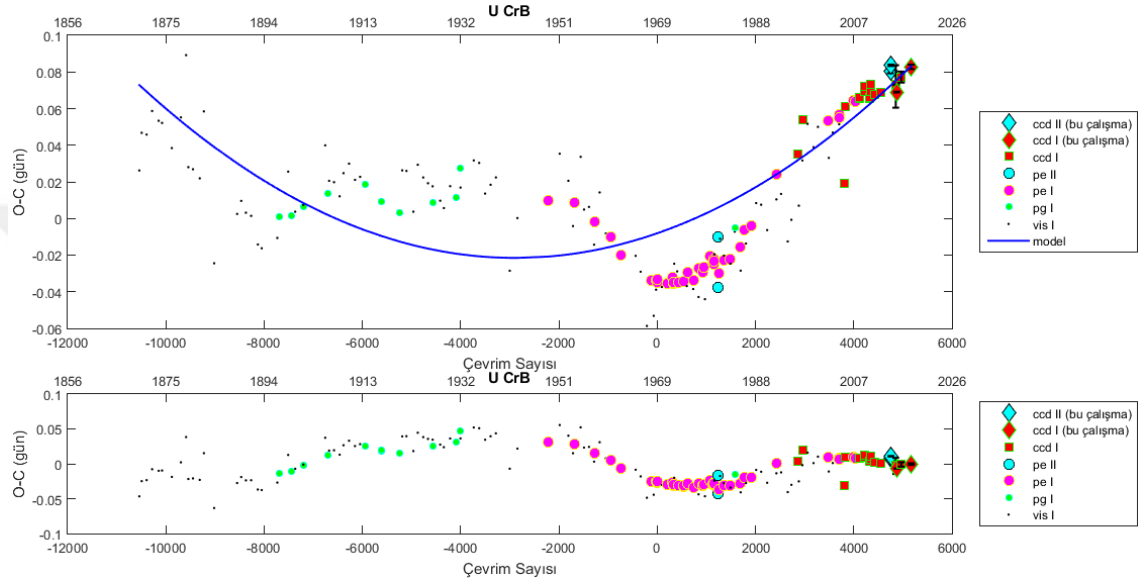
Yapılan fit ve fitten olan artıklarında çevrimsel bir değişim göze çarpmaktadır. Bu şekilde ikinci bir sinüzoidal çevrimsel değişimin olduğu şekil 5.5’de açıkça görülmektedir.



Şekil 5.5 Kütle transferi, 3. bileşenden kaynaklı çevrimsel değişim ve manyetik etkinlik kaynaklı çevrimsel değişim

Sinüzoidal çevrimsel değişimin genliğinin ve döneminin düşük olması, II. minimumların konumları gereği aynı model ile ifade edilebiliyor olması, bu değişimin çift sistemin soğuk bileşeninin manyetik etkinlik gösterdiği şeklinde yorumlandı.

O-C grafiği üzerine en küçük kareler yöntemiyle yapılan parabol fit ve artıkları şekil 5.6'da gösterildi.



Şekil 5.6 O-C grafiğine parabol fit edilmesi ve artıkları

Elde edilen en iyi fitin denklemi eşitlik 5.1'de verildi.

$$O - C = (-0.008 \pm 0.002) + (9.32 \times 10^{-6} \pm 4.4 \times 10^{-7})xE + (1.61 \times 10^{-9} \pm 9.3 \times 10^{-11})xE^2 \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1'deki ikinci dereceden terimin katsayısı eşitlik 3.1'deki  $A$  sayısıdır. Bu sayının pozitif, parabolün kollarının yukarı yönlü olması, düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımının olduğu sonucunu çıkarır. Düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı çift sistemin döneminin sürekli olarak artmasına yani dönemin uzamasına neden olur.

Bu durumda dönem değişimi çevrim başına;

$$\frac{dP}{dE} = 2A = 2 \times 1.61 \times 10^{-9} = 3.22 \times 10^{-9} \pm 1.87 \times 10^{-10} \text{ gün/çevrim} \quad (5.2)$$

Gün başına;

$$\Delta P_{(g)} = 2 \times 1.61 \times 10^{-9} / 3.4522077 = 9.34 \times 10^{-10} \pm 5.42 \times 10^{-11} \text{ gün/gün} \quad (5.3)$$

Bir yılda;

$$\Delta P_{(y)} = 9.34 \times 10^{-10} \times 365.25 \times 86400 = 0.02948 \pm 0.00171 \text{ sn/yıl} \quad (5.4)$$

Düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarım miktarı günde;

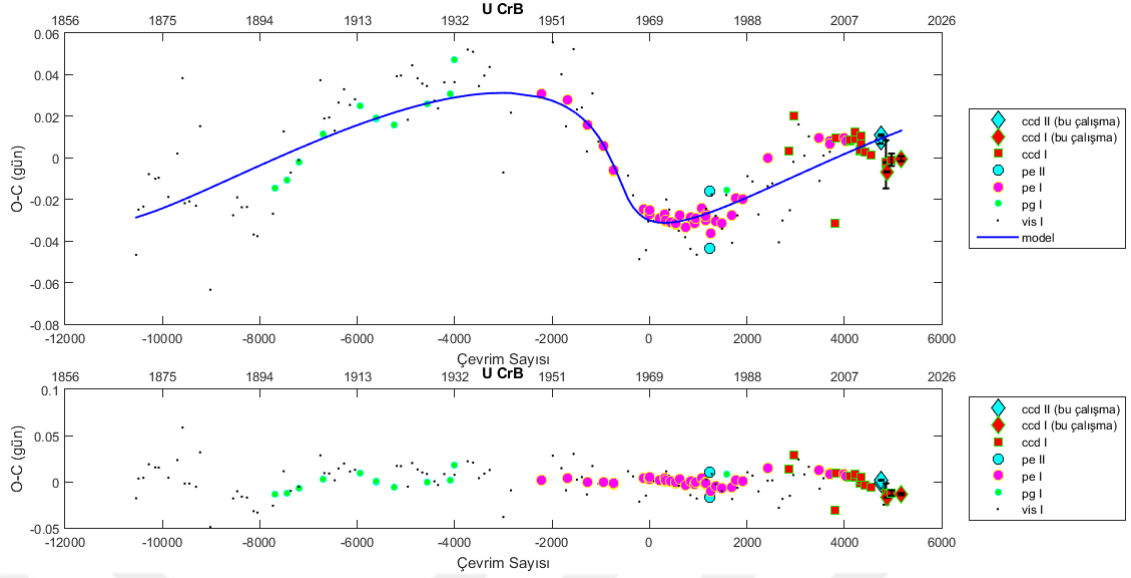
$$\Delta M_{(g)} = \frac{1}{3} \frac{2.7 \times 10^{-10}}{3.4522077} \frac{4.74 \times 1.46}{4.74 - 1.46} = 1.90 \times 10^{-10} \pm 1.10 \times 10^{-11} \text{ } M_{\odot}/\text{gün} \quad (5.5)$$

Bir yılda;

$$\Delta M_{(y)} = 1.90 \times 10^{-10} \times 365.25 = 6.95 \times 10^{-8} \pm 4.03 \times 10^{-9} \text{ } M_{\odot}/\text{yıl} \quad (5.6)$$

olarak bulunur. Parabol fit sonrasında O-C değerlerinin karelerinin toplamı  $\chi^2 = 0.3504$  olarak bulundu.

Parabol fiti artıklarından elde edilen O-C grafiğinde sinüzoidal bir karakteristik açıkça görülmektedir. Herbir O-C değerinin gözlem türüne göre ağırlığı gözönünde bulunarak en küçük kareler yöntemiyle 3. cisim fitinin elde edilmesi ve fitten olan artıklar şekil 5.7'de gösterildi.



Şekil 5.7 Parabolden olan artıklara 3. cisim fiti ve artıkları

O-C grafiğine fit edilen sinüsün basık olması, çevrimli dönem değişiminin nedeninin ışık-zaman etkisi, yani çift sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cisim olarak değerlendirilebilir. Yapılan 3. cisim fitinin denklemi eşitlik 5.7’de verildi.

$$O - C = \frac{0.031 \pm 0.0012}{\sqrt{1 - (0.726 \pm 0.0727)^2 \cos^2(197.51 \pm 4.35)}} \times \dots$$

$$\left[ \begin{array}{l} \frac{1 - (0.726 \pm 0.0727)^2}{1 + (0.726 \pm 0.0727) \cos \nu} \sin(\nu + (197.51 \pm 4.35)) + \dots \\ \dots \\ \dots(0.726 \pm 0.0727) \sin(197.51 \pm 4.35) \end{array} \right] \quad (5.7)$$

Irwin’in (1952) ışık-zaman etkisi bağıntısına göre üçüncü cismin parametreleri aşağıda heplandı:

$$P_3 = 39600.33 \pm 1036.99 \text{ gün} = 108.41 \pm 2.83 \text{ yıl}$$

$$T_3 = 2517597.8188 \pm 2174.8135 \text{ HJD}$$

$$e_3 = 0.726 \pm 0.0727$$

$$w_3 = 197.51^\circ \pm 4.35$$



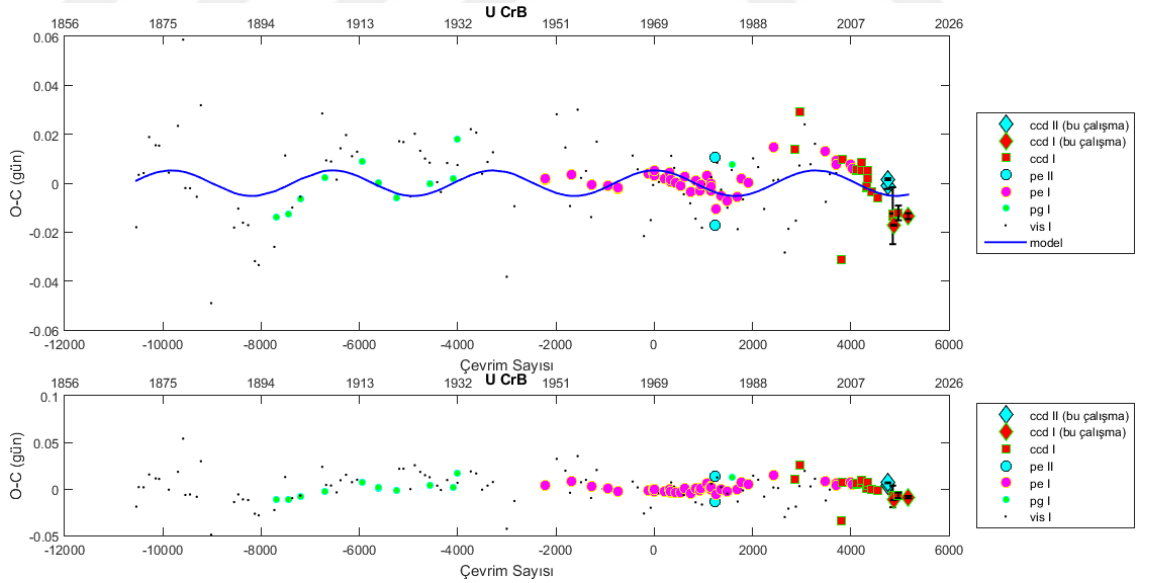
$$A = 0.031 \pm 0.0012 \text{ gün}$$

$$a_{12} \sin i' = 7.49 \pm 1.76 \text{ AU}$$

$$f(m_3) = 0.0358 \pm 0.0253 M_{\odot}$$

Üçüncü cismin yörüngesinin bakış doğrultumuza dik düzlem ile yaptığı ( $i'$ ) açısının  $90^\circ$  kabulüyle  $f(m_3)$  kütle fonksiyonundan üçüncü cismin sahip olabileceği minimum kütle  $m_3 = 1.25 \pm 0.058 M_{\odot}$  olarak bulundu. Bu durumda, üçüncü bileşenin üçlü sistemin kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu  $a_3 = 36.92 \pm 8.83 \text{ AB}$  olmalıdır. Böylece üçüncü bileşenin çift sisteme göre, görelî yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu ise  $a_{12,3} = 44.42 \pm 9.01 \text{ AB}$  olarak bulunur. Sinüs fiti sonrasında artıkların karelerinin toplamı  $\chi^2 = 0.5140$  olarak bulundu.

Sinüs fiti artıklarından elde edilen O-C grafiğinde yine sinüzoidal bir karakteristik görülmektedir. Herbir O-C değerinin gözlem türüne göre ağırlığı gözönünde bulunarak en küçük kareler yöntemiyle ikinci bir sinüs fitinin yapılması ve oluşan artıklar şekil 5.8'de gösterildi.



