

EKSEN DÖNMESİ GÖSTEREN ÖRTEN DEĞİŞEN ÇİFT SİSTEMLER CW Cep, OX Cas ve CO Lac' ın DÖNEM ANALİZİ ÇALIŞMASI

Ahmet BULUT, İbrahim BULUT, Caner ÇİÇEK, Ahmet ERDEM

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü,
17100,
Terzioğlu Yerleşkesi, Çanakkale, Tel: 286-2180020 / 1847, Faks: 286-
2180533,
e-posta: abulut@comu.edu.tr*

Özet

Bu çalışmada eksen dönmesi gösteren örten çift sistemler CW Cep, OX Cas, ve CO Lac incelenmiştir. Bu üç sistem için CCD fotometrisi ile 7 adet yeni minimum zamanı elde edilmiştir. Literatürde bulunan tüm minimum zamanları ile bu çalışmada elde edilen yeni minimum zamanlar birleştirilerek gözlenen sistemlerin O-C eğrileri oluşturulmuş dönem değişimleri analiz edilmiş ve eksen dönmesi parametreleri hesaplanmıştır. CW Cep, OX Cas, ve CO Lac için eksen dönmesi dönemleri sırasıyla 46.031 ± 0.016 , 37.843 ± 0.015 ve 43.157 ± 1.879 yıl olarak bulunmuştur. Sonuçlar üç sisteminde eksen dönmesi dönemlerin kısa olduğunu göstermektedir. CW Cep, OX Cas, ve CO Lac eksantrik sistemlerin ortalama gözlemsel içyapı sabitleri ($\log \bar{k}_{2,obs}$), sırasıyla, -2.098, -2.232 ve -2.388 olarak hesaplanmış ve kuramsal değerlerle karşılaştırılarak tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Örten Değişen Çift Yıldızlar, Eksen dönmesi, Yıldızlar: CW Cep, OX Cas, CO Lac

Abstract

Three binary systems (CW Cep, OX Cas and CO Lac) showing apsidal motion were studied. Seven times of minima light recorded with CCD Photometers were obtained for these three eccentric-orbit eclipsing binaries. Their O-C diagrams

were analysed using all reliable timings found in the literature with ours, and elements of apsidal motion were improved. We confirm very short periods of apsidal motion of about 46.031 ± 0.016 , 37.843 ± 0.015 ve 43.157 ± 1.879 years for CW Cep, OX Cas and CO Lac, respectively. The observed average values of internal structure constant ($\log \bar{k}_{2,obs}$) of these three systems, CW Cep, OX Cas and CO Lac, are found to be -2.098, -2.232 and -2.388, respectively.

Keywords: Eclipsing binary stars, Apsidal Motion, Individual: CW Cep, OX Cas, CO Lac

1. Giriş

Basık yörüngeli ayrık örten çift yıldızlarda eksen dönmesi çalışmaları yıldız içyapılarına ilişkin önemli bilgiler sunar. Eksen dönmesi çalışmaları minimum zamanı gözlemlerine dayanır. Bunlarla yapılan dönem değişimi analizleri ile gözlemsel olarak yıldızların içyapı sabitleri elde edilebilir. Bu değerler kuramsal yıldız modelleri ile karşılaştırılarak yapılan modellerin test edilmesini sağlar. Eksen dönmesi çalışmaları kuramsal yıldız modellerinin testi için önemli olduğu kadar Genel Relativite Teorisinin testi için de önemlidir.

Bu çalışmada hızlı eksen dönmesi gösteren örten çift sistemler CW Cep, OX Cas ve CO Lac'ın eksen dönmesi, yeni yapılan gözlemler ışığında tekrar incelenmiş ve eksen dönmesi parametreleri hesaplanmıştır.

2. Gözlemler

CW Cep, OX Cas ve CO Lac'ın yeni minimum gözlemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi (ÇOMUG)'de 2006/2007'de 30cm çaplı Schmidt-Cassegrain teleskopu ve buna bağlı ST10X-ME CCD kamera ile BVR filtresinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada söz konusu sistemlerin gözlemlerinden CW Cep için 2 minimum zamanı, OX Cas için 3 minimum zamanı ve CO Lac için de 2 minimum zamanı elde edilmiştir. Minimum zamanları ve standart yanılırları, Kwee ve van Woerden yöntemi (Kwee ve Woerden, 1958) kullanılarak hesaplanmıştır. Tablo 1'de yeni minimum zamanları listelenmiştir. Elde edilen minimum zamanlar daha önce belirlenen zamanlar ile birleştirilmiş ve eksen dönmesi analizleri yapılmıştır.

