

# W UMa'ların Bileşen Yıldızları

İbrahim Bulut<sup>1\*</sup>, Osman Demircan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Uzun Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale

## Özet

Değen çift yıldızlarda minimum zamanları kullanılarak yapılan analizlerden belirlenen dönem değişimleri çoğunlukla karmaşık bir yapı sergiler. Bunlar çoğunlukla kütle aktarımından kaynaklanan parabolik bir değişim üzerine binmiş bir kaç çevrimsel değişimi gösterirler. Büyük olasılıkla bu çevrimsel değişimler, değen çift sistemin etrafında dönen üçüncü hatta dördüncü, beşinci bileşenden kaynaklanır. Bu çalışmada bir değen çift yıldız sistemi olan CK Boo'in dönem değişimi ayrıntılı olarak incelenmiş, dönem değişiminin nedenleri sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** (stars:) binaries: eclipsing, Yıldızlar, Ötegezegenler

## 1 Giriş

Tokovinin ve ark. (2006) çift yıldız sistemlerinde üçüncü bir bileşenin görülme sıklığının çift sistemlerin yörünge dönemine bağlı olduğunu belirtmiştir. Buna göre bir çift sistemde üçüncü bileşenin görülme sıklığı, sistemin yörünge dönemi  $P$  olmak üzere,  $12 < P < 30$  gün için %34 seviyesinde,  $P = 9$  günde için %50 seviyesine,  $P = 1$  gün için ise bu olasılığın %100 seviyesine kadar çıktığı hesaplanmıştır. Rucinski ve ark. (2007) kuzey yarım kürede yer alan 10 kadirde daha parlak değen çift yıldızlar içinde üçlü sistem olma oranının %61 olduğunu bulmuştur. Bu sonuçlar tüm değen çift yıldızların bir çoklu sistem içinde yer aldığı yaygın fikrini destekler niteliktedir.

## 2 Değen Çift Yıldızlarda Dönem Değişimi

Çift yıldızlarda dönem değişimi çalışmaları kütle aktarımı, manyetik aktivite, eksen dönmesi ve üçüncü cisim gibi bir çok fiziksel mekanizmanın açıklanmasına olanak verir. Bu tür çalışmalar çift yıldızların gözlenen minimum zamanlarıyla oluşturulan (O-C) eğrilerinin analiziyle yapılır.

Değen çift yıldızlarda (O-C) eğrileri genelde karmaşık bir yapı sergiler. Bunlar çoğunlukla parabolik bir değişim üstünde binmiş bir kaç çevrimsel değişimi içerir. Buradaki parabolik değişim bileşenlerin birbirlerine kütle aktarmasından kaynaklanırken, sinüsel değişimler ise büyük olasılıkla değen çift sistemin etrafında dönen ilave bileşenlerden kaynaklandığı kabul edilir.

Çift yıldızlarda üçüncü bileşenden kaynaklanan ışık-zaman etkisi (LITE) Irwin (1959) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\tau = \frac{A}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \omega}} \left[ \frac{(1 - e^2) \cdot \sin(\nu + \omega)}{1 + e \cos \nu} + e \sin \omega \right] \quad (1)$$

Burada  $A$ , (O-C) eğrisinde ışık-zaman etkisinin oluşturduğu sinüsün gün biriminde yarı genliğidir.

Değen çift yıldızlarda LITE yorumlanması 1990'ların başlarına kadar uzanır (bkz örneğin Demircan ve ark. (1992) ve Demircan (1994)). Sonraki yıllarda bu tür çalışmalar bir çok değen çift sisteme uygulanmıştır. Pribulla ve Rucinski (2008) tarafından duyarlı gözlemleri olan 20 değen çift yıldız üzerine yapılan çalışmada, çoklu sistem olma oranının yaklaşık %60 olduğu bulunmuştur.

\* ibulut@comu.edu.tr

## 3 Örnek Bir Değen Çift Yıldız: CK Boo

CK Boo (BD + 9°2916, HD 128141, HIP 71319) Bond (1975) tarafından değişen olduğu keşfedilen A tipi W UMa sistemidir. Tayf türü F7/F5 (Rucinski ve Lu, 1999), maksimum parlaklık  $9^m.029$  (V), dönemi ise yaklaşık 0.355 gündür. Bileşenlerin kütleleri 1.415(14) ve 0.154(2)  $M_{\odot}$ , yarıçapları ise 1.439(3) ve 0.555(12)  $R_{\odot}$  olarak Kalcı ve Derman (2005) tarafından hesaplanmıştır.