Şekil 5.8 Parabol ve 3. cisim fitinden sonra oluşan artıklara manyetik aktivite ile ilişkili sinüs fiti ve artıkları

O-C grafiğine fit edilen sinüsün genliğinin 0.01 gün seviyesinde ve periyodunun onyıllar seviyesinde olması çevrimli dönem değişiminin nedeni soğuk yıldızın manyetik

aktivitesi olarak değerlendirilebilir. Fit edilen sinüsün denklemi eşitlik 5.8'de verilmiştir.

$$O - C = (0.0052 \pm 0.001) \times \sin\left(2\pi \frac{E - (-810.12 \pm 108)}{11317.84 \pm 325.73}\right) \quad (5.8)$$

Applegate (1992) mekanizmasına göre çevrim başına dönem değişimi:

$$\Delta P = \frac{2\pi \times 3.452207 \times (0.0052 \pm 0.001) \times 86400}{11317.84 \pm 325.73} = 0.8666 \pm 0.1732 \text{ sn/çevrim}$$

Aktif yıldızın manyetik alan şiddeti:

$$B = \sqrt{\frac{10 \times 6.67 \times 10^{-8} \times (1.46 \times 1.99 \times 10^{33})^2 \left(\frac{1.23 \times 10^{12}}{4.6 \times 6.96 \times 10^{10}}\right)^2}{(4.6 \times 6.96 \times 10^{10})^4} \frac{0.8666 \pm 0.1732}{(11317.84 \pm 325.73) \times 86400}}$$

$$= 2647.56 \pm 264.69 \text{ gauss} = 0.2647 \pm 0.02 \text{ tesla}$$

Manyetik aktif bileşenin iç ve dış katmanları arasındaki açısal momentum transferi:

$$\Delta J = -\frac{0.8666 \pm 0.1732}{6\pi} \left(\frac{1.23 \times 10^{12}}{4.6 \times 6.96 \times 10^{10}}\right)^2 \frac{6.67 \times 10^{-8} \times (1.46 \times 1.99 \times 10^{33})^2}{4.6 \times 6.96 \times 10^{10}}$$

$$= -1.1933 \times 10^{48} \pm 2.38 \times 10^{47} \text{ grcm}^2 / \text{sn}$$

Açısal momentum transferi için gerekli enerji:

$$\Delta E = \frac{3 \times (-1.1933 \times 10^{48} \pm 2.38 \times 10^{47})^2}{1.46 \times 1.99 \times 10^{33} \times 0.1 \times (4.6 \times 6.96 \times 10^{10})^2} = 1.43 \times 10^{41} \pm 5.73 \times 10^{40} \text{ erg}$$

Aktif yıldızın ışınım gücündeki değişim:

$$\Delta L = \frac{\pi \times (1.43 \times 10^{41} \pm 5.73 \times 10^{40})}{(11317.84 \pm 325.73) \times 86400} = 4.608 \times 10^{32} \pm 1.8 \times 10^{32} \text{ erg / sn}$$

Sıcak yıldızın ışıınım gücü:

$$L_1 = 4\pi(2.08 \times 10^{11})^2 \times 5.67 \times 10^{-5} \times 14000^4 = 1.19 \times 10^{36} \text{ erg / sn}$$

Aktif yıldızın ışıınım gücü:

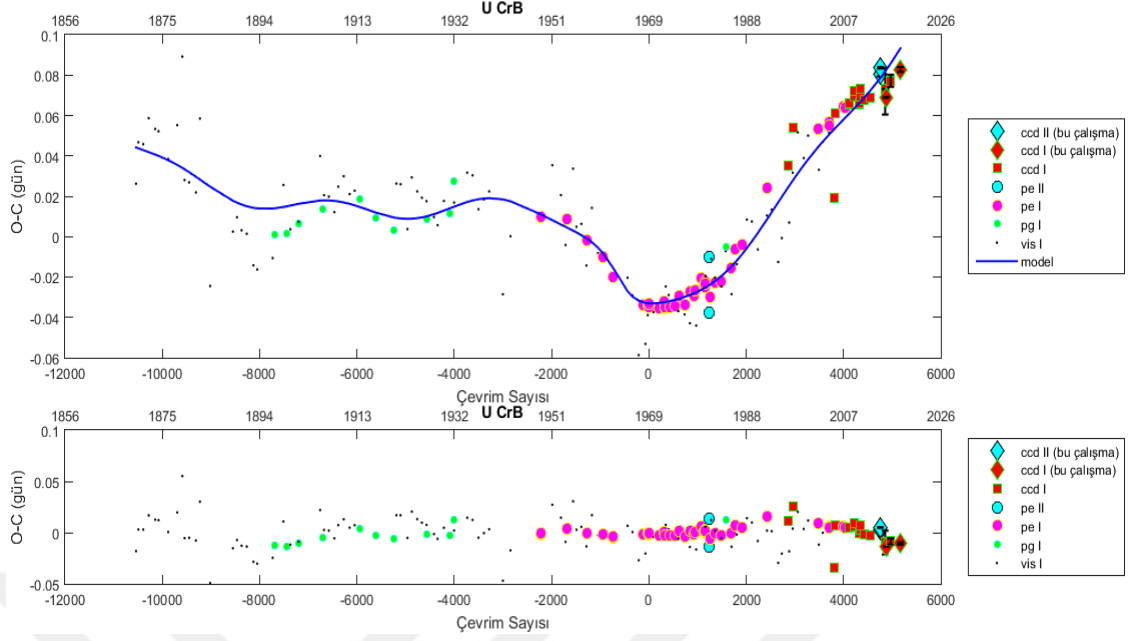
$$L_1 = 4\pi(3.2 \times 10^{11})^2 \times 5.67 \times 10^{-5} \times 5250^4 = 5.54 \times 10^{34} \text{ erg / sn}$$

Aktif yıldızın parlaklığındaki değişim:

$$\Delta m = -2.5 \log\left(\frac{1.19 \times 10^{36} + 5.54 \times 10^{34}}{1.19 \times 10^{36} + 5.54 \times 10^{34} + 4.608 \times 10^{32} \pm 1.8 \times 10^{32}}\right) = 4 \times 10^{-4} \pm 6.4 \times 10^{-5} \text{ kadir}$$

Manyetik aktivite ile ilişkili sinüs fiti sonrasında artıkların karelerinin toplamı  $\chi^2 = 0.4234$  olarak bulundu.

O-C grafiğine parabol fit uygulanması, onun artıklarına çevrimsel fit uygulanması, onun artıklarına da ikinci defa çevrimsel fit uygulanması yerine bütün bunların bir fonksiyonda ifade edilerek O-C grafiğine tek bir fit uygulanması da mümkündür. Bu şekilde yapılmış fit ve artıkları Şekil 5.9'da gösterildi.



Şekil 5.9 O-C grafiğine parabol ve iki adet çevrimsel fit fonksiyonlarının tek bir fit fonksiyonunda ifade edilmesi ve artıkları

Fit edilen modelin denklemi eşitlik 5.9'da verildi.

$$O - C = (787 \pm 45.58) + (-0.0006482 \pm 3.77 \times 10^{-5}) \times E + (1.58 \times 10^{-9} \pm 9.3 \times 10^{-11}) \times E^2 \dots$$

$$\dots + \frac{0.03344 \pm 0.003441}{\sqrt{1 - (0.69 \pm 0.11)^2 \cos^2(197 \pm 10.57)}} \times \dots$$

$$\left[ \begin{array}{l} \frac{1 - (0.69 \pm 0.11)^2}{1 + (0.69 \pm 0.11) \cos \nu} \sin(\nu + (197 \pm 10.57)) + \dots \\ \dots \\ \dots (0.69 \pm 0.11) \sin(197 \pm 10.57) \end{array} \right] + \dots$$

$$+ (0.0043 \pm 0.0016) \times \sin \left( 2\pi \frac{E - (-810.13 \pm 218)}{11317.87 \pm 500.59} \right) \quad (5.9)$$

Düşük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı sonuçları aşağıda verilmiştir:

$$\frac{dP}{dE} = 3.17 \times 10^{-9} \pm 1.86 \times 10^{-10} \text{ gün/çevrim}$$

$$\Delta P_{(g)} = 9.2 \times 10^{-10} \pm 5.38 \times 10^{-11} \text{ gün/gün}$$

$$\Delta P_{(y)} = 0.029 \pm 0.0017 \text{ sn/yıl}$$

$$\Delta M_{(g)} = 1.875 \times 10^{-10} \pm 1.09 \times 10^{-11} \text{ } M_{\odot}/\text{gün}$$

$$\Delta M_{(y)} = 6.85 \times 10^{-8} \pm 4 \times 10^{-9} \text{ } M_{\odot}/\text{yıl}$$

Irwin (1952)'in ışık-zaman etkisi bağıntısına göre sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cisim sonuçları ise:

$$P_3 = 39612.06 \pm 8117.37 \text{ gün} = 108.45 \pm 22.22 \text{ yıl}$$

$$T_3 = 2517578.9248 \pm 15750.88 \text{ HJD}$$

$$e_3 = 0.6977 \pm 0.1183$$

$$w_3 = 197.00^\circ \pm 10.57$$

$$A = 0.03344 \pm 0.003441 \text{ gün}$$

$$a_{12} \sin i' = 7.7762 \pm 3.49 \text{ AU}$$

$$f(m_3) = 0.03997 \pm 0.05627 \text{ } M_{\odot}$$

$$m_{3min} = 1.3114 \pm 0.0635 \text{ } M_{\odot}$$

$$a_3 = 36.76 \pm 16.59 \text{ AB}$$

$$a_{12,3} = 44.53 \pm 16.95 \text{ AB}$$

Applegate (1992)'in çevrimli manyetik aktivite kaynaklı dönem değişim sonuçları aşağıda verilmiştir:

$$\Delta P = 0.7257 \pm 0.2734 \text{ gün/gün}$$

$$B = 2422.91 \pm 456.40 \text{ gauss} = 0.2422 \pm 0.04564 \text{ tesla}$$

$$\Delta J = -9.9943 \times 10^{47} \pm 3.76 \times 10^{47} \text{ grcm}^2 / \text{sn}$$

$$\Delta E = 1.0062 \times 10^{41} \pm 7.5816 \times 10^{40} \text{ erg}$$

$$\Delta L = 3.2326 \times 10^{32} \pm 2.43 \times 10^{32} \text{ erg} / \text{sn}$$

$$\Delta m = 2.81 \times 10^{-4} \pm 8.48 \times 10^{-5} \text{ kadir}$$

Tek fit sonrasında artıkların karelerinin toplamı  $\chi^2 = 0.0287$  olarak bulundu.

## 6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Algol türü örten çift yıldız U CrB'nin 1869-2018 yılları arasında elde edilmiş minimum zamanlarına ilişkin O-C grafiği (i) kısa zaman aralıklarında farklı eğimlere sahip doğru parçalarıyla veya (ii) uzun zaman aralığında bir parabol parçası üzerine binmiş iki adet periyodik değişimle ifade edilebildi.

Kısa zaman aralıklarında farklı eğimlere sahip doğru parçaları sistemde ani dönem değişimleri olduğuna işaret etmektedir. O-C grafiğine eğimleri ve zaman aralıkları eşit olmayan üç farklı doğru parçası fit edilerek 1955 yılı civarında -1.65 sn ani dönem azalması ve 1970 yılı civarında 4.31 sn ani dönem artması olduğu görüldü. Frieboes-Conde ve Herczeg (1973) 1955 yılı civarındaki ani dönem azalmasını sadece fotoelektrik verileri gözönüne alarak -3.7 sn olarak hesapladılar. Ayrıca 25.7 yıl dönemli, kütle fonksiyonu  $f(m_3) = 0.00769 M_{\odot}$  olan üçüncü cisim etkisinden kaynaklanan çevrimsel bir değişim olduğunu belirttiler fakat 1970 yılı sonrası veriler de gözönüne alındığında doğrusal fit artıklarında çevrimsel bir karakteristik değişim görünmemektedir. Frieboes-Conde ve Herczeg (1973), 1970 yılı civarında ani dönem artışı olabileceğini de öngörmüşlerdir.

Uzun zaman aralığında bir parabol parçası üzerine binmiş iki adet çevrimsel değişim ise küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı, sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü cisim varlığı ve soğuk bileşenin manyetik etkinliği şeklinde dönem değişimine neden olan üç mekanizmanın etkileri birarada olduğunu göstermektedir. O-C grafiğindeki kolları yukarı parabolik yapıdan sistemde küçük kütleli yıldızdan büyük kütleli yıldız kütle aktarımı olduğu ortaya koymaktadır. Bileşenlerarası kütle aktarımı sonucu bulunan değerlerin literatür verileri ile karşılaştırılması çizelge 6.1'de verildi.

Çizelge 6.1 Bileşenlerarası kütle aktarımı sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması

	<b>Kreiner ve Ziolkowski (1978)</b>	<b>Çalışkan vd. (2008)</b>	<b>İbanoğlu vd. (2011)</b>	<b>Doğru (2012)</b>	<b>Bu çalışma</b>
$\Delta P$ (sn/yıl)	-	0.027	-	-	0.029
$\Delta M$ ( $M_{\odot}$ /yıl)	$1.9 \times 10^{-8}$	$6.47 \times 10^{-8}$	$2.53 \times 10^{-7}$	$4.3 \times 10^{-8}$	$6.95 \times 10^{-8}$

Bu çalışmada bulunan değerler Çalışkan vd. (2008)'nin 0.027 sn/yıl ve  $6.47 \times 10^{-8} M_{\odot}$ /yıl değeriyle tam olarak uyumludur fakat İbanoğlu vd. (2011)'nin  $2.53 \times 10^{-7} M_{\odot}$ /yıl değeriyle uyumsuzdur. Bu uyumsuzluğun, bu çalışmada ve Çalışkan vd. (2008)'nin çalışmasında literatürdeki bütün gözlem verileri kullanıldı, İbanoğlu vd. (2011) çalışmasında sadece fotoelektrik ve CCD gözlemlerle elde edilen minimum zamanlarının kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Algol türü çift sistemler, yakın çift sistemler olduklarından yörüngeleri genellikle çemberseldir. Bu sebeple Algol türü sistemlerde eksen dönmesi olayı çok nadiren karşılaşılabilecek bir olgudur (Doğru 2012). U CrB çift yıldızının O-C grafiğinde bileşenler arasındaki kütle aktarımının yarattığı değişim çıkarıldıktan sonra yörünge dönemi üzerinde çevrimsel bir değişimin olduğu görüldü. İkinci minimum zamanların O-C değişimleri birinci minimumlar ile uyum içerisindedir ve aynı fit fonksiyonuyla temsil edilebilmektedir. Sistemin bugüne kadar gözlenmiş ikinci minimum zamanlarının O-C eğrisi üzerindeki konumları gereği çevrimsel değişimin sebebinin sistemde eksen dönmesi olmadığını göstermektedir.

O-C grafiğinde görülen çevrimsel değişimin basık olması, bir başka deyişle tam sinüzoidal olmaması, üçüncü cismin varlığını kuvvetlendirmektedir. Üçüncü cisim etkisi sonucu bulunan değerlerin literatür verileri ile karşılaştırılması çizelge 6.2'de verildi.