Tablo 1: Yeni minimum zamanları

Sistem	Min.Zamanı HJD+2400000	Hatası	E	Türü	Filtre	Gözlemevi
CW Cep	54331.4020	0.0001	4639.5	II	BVR	ÇOMUG
	54357.3533	0.0003	4649	I	BVR	ÇOMUG
OX Cas	54362.3890	0.0004	3064.5	II	BVR	ÇOMUG
	54367.3655	0.0002	3066.5	II	BVR	ÇOMUG
	54428.3118	0.0004	3091	I	BVR	ÇOMUG
CO Lac	54298.3185	0.0002	17354.5	II	BVR	ÇOMUG
	54338.4150	0.0003	17380.5	II	BVR	ÇOMUG

3. Eksen Dönmesi Analizi

Bu çalışmada seçilen ve hızlı eksen dönmesi gösterdikleri bilinen üç sistem OX Cas, CW Cep ve CO Lac'ın eksen dönmesi parametrelerin bulunması için Lacy (1992) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Gözlenen minimum zamanlarından oluşturulan veri setine, doğrusal olmayan fit yapan bu yöntemin temel parametreleri yörünge dış merkezliği (e), başlangıç minimum zamanı (T_0), enberi noktası boylamının başlangıç zamanındaki değeri (ω_0), enberi noktası boylamının değişim oranı ($\dot{\omega}$), anomalistik dönem (P_a)'dir. Çözümler sonunda bu parametrelerle birlikte yıldızıl dönem (P_s) ve eksen dönme dönemi (U) de hesaplanmaktadır.

3.1. CW Cep

CW Cep (HD 218066, HIP = 113907, BD +62° 2163, $m_v = 7^m.6$, Tayf Türü = B0.5 V, $P = 2.73$ gün), bilinen bir ayırık eksantrik yörüngeli örten değişen çift yıldızdır. Sistem ilk defa 1942 de çift çizgili tayfsal çift olarak Petrie (1947) tarafından keşif edilmiştir. (Blaauw ve diğ., 1959) sistemin OB3 oymağının bir üyesi olduğu keşfetmiştir. CW Cep eksen dönmesi de gösteren bir sistemdir (öregün Nha (1975), Söderhjelm (1976), Scarfe (1986), (Giménez ve diğ., 1987) ve Jeffery (1984)). Sistemin eksen dönmesini iyice biriken veri ile ayrıntılı biçimde analiz eden en son çalışmaya Jeffery

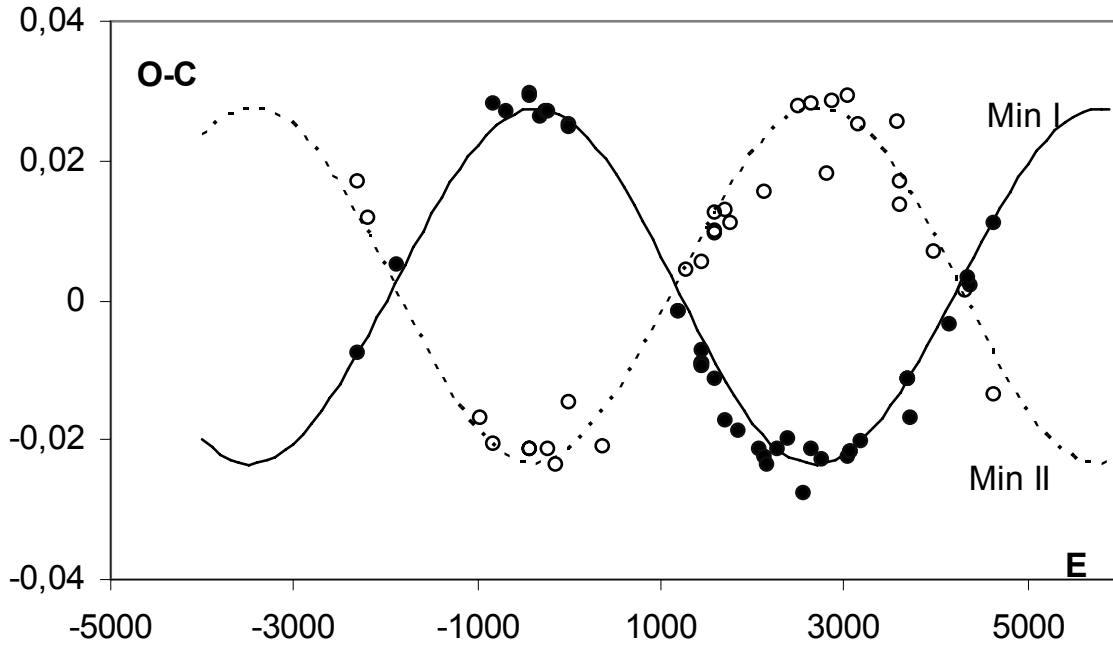
(1984) göre eksen dönme dönemi 46 yıl, içyapı sabiti -2.12 olarak hesaplanmıştır. CW Cep çift sisteminde olası bir üçüncü cisimden doğan ışık-zaman etkisi de Jeffery (1984) tarafından ele alınmıştır.