Sistemde dönem değişimi üzerine literatürde bir çok çalışma yer almakta olup, ilk çalışmalar Aslan ve Derman (1986) ve Demircan (1987) tarafından yapılmıştır. Yörünge döneminde doğrusal olamayan bir artış olduğunu ise ilk kez Jia ve ark. (1992) belirtmiştir. Daha sonra Qian ve Liu (2000), (O-C) eğrisinde parabolik bir trendin varlığını göstermiş ve bu trendin üstünde dönemi yaklaşık 14 yıl olan küçük genlikli dönemli bir değişim bulmuştur. Bu değişim ikinci bileşenin manyetik aktivitesine bağlanarak Applegate (1992) mekanizmasıyla açıklamıştır. Kalcı ve Derman (2005) da son görüşü destekleyerek yörünge modülasyonunun dönemini 15.75 yıl olarak revize etmiş, sistemde üçüncü cisim olamayacağını belirtmiştir. Daha sonra Yüce ve ark. (2006), (O-C) eğrisinde parabol üstünde sinüsel bir değişimin olduğunu ve sinüsel değişimin üçüncü cisimden kaynaklandığını kabul ederek bu cismin kütlesini 0.48  $M_{\odot}$ , dönemini 17.41 yıl olarak hesaplamıştır. Pop ve Vamoş (2012) ise (O-C) eğrisinde parabol üstünde iki sinüsel değişim belirlemiş ve bunların sisteme bağlı iki ilave bileşenden kaynaklanması durumunda kütlelerinin 0.492 ve 0.272  $M_{\odot}$  olması gerektiğini bulmuştur.

D'Angelo ve ark. (2006) tayfsal gözlemlerden sistemin görsel üçüncü bir bileşenin olduğunu göstermiştir. Bu üçüncü bileşenin tayf türünü M0 V, sıcaklığını 3900 K, parlaklığını  $9^m.2$  (V), kütlelerinin 0.48  $M_{\odot}$  ve çift sisteme uzaklığının ise yaklaşık 5 AB olduğu hesaplanmıştır.

### 3.1 CK Boo'nun Dönem Analizi

CK Boo'nun dönem değişiminin incelenmesinde kullanılan minimum zamanları (O-C) Gateway veri tabanından (Paschke ve Brat, 2006) alınmıştır. Ayrıca bu veri setinde olmayan literatürdeki diğer minimum zamanları da buna eklenmiştir. Böylece 1975-2013 yılları aralığını kapsayan fotometrik/CCD gözlemlerinden elde edilmiş 60 tanesi birinci minimum zamanı olmak üzere toplam 130 tane minimum zamanı toplanmıştır. Tüm minimum zamanları kullanılarak oluşturulan (O-C) eğrisinde,

**Çizelge 1.** CK Boo'nun dönme analizinden elde edilen ilave cisimlerin parametreleri.

Parametre	Birim	T3	T4
$T_0$	HJD	446183.5933(17)	
$P$	gün	0.355153459 (12)	
$P_{3,4}$	gün	9115(248)	3987(69)
$P_{3,4}$	yıl	25(1)	10.9(2)
$A$	gün	0.0135(3)	0.0045(8)
$T_{per3,4}$	yıl	2451268(8293)	2452167(110)
$\omega$	derece	63(33)	302(17)
$e$		0.024(10)	0.50(12)
$Q [10^{-10}]$	gün	1.37(1)	
$f(m_{3,4})$	$M_{\odot}$	0.0204	0.0043
$M_{min3,4}$	$M_{\odot}$	0.43	0.28
$a_{3,4}$		8.2	5.1
$\dot{M}$	$M_{\odot}/yıl$	$1.65 \cdot 10^{-8}$	

(O-C) artıkları hesaplanırken aşağıdaki ışık elemanları

$$HJD (Min I) = 2446183.5933 + 0^d.355153459 \times E. \quad (2)$$

kullanılmıştır.