Çizelge 6.2 Üçüncü cisim etkisi sonuçlarının literatür ile karşılaştırılması

	Mayer vd. (1991)	Borkovits ve Hegedüs (1996)	Çalışkan vd. (2008)	Doğru (2012)	Bu çalışma
$A$ (gün)	0.02	-	0.03	0.0337	0.031
$P_3$ (yıl)	40.65	60.10	80.67	94.76	108.41
$T_3(HJD)$	2444730	2430959	2439118	2443830	2517597
$e_3$	0.15	0.24	0.52	0.42	0.72
$w$ (°)	359	154	213	287	197
$f(m_3) (M_\odot)$	0.028	0.085	0.025	0.0232	0.035
$m_{3min} (M_\odot)$	1.10	1.73	-	1.07	1.25
$a_{12sini} (AB)$	-	6.72	5.75	5.93	7.49
$a_{3sini} (AB)$	-	-	-	34.35	36.92

Mayer vd. (1991) üçüncü cisim analizini 1948-1986 yılları arasında yaklaşık 4000 adet çevrime karşılık gelen zaman aralığındaki minimum zamanlarını kullanarak yapmışlardır. Bu zaman aralığı bu çalışmada yaklaşık olarak -5700 ile -1700 çevrim sayısı aralığına, yani literatürdeki bütün minimum zamanlarını kapsayan zaman aralığının çeyreğine karşılık gelmektedir.

Borkovits ve Hegedüs (1995 ve 1996) yoldaş bileşenin kütlesini  $m_2 = 4.4 M_\odot$  aldıkları için üçüncü cisim sonuçları bu çalışmada gözönüne alınmamıştır. Önceki çalışmalarda bulunan sonuçlarla hemfikir olmadıklarını fakat daha iyi bir açıklama da getiremediklerini belirtmişlerdir. Çalışkan vd. (2008)'nin ve Doğru (2012)'nin U CrB çift yıldızının üçüncü cisim sonuçları bu çalışmada elde edilenlerle genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

Tespit edilen üçüncü cismin bir anakol yıldızı olduğu kabul edilirse Harmanec (1988) kalibrasyonuna göre bulunan kütle değerine karşılık üçüncü cismin F7 tayf türünden ve sahip olduğu ışınımının sistemin toplam ışınımına katkısı olmalıdır. Bu nedenle ışık eğrisi ve tayfsal analizde üçüncü cisim etkisinin görünmesi gerekmektedir. Bu tezde kullanılan ışık-zaman etkisi dışında bir çift sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cismin varlığı aşağıdaki fotometrik yöntemlerle bulunabilir (Pribulla 2005):

- i- Işık eğrilerinin analiziyle üçüncü ışık katkısı
- ii- Üçüncü cisim kaynaklı tedirginlik etkisiyle yörünge eğiminin değişimi

Tayfsal olarak ise aşağıdaki yöntemlerle bulunabilir:

- i- Çizgi genişleme fonksiyonlarının tespiti
- ii- Bileşik tayf çizgileri
- iii- Çift sistemin ortak kütle merkezinin radyal hız değişimleri

Yoldaş bileşenin F8 tayf türünde olması nedeniyle üçüncü cisim etkisinin yarattığı değişim çıkarıldıktan sonra (sinüs fiti artıkları) O-C grafiğinde görülen çevrimsel değişim çevrimli manyetik aktivite olarak değerlendirildi. Applegate modeli gereği sistemde O-C dönemiyle aynı dönemli ışık ve renk değişimleri varlığının araştırılması gerekmektedir. Bunun için tayfsal ve soğuk yıldızların uzun dalga boylarında ışınım katkılarının artmasından dolayı kırmızıöte bölgede yapılacak fotometrik gözlemlere ihtiyaç vardır.

Sistemin paralaksının 2.44 mas ve 3. cisim ile çift sistem arasındaki mesafenin yaklaşık 45 AB olması 3. cismin ayrıklığının en fazla  $0.53 \times 10^{-3}$  mas olacağı sonucunu verir. GAIA (<https://cosmos.esa.int> 2018)'nin hassasiyeti parlaklığı 3 mag < V < 12 mag aralığındaki yıldızlar için 5-16  $\mu$ s seviyesinde olması, 3. cismin GAIA hassasiyetinde tespit etmenin imkansızlığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak U CrB Algol türü çift yıldızının dönem değişimi ani dönem atlamaları ya da bileşenler arası kütle aktarımı, çift sisteme dinamik olarak bağlı üçüncü cisim ve soğuk bileşenin manyetik etkinliği olmak üzere iki alternatif karaktere sahiptir. Fakat U CrB'nin tipik bir Algol olması, küçük kütleli bileşeninden büyük kütleli bileşenine kütle aktarmasını, dolayısıyla O-C grafiğinde en azından kolları yukarı yönlü parabolik bir yapının varlığını gerektirmektedir. Ani dönem değişimlerinin analizi için yapılan farklı eğimlere sahip doğrusal fitlerin artıklarında ise parabolik yapının kaybolması, sistemde ani dönem atlamalarındansa bileşenler arası kütle aktarımı, üçüncü cisim ve manyetik aktivite etkilerinin birarada görülmesi daha büyük olasıdır. Eşzamanlı yapılacak fotometrik ve tayfsal gözlemler U CrB çift yıldızının dönem değişiminin doğasını daha net olarak ortaya çıkaracaktır.

## KAYNAKLAR

- Albayrak, B., Fikri Özeren, F., Ekmekçi, F. and Demircan, O. 1999. Period Variation of Six RS CVn-Type Binaries with Possible Light-Time Effect. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, Vol 35, 3.
- Albright, G.E. and Richards, M.T. 1996. Doppler Tomography of Accretion Disks in Algol Binaries. *Astrophysical Journal Letters*, Vol 459, L99-L102.
- Andronov, I.L. 2012. Phenomenological Modeling of the Light Curves of Algol-type Eclipsing Binary Stars. *Astrophysics*, Vol 55, Issue 4, 536-550.
- Anonymous. 2015a. Web Sitesi: <http://iraf.noao.edu>. Erişim Tarihi: 23.05.2015.
- Anonymous. 2015b. Web Sitesi: <http://myrafproject.org>. Erişim Tarihi: 19.03.2015.
- Anonymous. 2015c. Web Sitesi: <http://astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>. Erişim Tarihi: 19.03.2015.
- Anonymous. 2015d. Web Sitesi: <http://www.mathworks.com/products/matlab/>. Erişim Tarihi: 25.03.2015.
- Anonymous. 2015e. Web Sitesi: <http://www.bav-astro.de/LkDB/index.php>. Erişim Tarihi: 22.04.2015.
- Anonymous. 2018. Web Sitesi: <https://cosmos.esa.int/web/gaia/science-performance>. Erişim Tarihi: 02.08.2018.
- Applegate, J.H. 1992. A Mechanism for Orbital Period Modulation in Close Binaries. *Astrophysical Journal*, Part 1, Vol 385, 621-629.
- Bakos, G.A. and Tremko, J. 1981. The History of U Coronae Borealis. *The Royal Astronomical Society of Canada*, Vol 75, No. 3, 1981, 124-131.
- Batten, A.H. 1956. A Study of the Four Eclipsing Binary Systems: RW Monocerotis, RW Geminorum, U Coronae Borealis And TY Pegasi. *The Royal Astronomical Society of Canada*, Vol 116, No. 5, 552-560.
- Batten, A.H. 1964. History of U Coronae Borealis. *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, Vol 5, 145.
- Batten, A.H. 1967. Sixth Catalogue of the Orbital Elements of Spectroscopic Binary Systems. *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria*, Vol 13, 119-251.
- Batten, A.H. and Tomkin, J. 1981. The Spectroscopic Orbit of U Coronae Borealis. *Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria*, Vol 15, 419.

- Bedel, T. 2011. Örtün Çift Sistemlerde Üçüncü Cisim Etkisi ve Birkaç Örnek Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 95, Çanakkale.
- Borkovits, T. and Hegedüs, T. 1995. A Search For Possible Unresolved Components In Eighteen Eclipsing Binaries. Publications Of The Astronomical Observatory Of Belgrade, No. 49, 1995, 97-107.
- Borkovits, T. and Hegedüs, T. 1996. On The Invisible Components Of Some Eclipsing Binaries. Astronomy & Astrophysics Supplement Series 120, 1996, 63-75.
- Bulut, İ. and Demircan, O. 2007. A New Catalogue of Eclipsing Binary Stars with Eccentric Orbits. Mon. Not. R. Astron. Soc. 378, 179–181.
- Catalano, S., Cristaldi, S. and Lacona, G. 1966. Curva di Luce ed Elementi del Sistema UCrb. Memorie della Società Astronomia Italiana, Vol 37, 213.
- Cester, B., Fedel, B., Giuricin, G., Mardirossian, F. and Pucillo, M. 1977. Revised Photometric Elements Of 12 Semidetached Systems. Astronomy and Astrophysics 61, 469-475.
- Chandler, S.C. 1888. On the Period of Algol. Astronomical Journal, Vol 7, Issue 165, 165-168.
- Cowling, T.G. 1938. On the Motion of the Apsidal Line in Close Binary Systems. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol 98, 734.
- Crawford, J.A. 1955. On the Subgiant Components of Eclipsing Binary Systems. Astrophysical Journal, Vol 121, 71.
- Çalışkan, Ş., Tanrıverdi, T., Elmaslı, A., Kılıçoğlu, T., Albayrak, B. ve Selam, S. O. 2008. XVI. Ulusal Astronomi Kongresi ve V. Ulusal Öğrenci Astrofizik Kongresi 2008, Çanakkale.
- Doğru, S.S. 2012. Algol Türü Çift Yıldız Sistemlerinde Dönem Değişimleri. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 291, Çanakkale.
- Dunér, N.C. 1892. Ueber die Hauptursache der Anomalien im Lichtwechsel von Y Cygni. Astronomische Nachrichten, 129, 313-322.
- Elmaslı, A. 2005. Bazı Çift Yıldızların Görülmeyen Bileşenleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, 95, Ankara.
- Etzell, P.B., Olson, E.C. and Senay, M.C. 1995. On I Lambda 7774 Absorption as a Tracer of Streams and Disks in Nondegenerate Binary Stars. Astronomical Journal, Vol 109, 1269-1276.

- Frieboes-Conde, H. and Herczeg T. 1973. Period Variations of Fourteen Eclipsing Binaries with Possible Light-Time Effect. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series* 12, 1973, 1-78.
- Hall, D.S. 1989. The Relation between RS CVn and Algol. IAU, NSERC, Canadian Institute of Theoretical Astrophysics, et al., Colloquium on Algols, 107th, Sidney, Canada, Aug. 15-19, 1988 *Space Science Reviews* (ISSN 0038-6308), Vol 50, 219-233.
- Harmanec, P. 1988. Stellar Masses and Radii Based on Modern Binary Data. *Astronomical Institutes of Czechoslovakia, Bulletin* (ISSN 0004-6248), Vol 39, no. 6, Dec. 1988, 329-345.
- Hegedüs, T. 1988. An Updated List of Eclipsing Binaries Showing Apsidal Motion. *Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires*, No. 35, 15.
- Hegedüs, T. 1989. Errata and Supplement to the List of Eclipsing Binaries Showing Apsidal Motion. *Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires*, Vol 36, 23.
- Heintze, J.R.W. 1990. Request For Photometry of Algols. *AAVSO Vol* 19, 23-27.
- Heintze, J.R.W. and van Gent, R.H. 1989. The Utrecht photometric system (UPS) and some results with it: The masses and the radii of the components of U Cephei and a photometric-spectrometric analysis of the Algol-type binary U Coronae borealis. *Space Science Reviews*, Vol 50, 257-268.
- Hilditch, R.W. 2001. *An Introduction to Close Binary Stars*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Irwin, J.B. 1952. The Determination of a Light-Time Orbit. *Astrophysical Journal*, Vol 116, 211-217.
- İbanoğlu, C. 1999. *Apsidal Motion in Close Binaries*. Kluwer Academic Publishers, 565.
- İbanoğlu, C., Dervişoğlu, A., Çakırlı, Ö., Sipahi, E., and Yüce, K. 2011. Carbon Deficiencies in the Primaries of Some Classical Algols. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 419, Issue 2, 1472-1479.
- Kalkan, S. 2012. Etkileşen Bir Çift Yıldızın Işık Eğrisi Gözlemi ve Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 90, Samsun.
- Kholopov, P.N., Samus, N.N., Kazarovets, E.V. and Perova, N.B. 1985. The 67th Name-List of Variable Stars. *Information Bulletin on Variable Stars*, 2681, 1.
- Koch, R.H., Plavec, M. and Wood, F.B. 1970. *A Catalogue of Graded Photometric Studies of Close Binaries*. Publications of the University of Pennsylvania, Philadelphia: University of Pennsylvania Printing Office.