Bu çalışmada sistemin çevrim sayılarının hesabı için

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2441669.5705 + 2^E \cdot 72914 \times E$$

... (1)

lineer ışık elemanları kullanılmıştır. Analizlerde Tablo 1 de verilen yeni minimum zamanlarıyla beraber literatürden toplanan, 42 tanesi birinci minimum olmak üzere, toplam 72 tane minimum zamanı kullanılmıştır. Elde edilen eksen dönmesi parametreleri Tablo 2 de verilmiştir. O-C eğrisi de Şekil 1 görülmektedir.



Şekil 1: CW Cep'in (O-C) değişimi ve bu değişimi belirleyen fit

3.2. OX Cas

Ayrık ve çift çizgili bir örten çift yıldız olan OX Cas (BD +60° 0169, HIP 5391, $V_{\text{mak}} = 9^m.92$, Tayf Türü B2V+B2V), (Clausen ve Giménez., 1991) tarafından eksantrik bir yörüngeye sahip olduğu bildirilmiştir. Sistemin fotografik ilk ışık eğrisi de aynı çalışmada elde

edilmiş ve yörünge dönemi için 1.2 gün değeri verilmiştir. (Han ve diğ., 2002) ve (Claret ve Willems, 2002) de sistemin fotografik gözlemlerini elde etmişlerdir. Sistemin ilk fotoelektrik gözlemleri (Erdem ve diğ., 2004) tarafından yapılmış, UBV süzgeçlerinden ışık eğrileri elde edilmiştir. (Wolf ve diğ., 2006), bu çalışmada sistemin yörünge döneminin daha önce elde edilen değerinden iki kat büyük olduğunu bulmuştur. (Wolf ve diğ., 2006) tarafından gözlenen UBV ışık eğrileri, Reim (1957) tarafından “WINK ışık eğrisi analiz programı Gayer (1958)” kullanılarak çözülmüştür. Bu sonuçlardan sistemin eksen dönme döneminin 10 yıldan daha küçük olabileceği önerilmiştir. Filin (1962), sistem için yeni minimum zamanları içeren bir dönem analizi çalışması yapmıştır. Sistemin ilk tayfsal çalışması] (Frazier ve Hall, 1975) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sistemin kütle oranı için 0.88 değeri elde edilmiştir. (Mardirossian ve diğ., 1980), OX Cas’ın eksen dönmesi analizini yenileyerek, eksen dönmesi dönemi için 39.7 yıl değerini hesaplamışlardır. Ayrıca buldukları bu eksen dönmesi dönemine göre belirlenen gözlemsel içyapı sabitinin, kuramsal değerlerden daha küçük olduğunu da belirtmişlerdir. Daha sonra sistemin kapsamlı bir çalışmasını yapan Wood (1972), ubvy süzgeçlerinde yaptıkları gözlemleri, WINK programıyla analiz ederek, sistemin fotometrik ve salt parametrelerini elde etmişlerdir. Aynı çalışmalarında gözledikleri ışık eğrilerinde, ikinci minimum ortasının 0.476 evresine karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu araştırmacılar, sistemin NGC 381 açık kümesinin üyesi olamayacağı sonucuna da varmışlardır. Busch (1978), sistemin dönem analizini yineleyerek, eksen dönmesi döneminin 37.3 yıl ve içyapı sabitinin de $(\log \bar{k}_{2,obs}) = 0.0060$ olduğunu belirlemişlerdir. (Schiller ve Milone, 1987) tarafından hazırlanan eksen dönmesi gösteren yıldızlar kataloğunda, OX Cas kısa dönemli bir eksen dönmeli yıldız olarak yer almıştır. (Khaliullin ve diğ., 1987), bu yıldızın dönem analizi tekrarlayarak, eksen dönme dönemini 36.762 yıl ve iç yapı sabitini de $(\log \bar{k}_{2,obs}) = -2.226$ olarak hesaplamıştır. (Crinklaw ve Etzel, 1989), (Wolf ve diğ., 1997), (Petrova ve Orlav, 1999), Bulut (2003), (Bulut ve Demircan, 2003) ve (Agerer ve Hüsbscher, 2003), sisteme ait yeni minimum zamanları yayınlamışlardır. Nelson (2003), OX Cas’ın eksen dönmesi üzerine yeni bir ayrıntılı çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada eksen dönme analizi için Lacy (1992) tarafından geliştirilen