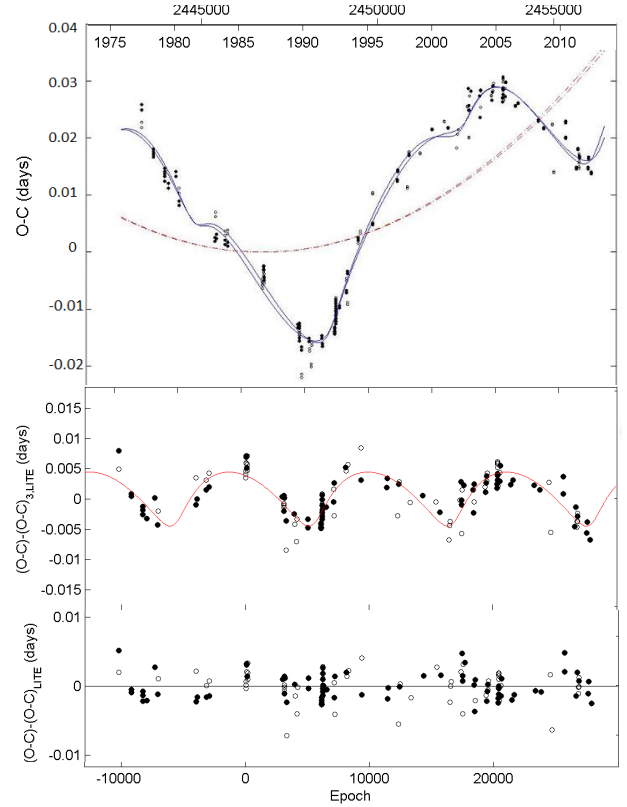
Dönem analizi, Zasche (2009) tarafından yazılan ve MATLAB ortamında çalışan bilgisayar programı kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde parabolik değişim üstüne binmiş iki sinüsel değişim belirlenmiştir. Sinüsel değişimlerin sisteme çekimsel olarak bağlı iki ilave cismin varlığına işaret ettiği kabul edilmiştir. Buna kabul altında yapılan analizlerle hesaplanan kuramsal (O-C) eğrisinin gözlemlerle uyumu Şekil 1'de, olası ilave cisimlerin belirlenen parametrelerinde (T2 ve T3) Çizelge 1'de sunulmaktadır. Çizelgede  $P_{3,4}$ ,  $f(m_{3,4})$  ve  $M_{min3,4}$  ( $i = 90$ ) sırasıyla sinüs eğrilerinin dönemini, cisimlerin kütle fonksiyonlarını ve kütlelerini göstermektedir.

#### 4 Tartışma ve Sonuç

Çift yıldızların (O-C) eğrilerindeki düzgün dönemsel değişimler çoğunlukla sisteme çekimsel olarak bağlı ilave bileşenlerin sebep olduğu LITE etkisinden kaynaklandığı kabul edilir. Duyarlı minimum zamanları kullanılarak oluşturulacak (O-C) eğrileri üzerinde LITE etkisinin araştırılması, sisteme bağlı üçüncü, dördüncü hatta beşinci bileşenlerin belirlenmesini ve parametrelerinin bulunmasını sağlar. Bu tür çalışmaların ilave bileşen barındırma olasılıkları yüksek olan değen çiftlerin Jüpiter benzeri gezegenlerinin tesbit edilmesini sağlayabilecek önemli bir yöntem olabileceği de düşünülebilir.

Bu çalışmada sunulan CK Boo da bir çok değen çift yıldızın (O-C) eğrilerinde görülen tipik özellikleri göstermektedir. CK Boo'nun (O-C) eğrisinin gösterdiği değişim, kütle aktarımından kaynaklı parabolik bir değişim ve bunun üzerine binmiş büyük olasılıkla sisteme fiziksel olarak bağlı cisimlerin oluşturduğu ışık-zaman etkisinden kaynaklanan iki çevrimsel değişimin bileşkesi şeklinde modellenmiş ve ilgili parametreler belirlenmiştir. Çevrimsel değişimlerin dönemi 25(1) ve 10.9(2) yıl, genlikleride 0.0135(3) ve 0.0045(8) gün olarak hesaplanmıştır. Olası üçüncü ve dördüncü cisimlerin minimum kütleleri ise 0.43 ve 0.28  $M_{\odot}$  olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Pop ve Vamos (2012)'un buldukları değerlerle uyumludur. Bu ilave bileşenlerin kütlelerine bakıldığında her ikisinin de yıldız olduğu anlaşılır.