- Kondo, Y., McCluskey, G.E. and Wu, C.-C. 1981. Five-color Band Ultraviolet Photometry of Fourteen Close Binaries. *Astrophysical Journal Supplement Series*, Vol 47, 333-338.
- Koparan, E. 2008. Algol Türü Örtten Çift Yıldızlar IU Per ve AO Ser'in Işık eğrisi Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 68, Çanakkale.
- Kordylewski, K. and Szafraniec, R. 1957. Photoelectric Observations of Eclipsing Variables in the Years 1955 and 1956. *Acta Astronomica*, Vol 7, 177.
- Kreiner, J.M. 2004. *Acta Astronomica*, Vol 54, 207-210.
- Kreiner, J.M. and Ziolkowski, J. 1978. Period Changes and Evolutionary Status of 18 Algol-type systems. *Acta Astronomica*, Vol 28, 504-507.
- Kukarkin, B.V., Kholopov, P.N., Efremov, Yu.N., Kukarkina, N.P., Kurochkin, N.E., Medvedeva, G.I., Perova, N.B., Fedorovich, V.P. and Frolov, M.S. 1969. Constellations Andromeda - Grus. General Catalogue of Variable Stars (Moskova).
- Kwee, K.K. and van Woerden, H. 1956. A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, Vol 12, 327.
- Lacy, C.H.S. 1992. An Exact Solution of the Ephemeris-curve Problem. *Astronomical Journal* (ISSN 0004-6256), Vol 104, no. 6, 2213-2216.
- Lanza, A.F., Catalano, S., Cutispoto, G., Pagano, I. and Rodono, M. 1998. Long-term starspot evolution, activity cycle and orbital period variation of AR Lacertae. *Astronomy and Astrophysics*, Vol 332, 541-560.
- Levi-Civita, T. 1937. Astronomical Consequences of the Relativistic Two-Body Problem. *American Journal of Mathematics*, Vol 59, No. 2, 225-234.
- Liska, J., Skarka, M., Mikulasek, Z., Zejda, M. and Chrastina, M. 2015. New Analysis of the Light Time Effect in TU Ursae Majoris. arXiv:1502.03331.
- Mayer, P., Wolf, M., Tremko, J. and Niarchos, P.G. 1991. New Times of Minima and Efemeris for Several Early-Type Eclipsing Binaries. Publishing House of the Czechoslovak Academy of Sciences. Vol 42, No 4, 225-229.
- Narusawa, S., Waki, Y., Ioroi, M., Nakamura, Y. and Takeuti, M. 2002. Short Period Light Variation of the Algol-type Binary U Coronae Borealis. *Annual Report Nishi-Harima Observatory* 12, 3-11.
- Olson, E.C. 1982. Transient photometric disturbances in Algol-like binaries. *Astrophysical Journal*, Part 1, Vol 259, 702-718.

- Olson, E.C. 1984. A search for rotational velocity changes among eclipsing binary stars. *Astronomical Society of the Pacific*, Vol 96, 376-381.
- Olson, E.C. 1985. Photometry of active ALGOLS. IN: *Interacting binaries; Proceedings of the Advanced Study Institute, Cambridge, England, July 31-August 13, 1983 (A85-48760 24-90)*. Dordrecht, D. Reidel Publishing Co., 1985, 127-154.
- Paczynski, B. 1971. Evolutionary Processes in Close Binary Systems. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, Vol 9, 183.
- Pearce, J.A. 1935. *Publications American Astronomical Society*, Vol 8, 219.
- Petrova, A.V. and Orlov, V.V. 1999. Apsidal Motion in Double Stars. I. Catalog. *The Astronomical Journal*, Vol 117, Issue 1, 587-602.
- Pribulla, T., Chochol, D. and Tremko, J. 2005. The Light-Time Effect in Short-period Eclipsing Binaries. *The Light-Time Effect in Astrophysics, Proceedings of ASP Conference Series*, Vol 335, Astronomical Society of the Pacific, 103.
- Qian, S. 2002. Short-period near-contact binary systems at the beginning of the overcontact phase. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, Vol 336, Issue 4, 1247-1255.
- Raymer, E. 2012. Three-Dimensional Hydrodynamic Simulations of Accretion in Short Period Algols. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 427, Issue 2, pp. 1702-1712.
- Reed, P.A. 2011. A 116 Year Record of Mass Transfer in R Arae. *Information Bulletin on Variable Stars*, 5975, 1.
- Richards, M.T. 2000. The Journey to Algol. *Mercury*, Vol 29, No. 4, 34.
- Richards, M.T., Albright, G. E. and Bowles, L. M. 1995. Doppler tomography of the gas stream in short-period Algol binaries. *Astrophysical Journal*, Vol 438, L103-L106.
- Rucinski, S.M. and Duerbeck, H.W. 1997. Absolute Magnitude Calibration for the W UMa-Type Systems Based on HIPPARCOS Data. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol 109, 1340-1350.
- Russell, H.N. 1928. On the Advance of Periastron in Eclipsing Binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol 88, 641-643.
- Sağır, U. 2006. Örten Değişen Yıldızlarda Dönem Değişiminin Yıldızların Fiziksel Parametrelerine Bağımlılığının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, 195, Ankara.
- Sahade, J. and Struve, O. 1945. The Problem of U Coronae Borealis, RS Vulpeculae, and TV Cassiopeiae. *Astrophysical Journal*, Vol 102, 480.

- Samolyk, G. 1996. Period Corrections for Eight Eclipsing Binary Stars. JAAVSO Volume 24, 1996, 99-104.
- Samolyk, G. 2008. Recent Minima of 184 Eclipsing Binary Stars. JAAVSO Volume 36, 2008, pp 194.
- Samolyk, G. 2009. Recent Minima of 161 Eclipsing Binary Stars. JAAVSO Volume 38, 2010, pp 87.
- Selam, S.O. 1990. Değen ve Değmeye Yakın Çift Yıldızların Gözlemsel ve Kuramsal Parametrelerinin Kataloğu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, 202, Ankara.
- Selam, S.O. 1998. Yakın Çift Yıldızların Dönem Değişimleri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, 151, Ankara.
- Selam, S.O. ve Demircan, O. 1992. Algol Türü Örtlen Değişen ST Persei'nin Dönem Analizi. VIII. Ulusal Astronomi Kongresi Tebliğleri, s. 275.
- Shengbang, Q. 2000. Orbital Period Changes and Possible Mass and Angular Momentum Loss in two Algol-type Binaries: RW Coronae Borealis and TU Herculis. *Astronomical Journal*, Vol 119, No. 2, 901 – 905.
- Sterne, T.E. 1939. Apsidal Motion in Binary Stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol 99, 451-462
- Sürgit, D. 2010. Bazı CAB Adayı Çift Yıldızların Fotometrik Analizi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, 126, Çanakkale.
- Svolopoulos, S.N. and Kapranidis, S. 1972. Photoelectric Observations of the Eclipsing Variable U Coronae Borealis. *Information Bulletin on Variable Stars*, No. 731, 1.
- van Gent, R.H. 1982. Evidence for a Third Component in the U CrB System. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series* 48, 1982, 457-480.
- van Gent, R.H. 1989. Lightcurves of the Algol-variable U CrB in the UPS Photometrical System. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series* 77, 471-485.
- Vanko, M., Pribulla, T., Chochol, D., Parimucha, S., Kim, C.H., Lee, J.W. and Han, J. Y. 2001. Photoelectric and CCD photometry of eclipsing contact binaries: UV Lyn, FU Dra and AH Aur. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, Vol 31, no. 2, 129-147.
- Wolf, M. 2000. Apsidal Motion in Southern Eccentric Eclipsing Binaries: YY Sgr, V523 Sgr, V1647 Sgr, V2283 Sgr and V760 Sco. *Astronomy and Astrophysics*, Vol 356,134-140.



- Wolf, M., Mayer, P. and Zasche, P. 2004. Eclipsing Binaries with Possible Light-Time Effect. ASP Conference Series, Vol 318, 255-257.
- Woltjer, J.Jr. 1922. On a Special Case of Orbit Determination in the Theory of Eclipsing Variables. Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands, Vol 1, 93.
- Wood, D.B. 1958. Photometric Elements of U Coronae Borealis. Astrophysical Journal, Vol 128, 595.
- Yerli, S.K., Sarna, M.J., Zola, S., Smith, R.C. and Tovmassian, G. 2003. A Photometric-Spectroscopic Analysis and the Evolutionary Status of the Algol-type Binary U Coronae Borealis. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 342, 1349-1360.
- Zasche, P., Liakos, A., Wolf, M. and Niarchos, P. 2008. Period Changes in Six Semi-detached Algol-type Binaries. New Astronomy, Volume 13, Issue 6, 405-413.
- Zasche, P., Liakos, A., Wolf, M., Niarchos, P., Manimanis, V. and Gazeas, K. 2009. Period Changes in Six Semi-detached Algol-type Binaries. New Astronomy, Volume 14, Issue 2, 121-128.
- Zhu, L.Y., Qian, S.B., Liao, W.P., Zejda, M. and Mikulasek, Z. 2009. New Period Investigation of Algol-like Near-contact Binary EG Cephei. Astronomical Society of Japan 61, 529-533.



## **EKLER**

EK 1 Minimum Zamanlar

EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları

**EK 1 Minimum Zamanlar**

Sıra No	Minimum Zamanı (HJD)	Minimum Türü	Gözlem Türü	Kaynak
1	2458212,5009	1	ccd	<b>bu çalışma</b>
2	2457525,5060	1	ccd	OEJV,0181
3	2457204,4425	1	ccd	<b>bu çalışma</b>
4	2457138,8546	1	ccd	Samolyk G JAAVSO 43
5	2457128,4970	1	ccd	IBVS 6196
6	2456788,4661	2	ccd	<b>bu çalışma</b>
7	2456757,3932	2	ccd	<b>bu çalışma</b>
8	2456061,7617	1	ccd	JAAVSO 41;122
9	2455654,3997	1	ccd	BAVM 220
10	2455364,4201	1	ccd	OEJV 0137
11	2455336,7986	1	ccd	JAAVSO 39;94
12	2455281,5598	1	ccd	BAVM 214
13	2455281,5594	1	ccd	BAVM 214
14	2454939,7975	1	ccd	Samolyk (2009)
15	2454936,3422	1	ccd	BAVM 209
16	2454580,7619	1	ccd	Samolyk (2008)
17	2454573,8567	1	ccd	Samolyk (2008)
18	2454515,1700	1	vis	VSB 48
19	2454280,4172	1	pe	Çalışkan vd.
20	2454166,4951	1	pe	Çalışkan vd.
21	2453610,6863	1	ccd	AOEB 10
22	2453503,6260	1	ccd	AOEB 10
23	2453179,1544	1	pe	VSB 43
24	2453151,5383	1	pe	BAVM 173
25	2453151,5330	1	vis	BAVM 174
26	2452816,6550	1	vis	AOEB 10
27	2452706,2030	1	vis	VSB 42
28	2452426,5510	1	vis	BAVM 157
29	2452395,5014	1	pe	BAV, BBS 128
30	2451663,6300	1	vis	AOEB 10
31	2451432,3230	1	vis	BAV, BBS 122
32	2451349,4660	1	vis	BAVM 131
33	2450938,6680	1	vis	AOEB 10
34	2450572,7360	1	ccd	AOEB 10
35	2450572,7140	1	vis	AOEB 10
36	2450365,5630	1	vis	AOEB 10
37	2450320,6720	1	vis	AOEB 10

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
38	2450230,9490	1	ccd	AOEB 10
39	2449899,4837	1	vis	BAV, BRNO 32
40	2449899,4754	1	vis	BAV, BRNO 32
41	2449878,7720	1	vis	AOEB 10
42	2449830,4747	1	vis	BAV, BRNO 32
43	2449830,4699	1	vis	BAV, BRNO 32
44	2449830,4671	1	vis	BAV, BRNO 32
45	2449830,4553	1	vis	BAV, BRNO 32
46	2449820,1120	1	vis	VSB 47
47	2449799,3950	1	vis	BAV, BBS 113
48	2449602,6260	1	vis	AOEB 2, G. Samolyk
49	2449540,4640	1	vis	BAV, BRNO 31
50	2449540,4560	1	vis	BAV, BRNO 31
51	2449540,4490	1	vis	BAV, BRNO 31
52	2449540,4430	1	vis	BAV, BRNO 31
53	2449198,7100	1	vis	AOEB 2, G. Samolyk
54	2449133,1020	1	vis	AOEB 2, O. Gabzo
55	2449129,6640	1	vis	AOEB 2, M. Nall
56	2449122,7780	1	vis	BAV, OEJV 0060
57	2449074,4670	1	vis	BAVM 68
58	2448801,7200	1	vis	AOEB 2, S. Cook
59	2448801,7110	1	vis	AOEB 2, G. Samolyk
60	2448794,7850	1	vis	AOEB 2, G. Samolyk
61	2448767,1680	1	vis	AOEB 2, N. Simmons
62	2448753,3930	1	pe	BAV, BBS 101
63	2448746,5050	1	vis	BAVM 62
64	2448097,4530	1	vis	BAVM 59
65	2448097,4330	1	vis	BAV, BRNO 31
66	2447679,7510	1	vis	AOEB 2, R. Hill
67	2447672,8240	1	vis	AOEB 2, P. Atwood
68	2447320,7110	1	vis	AOEB 2, T. Lubbers
69	2446999,6450	1	vis	AOEB 2, B. Lux
70	2446975,4778	1	pe	1989A+AS__77_471V, R. H. Van Gent (1989)
71	2446975,4630	1	vis	BAVM 50
72	2446975,4540	1	vis	BAV, BRNO 30

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
73	2446972,0280	1	vis	AOEB 2, P. Atwood
74	2446961,6860	1	vis	AOEB 2, B. Lux
75	2446947,8740	1	vis	AOEB 2, P. Atwood
76	2446654,4070	1	vis	BAV, BRNO 28
77	2446616,4490	1	vis	BAV, BRNO 28
78	2446616,4390	1	vis	BAV, BRNO 28
79	2446616,4380	1	vis	BAV, BRNO 28
80	2446616,4360	1	vis	BAV, BRNO 28
81	2446616,4320	1	vis	BAV, BRNO 28
82	2446616,4300	1	vis	BAV, BRNO 28
83	2446606,0950	1	vis	AOEB 2, P. Atwood
84	2446495,6189	1	pe	1989A+AS__77_471V, R. H. Van Gent (1989)
85	2446250,4680	1	vis	BAVM 43
86	2446236,6970	1	vis	AOEB 2, S. Cook
87	2446229,7820	1	vis	AOEB 2, P. Atwood
88	2446174,5540	1	pe	1989A+AS__77_471V, R. H. Van Gent (1989)
89	2445974,3310	1	vis	BAV, VSSC 61.17
90	2445936,3580	1	vis	BAV, ALGL 37
91	2445877,6880	1	vis	AOEB 2, D. Williams
92	2445839,7050	1	vis	AOEB 2, D. Williams
93	2445815,5350	1	pg	BAVM 39
94	2445815,5160	1	vis	BAVM 38
95	2445511,7210	1	vis	AOEB 2, D. Williams
96	2445494,4626	1	pe	1989A+AS__77_471V, R. H. Van Gent (1989)
97	2445142,3450	1	vis	BAV, BBS 61
98	2445104,3620	1	vis	BAV, BBS 61
99	2445104,3590	1	vis	BAV, BBS 60
100	2445097,4750	1	vis	BAV, BBS 60
101	2445066,3790	1	vis	BAV, BBS 61
102	2445052,5791	1	pe	1989A+AS__77_471V, R. H. Van Gent (1989)
103	2444869,6340	1	vis	AOEB 2, E. Halbach
104	2444786,7610	1	vis	AOEB 2, G. Samolyk