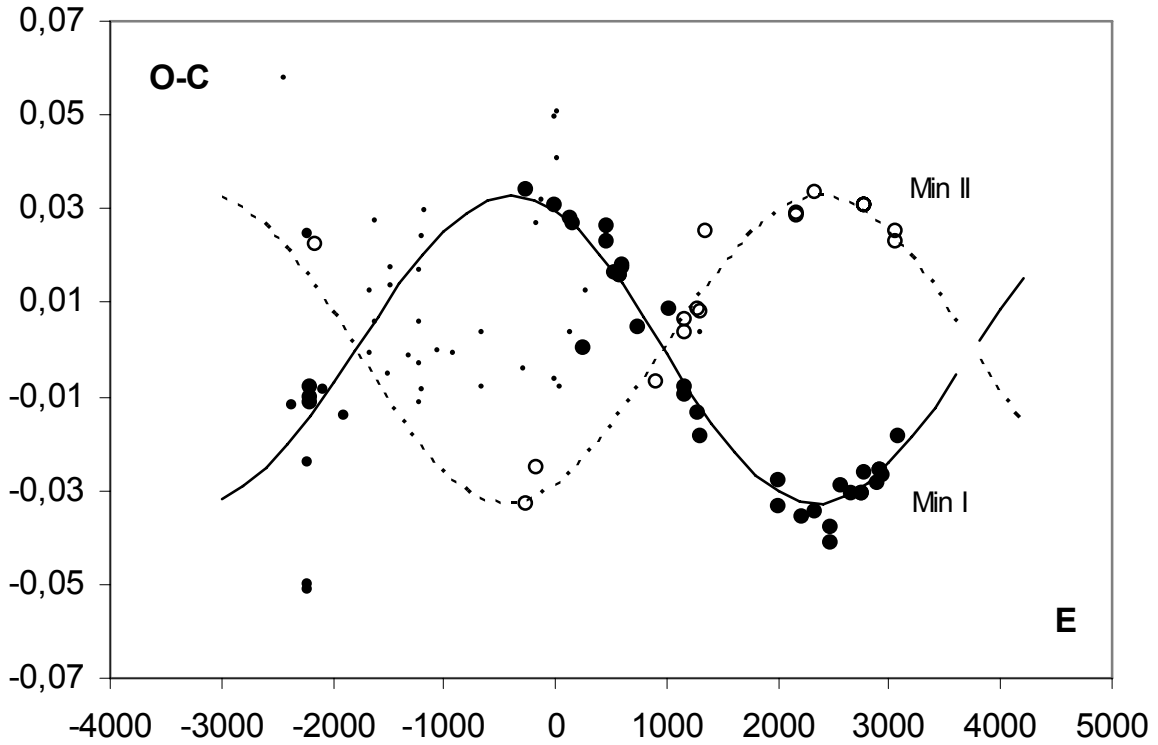
yöntem kullanılmıştır. Sistemin bulunan yeni eksen dönme dönemi, 38.2 yıl ve içyapı sabiti de $(\log \bar{k}_{2,obs}) = -2.236$ 'dir.