Parabolik değişim, ikinci bileşenden birinci bileşene doğru kütle aktarımının olduğunu gösteriyor. Bileşenleri kütle değerleri dikkate alındığında sistem için hesaplanan kütle aktarım miktarı



**Şekil 1.** Parabol ve iki sinüs eğrisinin eklenmesiyle oluşturulan CK Boo'nun O-C diyagramı.

$\dot{M} = 1.65 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/yıl$  kadardır ve literatürde değen sistemler için bulunan kütle aktarım miktarı boyutlarındadır.

#### Kaynaklar

- Applegate, J.H.: A mechanism for orbital period modulation in close binaries. *ApJ* **385** (1992) 621–629.
- Aslan, Z., Derman, E.: Photoelectric observations of CK Bootis. *A&AS* **66** (1986) 281–302.
- Bond, H.E.: Eclipsing binaries found spectroscopically. II. HD 128141. *PASP* **87** (1975) 877–878.
- D'Angelo, C., van Kerkwijk, M.H., Rucinski, S.M.: Contact binaries with additional components. II. A spectroscopic search for faint tertiaries. *AJ* **132** (2006) 650–662.
- Demircan, O.: BV observations of W UMa-type binaries: CK Bootis, BI CVn, and AH Vir. *Ap&SS* **135** (1987) 169–174.
- Demircan, O., Derman, E., Müyesseroğlu, Z.: A period study of AW UMa. *A&A* **263** (1992) 165–171.
- Demircan, O.: in *The Impact of Long-Term Monitoring on Variable Star Research: Astrophysics, Instrumentation, Data Handling, Archiving, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop, held in Ghent, Belgium, November 15-18, 1993, Dordrecht: Kluwer, 1994, edited by Christiaan Sterken and Mart De Groot. NATO Advanced Science Institutes (ASI) Series C, 436 (1994) 77.*
- Irwin, J. B.: Standard light-time curves. *AJ* **64** (1959) 149.
- Jia, G., Liu, X., Huang, H.: 1991 Photometry of the W UMa type binary CK Boo. *IBVS* (1992) 3727.
- Kalci, R., Derman, E.: CK Bootis: a W UMa system with a small mass ratio. *AN* **326** (2005) 342–348.
- Paschke, A., Brát, L.: O-C Gateway, a Collection of Minima Timings. *OEJV* **23** (2006) 13.

- Pribulla, T., Rucinski, S. M.: in Multiple stars across the H-R Diagram, ESO Astrophysics Symposia (Berlin: Springer) (2008) 163.
- Qian, S., Liu, Q.: A possible connection between the variability of light curve and the change of the orbital period in the contact binary CK Bootis. *Ap&SS* **271** (2000) 331--339.
- Pop, A., Vamoş, C.: Biperiodic orbital period modulation of the W UMa binary CK Bootis. *NewA* **17** (2012) 667--672.
- Rucinski, S., Lu, W.: Radial velocity studies of close binary stars. II. *AJ* **118** (1999) 2451--2459.
- Rucinski, S.M., Pribulla, T., van Kerkwijk, M.H.: Contact Binaries with Additional Components. III. A Search Using Adaptive Optics. *AJ* **134** (2007) 2353--2365.
- Tokovinin, A., Thomas, S., Sterzik, M., Udry, S.: Tertiary companions to close spectroscopic binaries. *A&A* **450** (2006) 681--693.
- Yüce, K., Selam, S.O., Albayrak, B., Ak, T.: Monitoring secular orbital period variations of some eclipsing binaries at the Ankara University Observatory. *Ap&SS* **304** (2006) 67--69.
- Zasche, P.: The data mining: An analysis of 20 eclipsing binary light-curves observed by the INTEGRAL/OMC. *NewA* **14** (2009) 129--132.

**Erişim:**

O13-1500: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).