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
105	2444731,5166	1	pe	1989A+AS__77__471V, R. H. Van Gent (1989)
106	2444636,6010	2	pe	1989A+AS__77__471V, R. H. Van Gent (1989)
107	2444629,6692	2	pe	1989A+AS__77__471V, R. H. Van Gent (1989)
108	2444441,5390	1	vis	BAV, BBS 49
109	2444382,8570	1	vis	AOEB 2, G. Hanson
110	2444382,8505	1	pe	1981JRASC__75__124B, Olson (1980)
111	2444372,4920	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
112	2444351,7817	1	pe	1981JRASC__75__124B, Olson (1980)
113	2444313,8051	1	pe	1981JRASC__75__124B, Olson (1980)
114	2444289,6395	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
115	2444058,3456	1	pe	IBVS 1777, C 27 of the IAU IB on VS No1777
116	2444051,4300	1	vis	BAV, MVS 8.192
117	2444051,4290	1	vis	BAV, VSSC 59.17
118	2443992,7650	1	vis	AOEB 2, M. Wesolowski
119	2443723,4580	1	vis	BAV, BRNO 23
120	2443671,6922	1	pe	1981JRASC__75__124B, Olson (1980)
121	2443571,5753	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
122	2443350,6230	1	vis	IBVS 1502, C 27 of the IAU IB on VS No1502
123	2443350,6200	1	vis	AOEB 2, C. Stephan
124	2443288,4965	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
125	2443288,4770	1	vis	BAVM 31

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
126	2443288,4670	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1977b)
127	2443274,6830	1	vis	IBVS 1502, C 27 of the IAU IB on VS No1502
128	2443274,6780	1	vis	AOEB 2, C. Stephan
129	2442984,6950	1	vis	1978AcA__28__497K, Stephan (1977)
130	2442984,6920	1	vis	AOEB 2, C. Stephan
131	2442967,4220	1	vis	BAV, VSSC 58.16
132	2442967,4210	1	vis	AOEB 2, W. Vollmann
133	2442950,1660	1	vis	AOEB 2, W. Farrar
134	2442946,7270	1	vis	AOEB 2, W. Farrar
135	2442936,3650	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
136	2442898,3910	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1976b)
137	2442608,4160	1	vis	BAV, ALGL 34
138	2442573,8880	1	vis	BAV, AVSJ 7.33
139	2442570,4200	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1975e)
140	2442570,4160	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1975e)
141	2442549,7230	1	vis	BAV, AVSJ 7.33
142	2442532,4610	1	pe	1981JRASC__75__124B, Patkos (1975)
143	2442532,4500	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1975d)
144	2442532,4310	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1975d)
145	2442518,6590	1	vis	BAV, AVSJ 7.33
146	2442473,7810	1	vis	BAV, AVSJ 7.33
147	2442449,5860	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1975c)
148	2442245,9230	1	pe	1978AcA__28__497K, Baldinelli et al. (1975)
149	2442245,9227	1	pe	1981JRASC__75__124B, Baldinelli et al. (1975)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
150	2442045,6930	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1974a)
151	2441845,4680	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1973c)
152	2441845,4662	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
153	2441824,7590	1	vis	BAV, AVSJ 5.86
154	2441814,3940	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune et al. (1977)
155	2441793,7150	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1973b)
156	2441786,7780	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1973b)
157	2441776,4210	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune et al. (1977)
158	2441569,3130	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1972d)
159	2441562,3820	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1972d)
160	2441493,3410	1	pe	1978AcA__28__497K, Svolopulos, Kapranidis (1972)
161	2441486,4360	1	pe	1978AcA__28__497K, Svolopulos, Kapranidis (1972)
162	2441462,2740	1	pe	1978AcA__28__497K, Svolopulos, Kapranidis (1972)
163	2441165,3630	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm et al. (1971a)
164	2441158,4700	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm et al. (1971a)
165	2441151,5910	1	vis	BAV, AVSJ 5.34
166	2441099,7889	1	pe	1981JRASC__75__124B, Scarfe et al. (1973)
167	2441089,4450	1	vis	1978AcA__28__497K, Klimek (1971)



**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
168	2441082,5320	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm et al. (1971a)
169	2441082,5290	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1971c)
170	2441068,7320	1	vis	BAV, AVSJ 5.34
171	2441051,4590	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1971c)
172	2441051,4390	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1971b)
173	2440968,6010	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1971a)
174	2440709,7180	1	vis	1978AcA___28__497K, Baldwin (1975)
175	2440709,6910	1	vis	1978AcA___28__497K, Baldwin (1975)
176	2440692,4220	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1970b)
177	2440692,3960	1	vis	1978AcA___28__497K, Diethelm, Locher (1970b)
178	2440478,3620	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher (1969b)
179	2440440,3880	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher (1969a)
180	2440402,4440	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher (1969a)
181	2440402,4320	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher (1969a)
182	2440395,5350	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher (1969a)
183	2440371,4150	1	vis	1978AcA___28__497K, Locher, Diethelm (1969)
184	2440371,3752	1	pe	1981JRASC__75__124B, Pohl, Kızıllırmak (1970)
185	2440364,4688	1	pe	1981JRASC__75__124B, van Gent et al. (1978)
186	2440333,4070	1	vis	1978AcA___28__497K, Oburka, Silhan (1970)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
187	2440288,5130	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm, Locher (1969)
188	2440281,6170	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
189	2440119,3580	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm, Locher (1968)
190	2440119,3380	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm, Locher (1968)
191	2440119,3360	1	vis	1978AcA__28__497K, Diethelm, Locher (1968)
192	2439967,4660	1	pe	1981JRASC__75__124B, Bakos ve Tremko (1981)
193	2439646,3860	1	vis	1978AcA__28__497K, Locher (1967)
194	2439204,5330	1	vis	BAV, MVS 8.28
195	2438938,7420	1	vis	1978AcA__28__497K, Robinson (1965)
196	2438938,7380	1	vis	1978AcA__28__497K, Robinson (1965)
197	2438883,4920	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
198	2438883,4890	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
199	2438883,4760	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
200	2438852,4120	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
201	2438852,4090	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
202	2438852,3940	1	vis	1978AcA__28__497K, Braune, Hubscher (1967)
203	2437844,3723	1	pe	1981JRASC__75__124B, Frieboes-Conde and Herczeg (1973)
204	2437844,3720	1	pe	1978AcA__28__497K, Catalano (1966)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
205	2437091,8010	1	pe	1978AcA__28_497K, Engelkemeir (1960)
206	2436805,2700	1	vis	1978AcA__28_497K, Karetnikov (1959)
207	2436760,3920	1	vis	1978AcA__28_497K, Karetnikov (1959)
208	2436760,3890	1	vis	1978AcA__28_497K, Alexandrovich (1959)
209	2436325,4350	1	vis	1978AcA__28_497K, Braune, Quester (1962)
210	2436007,8160	1	pe	1981JRASC__75_124B, Frieboes-Conde and Herczeg (1973)
211	2435935,3070	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1958)
212	2435576,2980	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1957)
213	2435248,3370	1	vis	BAV, SCA 5.330
214	2435234,5310	1	vis	BAV, SCA 5.330
215	2435227,6240	1	vis	BAV, SCA 5.330
216	2435227,6200	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1956b)
217	2434989,4500	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1955b)
218	2434526,8290	1	pe	1981JRASC__75_124B, Frieboes-Conde and Herczeg (1973)
219	2434454,3200	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1955a)
220	2434126,3850	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1953)
221	2433515,3590	1	vis	1978AcA__28_497K, Szafraniec (1952a)
222	2432676,4472	1	pe	1981JRASC__75_124B, Frieboes-Conde and Herczeg (1973)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
223	2432676,4470	1	pe	1978AcA____28__497K, Lavrov, Poliskov (1958)
224	2430591,2980	1	vis	1978AcA____28__497K, Tecza (1977)
225	2430546,4310	1	vis	1978AcA____28__497K, Tecza (1977)
226	2430007,8520	1	vis	1978AcA____28__497K, Gaposchkin (1953)
227	2429172,4690	1	vis	1978AcA____28__497K, Tecza (1977)
228	2429034,3800	1	vis	1978AcA____28__497K, Zajac (1938)
229	2428827,2350	1	vis	BAV, AN 266.17
230	2428820,3250	1	vis	BAV, AN 266.17
231	2428782,3690	1	vis	BAV, AN 266.17
232	2428782,3640	1	vis	1978AcA____28__497K, Lause (1938)
233	2428668,4530	1	vis	1978AcA____28__497K, Tecza (1977)
234	2428661,5480	1	vis	BAV, AN 266.17
235	2428461,3030	1	vis	BAV, AN 266.17
236	2428454,3980	1	vis	BAV, AN 266.17
237	2428430,2440	1	vis	BAV, AN 266.17
238	2428423,3380	1	vis	BAV, AN 266.17
239	2428423,3320	1	vis	1978AcA____28__497K, Lause (1938)
240	2428399,1640	1	vis	BAV, AN 266.17
241	2428378,4520	1	vis	1978AcA____28__497K, Kordylemski (19369
242	2428285,2380	1	vis	BAV, AN 266.17
243	2428278,3310	1	vis	BAV, AN 266.17
244	2427995,2810	1	vis	BAV, AN 259.189
245	2427988,3810	1	vis	BAV, AN 259.189
246	2427981,4480	1	vis	BAV, AN 259.189
247	2427967,6590	1	vis	1978AcA____28__497K, Lause (1936)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
248	2427967,6580	1	vis	BAV, AN 259.189
249	2427950,3880	1	vis	BAV, AN 259.189
250	2427943,5000	1	vis	BAV, AN 259.189
251	2427926,2390	1	vis	BAV, AN 259.189
252	2427919,3220	1	vis	BAV, AN 259.189
253	2427912,4140	1	vis	BAV, AN 259.189
254	2427898,6080	1	vis	1978AcA____28_497K, Szafraniec (1948)
255	2427881,3590	1	vis	BAV, AN 259.189
256	2427874,4560	1	vis	BAV, AN 259.189
257	2427860,6150	1	vis	1978AcA____28_497K, Himpel (1936)
258	2427712,2050	1	vis	BAV, AN 259.189
259	2427667,3190	1	vis	BAV, AN 259.189
260	2427636,2390	1	vis	BAV, AN 259.189
261	2427629,3420	1	vis	BAV, AN 259.189
262	2427629,3410	1	vis	1978AcA____28_497K, Lause (1936)
263	2427608,6250	1	vis	BAV, AN 259.189
264	2427567,1980	1	vis	BAV, AN 259.189
265	2427477,4410	1	vis	1978AcA____28_497K, Piegza (1934)
266	2426552,2480	1	pg	BAV, CPRI 19.27
267	2426545,3330	1	vis	1978AcA____28_497K, Mergentaler (1977)
268	2426238,0810	1	pg	BAV, CPRI 19.27
269	2425851,4490	1	vis	1978AcA____28_497K, Mergentaler (1977)
270	2425851,4340	1	vis	1978AcA____28_497K, De Roy (1930)
271	2425851,4300	1	vis	1978AcA____28_497K, Pagaczewski (1977)
272	2425820,3770	1	vis	1978AcA____28_497K, Ellsworth (1934)
273	2425454,3720	1	vis	1978AcA____28_497K, Ellsworth (1934)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
274	2425447,5360	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
275	2425378,5160	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
276	2425378,4710	1	vis	1978AcA____28__497K, Mergentaler (1928)
277	2425119,5640	1	vis	1978AcA____28__497K, Rybka (1930)
278	2424767,4460	1	vis	1978AcA____28__497K, Gadomski (1930)
279	2424760,5400	1	vis	1978AcA____28__497K, Gadomski (1930)
280	2424591,3870	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
281	2424584,4710	1	pg	BAV, CPRI 19.27
282	2424263,4260	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
283	2423928,5650	1	vis	1978AcA____28__497K, Gadomski (1930)
284	2423583,3500	1	vis	1978AcA____28__497K, Gadomski (1930)
285	2423545,3780	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
286	2423410,7120	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
287	2423293,3450	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
288	2423238,1030	1	vis	BAV, BZ 4.57
289	2422896,3300	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
290	2422820,3980	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
291	2422751,4060	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
292	2422499,3620	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
293	2422454,4690	1	vis	1978AcA____28__497K, Ellsworth (1934)
294	2422236,9640	1	pg	BAV, CPRI 19.27
295	2421004,5320	1	pg	1978AcA____28__497K, Baker (1921)
296	2420990,7230	1	pg	1978AcA____28__497K, Baker (1921)
297	2419854,9560	1	pg	BAV, CPRI 19.27
298	2419644,3830	1	vis	1978AcA____28__497K, Lehnert (1913)
299	2419523,5430	1	vis	1978AcA____28__497K, Lehnert (1913)
300	2419492,4760	1	vis	1978AcA____28__497K, Lehnert (1912)
301	2419254,2750	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
302	2419247,3770	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
303	2419240,4760	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
304	2419195,5650	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
305	2419164,5250	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
306	2419140,3500	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
307	2419133,4440	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
308	2418805,5040	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
309	2418736,4420	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
310	2418715,7410	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
311	2418567,2910	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
312	2418529,3250	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
313	2418508,5820	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
314	2418446,4650	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
315	2418432,6520	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
316	2418432,6510	1	vis	BAV, BAN 2.127
317	2418408,4900	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
318	2418401,5920	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
319	2418363,6150	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
320	2418325,6200	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
321	2418080,5170	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
322	2418056,3470	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
323	2417707,6810	1	vis	1978AcA____28__497K, Sperra (1911)
324	2417690,4310	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
325	2417659,3480	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
326	2417483,2920	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
327	2417362,4730	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
328	2417324,4830	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
329	2417317,5820	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
330	2417231,2730	1	pg	1978AcA____28__497K, Dugan, Wright (1939)



**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
331	2417041,4280	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
332	2415505,1630	1	vis	1978AcA____28__497K, Dugan, Wright (1939)
333	2415505,1620	1	pg	BAV, CPRI 19.27
334	2414935,5450	1	vis	BAV, HA 69.76
335	2414676,6270	1	pg	1978AcA____28__497K, Dugan, Wright (1939)
336	2414438,4490	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
337	2413813,5750	1	pg	1978AcA____28__497K, Dugan, Wright (1939)
338	2413713,4690	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
339	2413706,5250	1	vis	1978AcA____28__497K, Bohlen (1902)
340	2413699,6540	1	vis	BAV, HA 46.177
341	2413675,4610	1	vis	1978AcA____28__497K, Bohlen (1902)
342	2412684,6810	1	vis	BAV, AJ 13.143
343	2412646,7030	1	vis	BAV, AJ 13.143
344	2412608,7370	1	vis	BAV, AJ 13.143
345	2412577,6800	1	vis	BAV, AJ 13.143
346	2412308,3970	1	vis	BAV, AJ 13.17
347	2412032,2400	1	vis	BAV, AJ 13.17
348	2411987,3420	1	vis	BAV, AJ 13.17
349	2411842,3770	1	vis	BAV, AJ 13.17
350	2411835,4590	1	vis	BAV, AJ 13.17
351	2411607,6020	1	vis	BAV, AJ 11.9
352	2411469,5420	1	vis	BAV, AJ 11.9
353	2411172,6300	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
354	2411141,5890	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
355	2410851,5820	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
356	2409239,3740	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
357	2408521,4020	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
358	2408514,4890	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
359	2408338,4000	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
360	2408262,4400	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
361	2408224,4710	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
362	2407941,4010	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
363	2407903,4210	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
364	2407903,4160	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
365	2407796,3990	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
366	2407782,5780	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
367	2407751,5420	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
368	2407627,2680	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
369	2407582,3850	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
370	2407430,4560	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
371	2407423,5380	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
372	2407268,2770	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
373	2406902,3090	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
374	2406453,4970	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
375	2406263,6420	1	vis	1978AcA____28__497K, Hellerich (1924)
376	2405735,4640	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
377	2405697,4930	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
378	2405635,3390	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
379	2405621,5330	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
380	2405576,6570	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
381	2405338,4570	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
382	2405017,4100	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
383	2404910,3890	1	vis	BAV, AN 83.353
384	2404910,3820	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
385	2404879,3220	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
386	2404658,3810	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
387	2404658,3690	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
388	2404651,4570	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
389	2404651,4520	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
390	2404613,4800	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
391	2404551,3560	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
392	2404551,3420	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
393	2404551,3350	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
394	2404544,4480	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
395	2404513,3770	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
396	2404513,3750	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
397	2404513,3740	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
398	2404499,5750	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
399	2404499,5480	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
400	2404492,6460	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
401	2404375,2930	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
402	2404375,2820	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
403	2404337,3120	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
404	2404330,3940	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
405	2404292,4320	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
406	2404254,4600	1	vis	BAV, AN 76.249
407	2404254,4550	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
408	2404254,4500	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
409	2404247,5460	1	vis	BAV, AN 76.249
410	2404247,5450	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)

**EK 1 Minimum Zamanlar (devamı)**

<b>Sıra No</b>	<b>Minimum Zamanı (HJD)</b>	<b>Minimum Türü</b>	<b>Gözlem Türü</b>	<b>Kaynak</b>
411	2404223,3890	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
412	2404216,4890	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
413	2404216,4880	1	vis	BAV, AN 83.353
414	2404216,4850	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
415	2404209,5680	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
416	2404147,4590	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
417	2404147,4390	1	vis	BAV, AN 76.249
418	2404147,4380	1	vis	1978AcA____28__497K, Chandler (1889)
419	2403978,2600	1	vis	BAV, AN 76.249

ccd: CCD, pe: fotoelektrik, pg: fotoğrafik, vis: görsel

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları

### U\_CrB\_Analiz.m dosyası

```
% Bedri KESKİN bedri.keskin@gmail.com
% Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
% Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
%
clc; % komut ekranını temizle
clear all; % hafızayı temizle
set(0,'DefaultFigureWindowStyle','docked') % grafikleri editör penceresine yuvalandır
U_CrB=cell(1000,13); % 1000'den fazla minimum varsa bu sayıyı da ona göre artır

% Minimum zamanları oku
% load('ButunMinimumZamanlar.mat');
% load('ButunMinimumZamanlarTekil.mat');
% load('U_CrB.mat');
load('U_CrB_1minEklenmis.mat');
MinimumAdeti=size(U_CrB,1)-1;
HJDminO = cell2mat(U_CrB(2:MinimumAdeti+1,1:1));
MinimumTuru = cell2mat(U_CrB(2:MinimumAdeti+1,2:2));
GozlemTuru = U_CrB(2:MinimumAdeti+1,3:3);

% parametreleri oku
load('Parametre.mat')
HangiSutun = 2; %Parametre.mat'daki farklı sütunlardaki parametreleri kolayca verebilmek için.
T0 = cell2mat(Parametre(1,HangiSutun));
P = cell2mat(Parametre(2,HangiSutun));
M1 = cell2mat(Parametre(3,HangiSutun));
M2 = cell2mat(Parametre(4,HangiSutun));
parallax = cell2mat(Parametre(5,HangiSutun));
A = cell2mat(Parametre(6,HangiSutun)); % Fit edilen sinüsün yarı genliği
P3 = cell2mat(Parametre(7,HangiSutun)); % Üçüncü cismin dönemi
T3 = cell2mat(Parametre(8,HangiSutun)); % Üçüncü cismin enberiden geçiş anı (periastron)
excen = cell2mat(Parametre(9,HangiSutun)); % Üçüncü cismin e'si
omega = cell2mat(Parametre(10,HangiSutun)); % Üçüncü cismin yörüngesinin enberi noktasının
düğümler çizgisinden olan açısız uzaklığı
wccd = cell2mat(Parametre(11,HangiSutun)); % ağırlık ccd
wpe = cell2mat(Parametre(12,HangiSutun)); % ağırlık pe
wpg = cell2mat(Parametre(13,HangiSutun)); % ağırlık pg
wvis = cell2mat(Parametre(14,HangiSutun)); % ağırlık vis

% ----- Ağırlıkları set et -----
agirlik=ones(MinimumAdeti, 1);
for i=1:MinimumAdeti
    if strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'ccd');
        agirlik(i) = wccd;
    elseif strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'pe');
        agirlik(i) = wpe;
    elseif strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'pg');
        agirlik(i) = wpg;
    else agirlik(i) = wvis; % gözlem türü ccd,pe,pg değilse vis'in ağırlığı neyse onu ver
    end
end
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
%-----  
CevrimO = (HJDminO - T0) / P;  
CevrimC = round(CevrimO/0.5)*0.5; %Hesaplanan çevrim E' hesabı  
HJDminC = CevrimC * P + T0; % Hesaplanan minimum zamanlar  
OeksiC = HJDminO - HJDminC;  
  
% -----Grafikler için yatay eksen değerleri-----  
CevrimAraligi=min(CevrimC)-400:10:max(CevrimC)+400; %sınırların 300 fazlası  
HJD_Araligi = CevrimAraligi * P + T0;  
FigureNo=0;  
  
%-----  
% ----- Linear Fit -----  
agirlikLin=ones(MinimumAdeti, 1);  
% agirlikLin=agirlik;% lineer fiti ağırlıklı yapmak istersen bu satırı uncomment et  
  
% for i=1:MinimumAdeti %sadece ccd ve pe gözlemleri ele al  
%   if strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'ccd');  
%       agirlikLin(i) = wccd;  
%   elseif strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'pe');  
%       agirlikLin(i) = wpe;  
%   else agirlikLin(i) = 0; % gözlem türü ccd veya pe değilse 0 ağırlık ver  
%   end  
% end  
  
KatsayiLinFit=agirlikpolyfit(CevrimC, OeksiC, agirlikLin, 1);  
% KatsayiLinFit(1,1) = KatsayiLinFit(1,1) +3.00867185834758e-05; %yapılan fiti beğenmezsen buradan  
ayar çekebilirsin  
% KatsayiLinFit(1,2) = KatsayiLinFit(1,2) + 0.06;  
  
% KatsayiLinFit=zeros(1:2);% Lineer Fiti iptal etmek (yani ışık elemanlarını düzeltmemek) için bu satırı  
uncomment et  
  
%Lineer Fit Grafiği  
FigureNo=FigureNo+1;  
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiC,P,T0);  
lineercizgi=polyval(KatsayiLinFit,CevrimC);  
plot(CevrimC,lineercizgi,'blue','LineWidth',1.45);  
  
% Lineer Fit sonrası yeni ışık elemanları  
% lfs: lineer fit sonrası  
Plfs = P + KatsayiLinFit(1,1);  
T0lfs = T0 + KatsayiLinFit(1,2);  
  
OeksiClfs = OeksiC - polyval(KatsayiLinFit,CevrimC);  
RkareLineer = sum((agirlikLin.*OeksiClfs).^2);  
  
%-----  
% % ----- Ani Dönem Değişimi -----  
% % % ----- Linear Fit1 ----- sinir1:MinimumAdeti -----  
sinir1=211;  
OeksiClfsLinFit1=OeksiClfs(sinir1:MinimumAdeti,1);  
CevrimCLinFit1=CevrimC(sinir1:MinimumAdeti,1);
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
KatsayiLinFit1=polyfit(CevrimCLinFit1, OeksiClfsLinFit1, 1);
% KatsayiLinFit1=zeros(1,2); % iptal etmek için uncomment et
Plf1 = Plfs + KatsayiLinFit1(1,1);
T0lf1 = T0lfs + KatsayiLinFit1(1,2);
lineercizgi1=polyval(KatsayiLinFit1,CevrimCLinFit1,1);
OeksiCadds(sinir1:MinimumAdeti,1)= OeksiClfs(sinir1:MinimumAdeti,1)-lineercizgi1;

% % % ----- Lineer Fit2 ----- sinir2:sinir1 ----
sinir2=162;
OeksiClfsLinFit2=OeksiClfs(sinir2:sinir1,1);
CevrimCLinFit2=CevrimC(sinir2:sinir1,1);

KatsayiLinFit2=polyfit(CevrimCLinFit2, OeksiClfsLinFit2, 1);
% KatsayiLinFit2=zeros(1,2); % iptal etmek için uncomment et
Plf2 = Plf1 + KatsayiLinFit2(1,1);
T0lf2 = T0lf1 + KatsayiLinFit2(1,2);
lineercizgi2=polyval(KatsayiLinFit2,CevrimC(sinir2:sinir1,1));
OeksiCadds(sinir2:sinir1,1)= OeksiClfs(sinir2:sinir1,1)-lineercizgi2;

% % % ----- Lineer Fit3 ----- 1:sinir2 -----
OeksiClfsLinFit3=OeksiClfs(1:sinir2,1);
CevrimCLinFit3=CevrimC(1:sinir2,1);

KatsayiLinFit3=polyfit(CevrimCLinFit3, OeksiClfsLinFit3, 1);
% KatsayiLinFit3=zeros(1,2); % iptal etmek için uncomment et
Plf3 = Plf2 + KatsayiLinFit3(1,1);
T0lf3 = T0lf2 + KatsayiLinFit3(1,2);
lineercizgi3=polyval(KatsayiLinFit3,CevrimC(1:sinir2,1));
OeksiCadds(1:sinir2,1)= OeksiClfs(1:sinir2,1)-lineercizgi3;

%-----
% ----- Ani Dönem Değişim miktarı 1
ADD1955=Plf2-Plf1; %gün
ADD1955sn=ADD1955*24*60*60; %saniye
%-----
% % ----- Ani Dönem Değişim miktarı 2
ADD1970=Plf3-Plf2; %gün
ADD1970sn=ADD1970*24*60*60; %saniye
%-----

ADDcizgi=[lineercizgi3;lineercizgi2(2:end);lineercizgi1(2:end)];

% OeksiCadds = OeksiClfs; % ADD'lerin hepsini birden iptal etmek istersen uncomment et
% ADDcizgi = zeros(MinimumAdeti,1);

%ADD Grafiği
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiClfs,P,T0);
plot(CevrimCLinFit1,lineercizgi1,'red','LineWidth',1.5)
plot(CevrimCLinFit2,lineercizgi2,'green','LineWidth',1.5)
plot(CevrimCLinFit3,lineercizgi3,'cyan','LineWidth',1.45)
```



## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiCadds,P,T0);

RkareADD = sum((OeksiCadds).^2);

%-----
% ----- Parabol Fit -----
agirlikPar=agirlik;
% agirlikPar=ones(MinimumAdeti, 1); % parabol fiti ağırlıksız yapmak istersen bu satırı uncomment et
%
for i=1:MinimumAdeti % ccd'ler 10 gerisi 1
    if strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'ccd');
        agirlikPar(i) = wccd;
    % elseif strcmp(U_CrB{i+1,3}, 'pe');
    %     agirlikPar(i) = wpe;
    else agirlikPar(i) = 1;
end
end

% agirlikPar(2-1)=10; %bir minimum zamana özellikle farklı bir ağırlık vermek istersen minimum
zamanın satır değerini yerine yaz
% agirlikPar(4-1)=10;

KatsayiParFit=agirlikpolyfit(CevrimC, OeksiClfs, agirlikPar, 2);

%Lineer Fit sonrası O-C ve Parabol Fit grafiği
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiClfs,P,T0);
parabolcizgi=polyval(KatsayiParFit,CevrimC);
plot(CevrimC,parabolcizgi,'blue','LineWidth',1.45)

%Dönem değişim miktarı
deltaP = 2*KatsayiParFit(1,1)/Plfs; % gün/gün
deltaPyil = deltaP * 365.25*24*60*60; % sn/yıl
deltaPboluP = deltaP / Plfs; % deltaP/P 1/gün
% Kütle aktarım miktarı
KAMgun = deltaPboluP*M1*M2/(3*(M1-M2)); % Mgüneş/gün
KAMyil = KAMgun * 365.25; % Mgüneş/yıl

% Parabol Fit sonrası O-C değerleri
OeksiCpfs = OeksiClfs - polyval(KatsayiParFit,CevrimC);
RkareParabol = sum((agirlikPar.*OeksiCpfs).^2);

%-----
% ----- Sinüs Fit -----
agirlikSin=agirlik;
% agirlikSin=ones(MinimumAdeti, 1); % sinüs fiti ağırlıksız yapmak istersen bu satırı uncomment et
% agirlikSin(2-1)=10; %bir minimum zamana özellikle farklı bir ağırlık vermek istersen minimum
zamanın satır değerini x yerine yaz
% agirlikSin(3-1)=10;
KatsayiSinFit=coeffvalues(SinusFit(HJDminO, OeksiCpfs, agirlikSin, A, P3, T3, excen, omega));

Ason = KatsayiSinFit(1,1);
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
P3son = KatsayiSinFit(1,2);
T3son = KatsayiSinFit(1,3);
excenson = KatsayiSinFit(1,4);
omegason = KatsayiSinFit(1,5);

%Parabol fit sonrası O-C ve Sinüs Fit grafiği
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiCpfs,P,T0);

% sinusbaslangiccizgi=Irwin(HJDminO, A, P3, T3, excen, omega);% başlangıç A,P3,T3,e,w değerleriyle
çizilen sinüsü görmek istersen bu 2 satırı uncomment et
% plot(CevrimC,sinusbaslangiccizgi,'black')
sinuscizgi=Irwin(HJDminO, Ason, P3son, T3son, excenson, omegason);
plot(CevrimC,sinuscizgi,'blue','LineWidth',1.45)

% Sinüs Fit sonrası O-C değerleri (son artıklar)
OeksiCsfs= OeksiCpfs - Irwin(HJDminO,Ason, P3son, T3son, excenson, omegason);
RkareSinus = sum((agirlikSin.*OeksiCsfs).^2);

% Sinüs Fit Sonuçları
P3yil = P3son / 365.25;
a12sini = (173.15*Ason)/sqrt(1-excenson^2*cos(omegason*pi/180)^2);
KutleFonk = a12sini^3 / P3yil^2;
m3minkokleri = roots([1^3 -1*KutleFonk -2*KutleFonk*(M1+M2) -1*KutleFonk*(M1+M2)^2]);
m3min=m3minkokleri(1,1);
a3sini=a12sini*(M1+M2)/m3min;
for i=10:90
    sini =sin(i*pi/180);
    m3kokleri = roots([sini^3 -1*KutleFonk -2*KutleFonk*(M1+M2) -1*KutleFonk*(M1+M2)^2]);
    m3=m3kokleri(1,1);
end

% ----- Son artıklar O-C grafiği (Sinüs Fit artıkları) -----
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiCsfs,P,T0);

% ----- hepsi birden grafik -----
FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiClfs,P,T0);
plot(CevrimC,parabolcizgi+sinuscizgi,'blue','LineWidth',1.45)

FigureNo=FigureNo+1;
FigureCiz(FigureNo,MinimumAdeti,MinimumTuru,GozlemTuru,CevrimC,OeksiC,P,T0);
plot(CevrimC,lineercizgi+parabolcizgi+sinuscizgi,'blue','LineWidth',1.45)

% ----- U_CrB tablosunu doldur -----
U_CrB{1,5} = 'agirlik';
U_CrB{1,6} = 'CevrimO';
U_CrB{1,7} = 'CevrimC';
U_CrB{1,8} = 'HJDminC';
U_CrB{1,9} = 'OeksiC';
U_CrB{1,10} = 'OeksiClfs';
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
U_CrB{1,11} = 'OeksiCadds';
U_CrB{1,12} = 'OeksiCpfs';
U_CrB{1,13} = 'OeksiCsfs';

for i=1:MinimumAdeti
    U_CrB{i+1,5} = agirlik(i);
    U_CrB{i+1,6} = CevrimO(i);
    U_CrB{i+1,7} = CevrimC(i);
    U_CrB{i+1,8} = HJDminC(i);
    U_CrB{i+1,9} = OeksiC(i);
    U_CrB{i+1,10} = OeksiClfs(i);
    U_CrB{i+1,11} = OeksiCadds(i);
    U_CrB{i+1,12} = OeksiCpfs(i);
    U_CrB{i+1,13} = OeksiCsfs(i);
end

% ----- Sonuçları yaz -----
n=1;
Sonuc{n,1}='T0lfs';   Sonuc{n,2} = T0lfs;   Sonuc{n,3}='HJD';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='Plfs';   Sonuc{n,2} = Plfs;   Sonuc{n,3}='gün';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='ADD1955sn'; Sonuc{n,2} = ADD1955sn; Sonuc{n,3}='sn';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='ADD1970sn'; Sonuc{n,2} = ADD1970sn; Sonuc{n,3}='sn';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='deltaP';   Sonuc{n,2} = deltaP;   Sonuc{n,3}='gün/gün'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='deltaPyil'; Sonuc{n,2} = deltaPyil; Sonuc{n,3}='sn/yıl'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='deltaPboluP'; Sonuc{n,2} = deltaPboluP; Sonuc{n,3}='1/gün'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='KAMgun';   Sonuc{n,2} = KAMgun;   Sonuc{n,3}='Mg/gün'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='KAMYil';   Sonuc{n,2} = KAMYil;   Sonuc{n,3}='Mg/yıl'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='Ason';   Sonuc{n,2} = Ason;   Sonuc{n,3}='gün';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='P3son';   Sonuc{n,2} = P3son;   Sonuc{n,3}='gün';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='T3son';   Sonuc{n,2} = T3son;   Sonuc{n,3}='HJD';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='excensson'; Sonuc{n,2} = excensson; Sonuc{n,3}=""; n=n+1;
Sonuc{n,1}='omegason'; Sonuc{n,2} = omegason; Sonuc{n,3}='derece'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='KutleFonk'; Sonuc{n,2} = KutleFonk; Sonuc{n,3}='Mg'; n=n+1;
Sonuc{n,1}='m3min';   Sonuc{n,2} = m3min;   Sonuc{n,3}='Mg';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='P3yil';   Sonuc{n,2} = P3yil;   Sonuc{n,3}='yıl';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='a12sini'; Sonuc{n,2} = a12sini; Sonuc{n,3}='AB';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='a3sini';   Sonuc{n,2} = a3sini;   Sonuc{n,3}='AB';   n=n+1;
Sonuc{n,1}='RkareLineer'; Sonuc{n,2} = RkareLineer; Sonuc{n,3}=""; n=n+1;
Sonuc{n,1}='RkareADD'; Sonuc{n,2} = RkareADD; Sonuc{n,3}=""; n=n+1;
Sonuc{n,1}='RkareParabol'; Sonuc{n,2} = RkareParabol; Sonuc{n,3}=""; n=n+1;
Sonuc{n,1}='RkareSinus'; Sonuc{n,2} = RkareSinus; Sonuc{n,3}=""; n=n+1;
save('Sonuc.mat','Sonuc');

clear sinir1 sinir2 n lineercizgi lineercizgi1 lineercizgi2 lineercizgi3 parabolcizgi sinuscizgi
OeksiClfsLinFit1 OeksiClfsLinFit2 OeksiClfsLinFit3 OeksiCadds KatsayiLinFit1 KatsayiLinFit2
KatsayiLinFit3 ADDcizgi CevrimCLinFit1 CevrimCLinFit2 CevrimCLinFit3 ADD1955 ADD1970 sini
CevrimAraligi HJDARaligi TarihAraligi m3kokleri m3minkokleri m3 OeksiClfs OeksiCsfs OeksiCpfs
HJDminClfs OeksiC HJDminC CevrimC HangiSutun HJDminO MinimumTuru GozlemTuru agirlik yp1
yp2 yp3 yp33 i text1 FigureNo agirlikLin agirlikPar agirlikSin CevrimO;
```

### FigureCiz.m dosyası

% grafikte sadece minimum noktaları çizer, fit eğrilerini çizmez.

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
function [] = FigureCiz(pFigurNo,pMinimumAdeti, pMinimumTuru,pGozlemTuru,pCevrimC,pOeksiC,
pP, pT0)
figure(pFigurNo);
clf
for i = 1:pMinimumAdeti
    if pMinimumTuru(i,1) == 1;
        if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'ccd');
            ccdI =
            plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'square','MarkerEdgeColor','g','MarkerFaceColor','r','MarkerSize',8);
            end
            if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'pe');
                peI =
                plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'diamond','MarkerEdgeColor','y','MarkerFaceColor','m','MarkerSize',8);
            end
            if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'pg');
                pgI = plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'o','MarkerEdgeColor','c','MarkerFaceColor','g','MarkerSize',5);
            end
            if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'vis');
                visI = plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'k.','MarkerSize',5);
            end
            end
            if pMinimumTuru(i,1) == 2;
                if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'ccd');
                    ccdII =
                    plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'square','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r','MarkerSize',8);
                    end
                    if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'pe');
                        peII =
                        plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'diamond','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r','MarkerSize',8);
                    end
                    if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'pg');
                        pgII = plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'o','MarkerEdgeColor','r','MarkerFaceColor','y','MarkerSize',5);
                    end
                    if strcmp(pGozlemTuru(i,1), 'vis');
                        visII = plot(pCevrimC(i,1),pOeksiC(i,1),'r.','MarkerSize',5);
                    end
                    end
            hold all
            end
            xlabel('Çevrim');
            ylabel('O-C (gün)');
            title('U CrB');
            legend([ccdII ccdI peII peI pgI visI],'ccd II', 'ccd I', 'pe II', 'pe I','pg I', 'vis I','Location','EastOutside');
            % legend([ccdII ccdI peII peI pgI ],'ccd II', 'ccd I', 'pe II', 'pe I','pg I','Location','EastOutside');

            %aşağıdaki kısmın yazılmasında
            %http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/12131-linktopaxisdata
            %adresinden yararlanılmıştır. En son ziyaret: 30.04.2015
            %---üste zaman eksenini ekleme----
            oldAxis=gca;
            % Shift up the title a bit
            set(get(oldAxis,'Title'),'Units','Normalized','Position',[0.5 1.05 0]);
            % Create new axis
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
newAxis = axes('position', get(oldAxis, 'position'));
% put new Xaxis on top
set(newAxis, 'axisLocation', 'top');
set(oldAxis, 'axislocation', 'bottom');
% Make the new one the colour of the old, and the old transparent
set(newAxis, 'Color', get(oldAxis, 'Color'));
set(oldAxis, 'Color', 'none');
% Give the new axis a name if necessary
% if nargin==3;xlabel(AxisName);end;

% Get rid of y labels on the new axis
set(newAxis, 'yTickLabel', []);
% remove box for old axis
set(oldAxis, 'box', 'off');
% remove grids
set(newAxis, 'yGrid', 'off');
set(newAxis, 'xGrid', 'off');
% simulate the presence of a box by making the new axis' y axis appear
% on the right whilst the old one sits on the left
set(newAxis, 'YAxisLocation', 'right');
set(oldAxis, 'YAxisLocation', 'left');

set(newAxis, 'YScale', get(oldAxis, 'YScale'));
set(newAxis, 'YTick', get(oldAxis, 'YTick'));
set(newAxis, 'XScale', get(oldAxis, 'XScale'));
set(newAxis, 'XTick', get(oldAxis, 'XTick'));

linkaxes([oldAxis newAxis], 'xy');
% Create a link between properties
hlink = linkprop([newAxis, oldAxis], {'Position', 'YTick', 'XScale', 'YScale', 'YMinorTick'});
% And store it on the new axis (to make sure it gets updated, but is
% also destroyed when the figure is closed / axis is deleted)
setappdata(newAxis, 'Axis_Linkage', hlink);

% Label the new axis bits
set(newAxis, 'XTick', get(oldAxis, 'XTick'));
set(newAxis, 'XTickLabel', round(JulToDate(str2num(get(oldAxis, 'XTickLabel'))*pP+pT0)));

% and finally, swap the places of the two axes so that clicking gives the correct
% behaviour
temp=get(gcf, 'Children');
i=temp==newAxis;
j=temp==oldAxis;
temp(i)=oldAxis;
temp(j)=newAxis;

set(gcf, 'Children', temp);

axes(oldAxis);
hold on
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

### Irwin.m dosyası

```
function [Result] = Irwin(pHJD,pA,pP3,pT3,pexcen,pomega) %function to compute (O-C) from JDi, T0,
A, p3, omega and excen

    Ex=kepler(pexcen,2*pi*(pHJD-pT3)/pP3); %eccentric anomaly from Kepler equation
    ny=2*atan(sqrt((1+pexcen)/(1-pexcen))*tan(Ex/2)); %conversion of anomalies
    Oc=((1-
pexcen^2)/(1+pexcen.*cos(ny)).*sin(ny+pomega*pi/180)+pexcen.*sin(pomega*pi/180))/sqrt(1-
pexcen^2*((cos(pomega*pi/180))^2)); %basic equation to compute Light-Time effect

Result=pA*Oc; %eccentric anomaly
```

### JulToDate.m dosyası

```
function [Result] = JulToDate(juldat) %function to compute Date (year) from Julian data

L=juldat+68569;
N=4*L/146097;
L=L-(146097*N+3)/4;
I=4000*(L+1)/1461001;
L=L-1461*I/4+31;
J=80*L/2447;
d=L-2447*J/80; %days
L=J/11;
m=J+2-12*L; % months
y=100*(N-49)+I+L; %years
y=y+1/12;

Result=y; %result
```

### Kepler.m dosyası

```
function [Result] = kepler(e,M) %function to compute excentric anomaly from eccentricity and mean
anomaly, iterative procedure
% E=M;
E=M+e*sin(M);
E1=E+(M+e*sin(E)-E)/(1-e*cos(E));
E2=E;
while abs((E1./E2)-1)>0.000000000001 %accuracy of the result
    E2=E;
    E1=E+(M+e*sin(E)-E)/(1-e*cos(E));
    E=E1;
end
Result=E1; %eccentric anomaly
```

### SinusFit.m dosyası

```
function [fitresult, gof] = SinusFit(HJDminClfs, OeksiCpfs, agirlikSin, A, P3, T3, excen, omega)
[xData, yData, weights] = prepareCurveData( HJDminClfs, OeksiCpfs, agirlikSin );

ft = fitype('pA*(((1-pexcen^2)/(1+pexcen.*cos((2*atan(sqrt((1+pexcen)/(1-
pexcen))*tan((kepler(pexcen,2*pi*(x-pT3)/pP3))/2))))).*sin((2*atan(sqrt((1+pexcen)/(1-
pexcen))*tan((kepler(pexcen,2*pi*(x-
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
pT3)/pP3))/2)))+pomega*pi/180)+pexcen.*sin(pomega*pi/180))/sqrt(1-  
pexcen^2*((cos(pomega*pi/180))^2))))', 'independent', 'x', 'dependent', 'y');  
opts = fitoptions( ft );  
opts.Display = 'Off';  
opts.Lower = [0 20000 2400000 0 0];  
opts.StartPoint = [A P3 T3 excen omega];  
opts.Upper = [0.1 50000 2600000 1 360];  
opts.Weights = weights;  
[fitresult, gof] = fit( xData, yData, ft, opts );
```

### IECiz.m dosyası

```
function [] = IECiz(GozlemVerisi, T0, P, MinZam)
```

```
tamkisim = floor(cell2mat(GozlemVerisi(2,1)));  
NoktaAdeti=size(GozlemVerisi,1)-1;  
HJD = cell2mat(GozlemVerisi(2:NoktaAdeti,1:1))-tamkisim;  
MAG = cell2mat(GozlemVerisi(2:NoktaAdeti,2:2));
```

```
plot(HJD,MAG,'b','MarkerSize',5);  
axis ij  
xlabel(['HJD+' num2str(tamkisim)]);  
ylabel(GozlemVerisi(1,2),'rotation',0,'FontWeight','bold');
```

### TekFit.m dosyası

```
function [fitresult, gof, object] = TekFit(HJDmin, OeksiC, agirlik, pA, pP3, pT3, pexcen, pomega, pp0,  
pp1, pp2)  
[xData, yData, weights] = prepareCurveData(HJDmin, OeksiC, agirlik);
```

```
ft = fittype( 'pp0+pp1*x+pp2*x.^2+pA*(((1-pexcen^2)./(1+pexcen.*cos(2*atan(sqrt((1+pexcen)/(1-  
pexcen))*tan(kepler(pexcen,2*pi*(x-pT3)/pP3))/2))))).*sin(2*atan(sqrt((1+pexcen)/(1-  
pexcen))*tan(kepler(pexcen,2*pi*(x-  
pT3)/pP3))/2)))+pomega*pi/180)+pexcen.*sin(pomega*pi/180))/sqrt(1-  
pexcen^2*((cos(pomega*pi/180))^2))))', 'independent', 'x', 'dependent', 'y');  
opts = fitoptions( ft );  
opts.Display = 'Off';  
% pA pP3 pT3 pexcen pomega pp0 pp1 pp2  
% opts.Lower = [0.025 25000 2500000 0.3 250 600 -0.0009389];  
opts.StartPoint = [pA pP3 pT3 pexcen pomega pp0 pp1 pp2];  
% opts.Upper = [0.031 35000 2510000 0.65 360 700 -0.0000389];  
  
opts.Weights = weights;  
% opts.Method = 'NonlinearLeastSquares';  
% opts.TolX = 1.0e-6;
```

```
[fitresult, gof, object] = fit( xData, yData, ft, opts );
```

### BMIE.m dosyası

```
% Bütün Minimumların Işık Eğrisi  
clear;  
clc;
```

```
load('Parametre.mat')
```

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
HangiSutun = 2; %Parametre.mat'daki farklı sütunlardaki parametreleri kolayca verebilmek için.
T0 = cell2mat(Parametre(1,HangiSutun));
P = cell2mat(Parametre(2,HangiSutun));
% T0 = 2452502.525;% Kreiken 2004
% P = 3.45222;

load('Gozlemler.mat');

MinZamI20140409=2456757.3932;
MinZamI20140421= 2456769.4506;
MinZamI20140510=2456788.4661;
MinZamI20150630= 2457204.4425;
MinZamI20180403= 2458212.5009;

I20140421 = I20140421(2:end,:);
I20150630 = I20150630(2:end,:);
I20180403 = I20180403(2:end,:);
II20140409 = II20140409(2:end,:);
II20140510 = II20140510(2:end,:);

% bütün gözlemleri tek matriste topla
BVRI = vertcat(I20140421,I20150630,I20180403,II20140409,II20140510); %matrisleri altalta ekle
BVRI = sortrows(BVRI); %küçükten büyüğe doğru sırala
% BVRI = vertcat( {'B' 'MAG_B' 'V' 'MAG_V' 'R' 'MAG_R' 'T' 'MAG_T'}, BVRI); %en başa başlıkları
ekle
% tamkisim = floor(cell2mat(BVRI(1,1))); %HJD'nin noktadan sonra kısmını at

HJDB = cell2mat(BVRI(:,1:1));
EVREB=(HJDB-T0)/P;
MAGB = cell2mat(BVRI(:,2:2));

HJDV = cell2mat(BVRI(:,3:3));
EVREV=(HJDV-T0)/P;
MAGV = cell2mat(BVRI(:,4:4));

HJDR = cell2mat(BVRI(:,5:5));
EVREER=(HJDR-T0)/P;
MAGR = cell2mat(BVRI(:,6:6));

HJDI = cell2mat(BVRI(:,7:7));
EVREI=(HJDI-T0)/P;
MAGI = cell2mat(BVRI(:,8:8));

figure(20)
subplot(4,1,1:1)
plot(EVREB,MAGB,'b','MarkerSize',5);
ylabel('B','Rotation',0,'Color','red');
line([(MinZamI20140409-T0)/P (MinZamI20140409-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20140421-T0)/P (MinZamI20140421-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20140510-T0)/P (MinZamI20140510-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20150630-T0)/P (MinZamI20150630-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20180403-T0)/P (MinZamI20180403-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
axis ij
```



## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```
subplot(4,1,2:2)
plot(EVREV,MAGV,'b.','MarkerSize',5);
ylabel('V','Rotation',0,'Color','red');
line([(MinZamII20140409-T0)/P (MinZamII20140409-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20140421-T0)/P (MinZamI20140421-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamII20140510-T0)/P (MinZamII20140510-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20150630-T0)/P (MinZamI20150630-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20180403-T0)/P (MinZamI20180403-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
axis ij
```

```
subplot(4,1,3:3)
plot(EVRER,MAGR,'b.','MarkerSize',5);
ylabel('R','Rotation',0,'Color','red');
line([(MinZamII20140409-T0)/P (MinZamII20140409-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20140421-T0)/P (MinZamI20140421-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamII20140510-T0)/P (MinZamII20140510-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20150630-T0)/P (MinZamI20150630-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20180403-T0)/P (MinZamI20180403-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
axis ij
```

```
subplot(4,1,4:4)
plot(EVREI,MAGI,'b.','MarkerSize',5);
ylabel('T','Rotation',0,'Color','red');
line([(MinZamII20140409-T0)/P (MinZamII20140409-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20140421-T0)/P (MinZamI20140421-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamII20140510-T0)/P (MinZamII20140510-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20150630-T0)/P (MinZamI20150630-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
line([(MinZamI20180403-T0)/P (MinZamI20180403-T0)/P],[min(MAGB) max(MAGB)], 'Color','red')
axis ij
```

### Parametre.mat dosyası

'T0'	2452502,52500000	'HJD'
'P'	3,45222000000000	'gün'
'M1'	4,74000000000000	'Mg'
'M2'	1,46000000000000	'Mg'
'parallax'	0,0040200000000000	''''
'A'	0,0300000000000000	'gün'
'P3'	36500	'gün'
'T3'	2500000	'HJD'
'excen'	0,5000000000000000	[]
'omega'	180	'°'
'ccd'	10	[]
'pe'	10	[]
'pg'	4	[]
'vis'	1	[]

### Sonuc.mat dosyası

'Parametre'	'Değer'	'Hata'	'Birim'
'T0'	2452502,52500000	[]	'HJD'
'dT0'	-0,0463808129698146	0,00395203106910334	'HJD'
'T0 son'	2452502,47861919	0,00395203106910334	'HJD'
'P'	3,45222000000000	[]	'gün'

## EK 2 Geliştirilen Yazılımın MATLAB Kaynak Kodları (devamı)

```

'dp' -1,18836645165584e-05 6,02182546631984e-07 'gün'
'P son' 3,45220811633548 6,02182546631984e-07 'gün'
'ADD1955sn' -1,65628318701749 0,318688965281286 'sn'
'ADD1970sn' 4,31917009434812 0,317601819405283 'sn'
'deltaP (parabol fit)' 9,34361586487661e-10 5,42796625082106e-11 'gün/gün'
'deltaP (tek fit)' 6,37660774248411e-11 3,39620281313208e-12 'gün/gün'
'deltaPyil (parabol fit)' 0,0294862092017430 0,00171293587756911 'sn/yıl'
'deltaPyil (tek fit)' 0,00201230436494217 0,000107176009895697 'sn/yıl'
'deltaPboluP (parabol fit)' 2,70656216253696e-10 1,57231721493295e-11 '1/gün'
'deltaPboluP (tek fit)' 1,84710352830472e-11 9,83773575592540e-13 '1/gün'
'KAMgun (parabol fit)' 1,90350536479886e-10 1,10579919250223e-11 'Mg/gün'
'KAMgun (tek fit)' 1,29905439606504e-11 6,91880757370997e-13 'Mg/gün'
'KAMyil (parabol fit)' 6,95255334492784e-08 4,03893155061441e-09 'Mg/yıl'
'KAMyil (tek fit)' 4,74479618162755e-09 2,52709446629757e-10 'Mg/yıl'
'A (sinus fit)' 0,0312078293105824 0,00120152440178855 'gün'
'A (tek fit)' 0,0268097747718523 0,00135014905179131 'gün'
'P3 (sinus fit)' 39605,6078797225 1036,75111429294 'gün'
'P3 (tek fit)' 30000,0002175618 664,879656432344 'gün'
'T3 (sinus fit)' 2517638,81887683 2177,20204166124 'HJD'
'T3 (tek fit)' 2504999,99991139 1824,11373039947 'HJD'
'excen (sinus fit)' 0,723403231422100 0,0722417442127893 []
'excen (tek fit)' 0,281754512863469 0,0971845810589049 []
'omega (sinus fit)' 197,787674457371 4,38614605853501 'derece'
'omega (tek fit)' 300,005076615566 20,0524813021473 'derece'
'KutleFonk (sinus fit)' 0,0352236587224755 0,0249759199703442 'Mg'
'KutleFonk (tek fit)' 0,0152808586452378 0,00697901465352135 'Mg'
'm3min (sinus fit)' 1,25045051981173 0,0585345353987067 'Mg'
'm3min (tek fit)' 0,918258806627890 0,0558267635115613 'Mg'
'P3yil (sinus fit)' 108,434244708344 2,83846985432701 'yıl'
'P3yil (tek fit)' 82,1355242096147 1,82034129071141 'yıl'
'a12sini (sinus fit)' 7,45399551988571 1,75698425742823 'AB'
'a12sini (tek fit)' 4,68888888990688 0,710460613903891 'AB'
'a3sini (sinus fit)' 36,9584973504186 8,88163053130158 'AB'

'a3sini (tek fit)' 31,6589516023050 5,16870707099735 'AB'
'a123 (sinus fit)' 44,4124928703043 9,05374809542429 'AB'
'a123 (tek fit)' 36,3478404922118 5,21730649566294 'AB'
'RkareLineer' 0,214970277876623 [] []
'RkareADD' 0,0351364085199253 [] []
'RkareParabol' 0,350565334081991 [] []
'RkareSinus' 0,514220178857097 [] []
'RkareTekFit' 0,433870087632198 [] []

```

### U\_CrB.mat dosyasının bir kısmı

```

'HJDminO' 'Minimum Türü' 'Gözlem Türü' 'Kaynak'Hata'
2458212,50097400 1 'ccd' 'bu çalışma' 0,00122035200000000
2457525,50600000 1 'ccd' 'Paschke Anton OEJV,0181' 0,00300000000000000
2457204,44250000 1 'ccd' 'bu çalışma' 0,0002195430000000000
2457138,85460000 1 'ccd' 'Samolyk G JAAVSO 43' 0,0001000000000000000
2457128,49700000 1 'ccd' 'IBVS 6196' 0,01160000000000000
2456788,46610000 2 'ccd' 'bu çalışma' 0,0004106230000000000
2456757,39320000 2 'ccd' 'bu çalışma' 0,00127470000000000

```

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bedri KESKİN  
Doğum Yeri : Yozgat / Şefaati  
Doğum Tarihi : 28.07.1977  
Medeni Hali : Evli (2 erkek babası)  
Yabancı Dili : İngilizce  
Askerlik Durumu : Tamamlandı (2002)

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kırıkkale Lisesi (1994)  
Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi,  
Elektrik Elektronik Mühendisliği (2000)  
Yüksek Lisans : Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik  
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı (2010)  
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay  
Bilimleri Anabilim Dalı (Kasım 2018)

### Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

TRT Genel Müdürlüğü, 2009 – 2017.  
Maliye Bakanlığı, 2006 – 2009.  
Türk Telekom Genel Müdürlüğü, 2003 – 2006.  
Bilge Mühendislik Müşavirlik Ltd. Şti., 2001 – 2002.