Bu çalışmada sistemin çevrim sayılarının hesabı için

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2446733.7600 + 2^E \cdot 489347 \times E$$

... (2)

lineer ışık elemanları kullanılmıştır. Analizlerde Tablo 1 de verilen yeni minimum zamanlarıyla beraber literatürden toplanan, 37 tanesi birinci minimum olmak üzere, toplam 52 tane fotometrik minimum zamanı kullanılmıştır. Görsel ve fotografik minimum zamanları analizlerde kullanılmamıştır. Elde edilen eksen dönmesi parametreleri Tablo 2 de verilmiştir. O-C eğrisi de Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2: OX Cas'ın (O-C) değişimi ve bu değişimi belirleyen fit

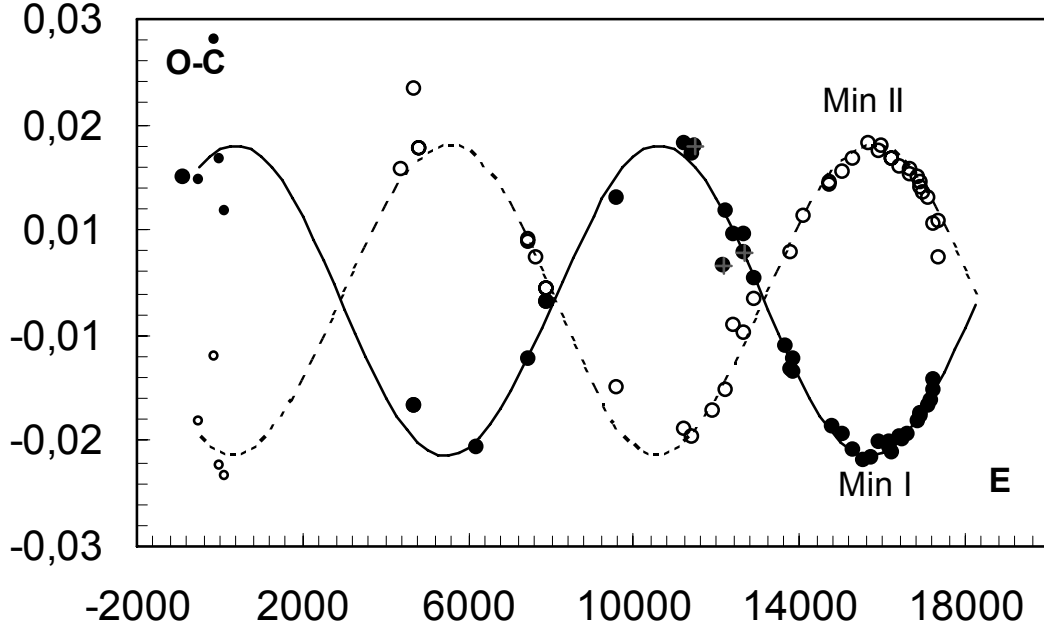
3.3. CO Lac

CO Lac, hızlı eksen dönmesi gösteren bir örten çift yıldız sistemidir. CO Lac (BD +56⁰ 2857, SAO 34798, HD 240058, HIP 112436, $V_{\max} = 10^m.5$, tayf türü B9V, yörünge dönemi 1.54 gün)'ın değişen bir yıldız olduğu Hübscher (2005) tarafından fotografik gözlemlerle keşfedilmiştir. (Hübscher ve diğ., 2005), sistemin eksen dönmesi gösterdiğini ve eksen dönme döneminin yaklaşık 40 yıl olduğunu belirtmiştir. (Bíró ve diğ., 2006), sistemin dış merkezliğinin $e = 0.028$ ve eksen dönme döneminin 25 yıl olduğunu hesaplamıştır. (Švaříček ve diğ., 2008), sistemin fotometrik gözlemlerini yaparak ışık eğrilerini elde etmiş ve bunları da analiz ederek sistemin fotometrik parametrelerini belirlemiştir. Bu ışık eğrilerinde ikinci minimum ortasının 0.5071 evresine karşılık geldiği görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada eksen dönmesi dönemi için 42.5 yıl değeri bulunmuştur. Zonn (1933) yaptığı tayfsal çalışmayla, sistemin tayfsal yörünge elemanlarını hesaplamıştır. Utterdijk (1934) tarafından yapılan eksen dönmesi analizinde eksen dönmesi dönemi 44.5 yıl olarak bulunmuştur. Son olarak da Zonn (1950) tarafından dönem analiziyle sistemin eksen dönmesi dönemi 43.36 yıl olarak belirlenmiştir. (Crinklaw ve Etzel, 1989), CO Lac için 50 yıllık gözlem zamanı elde ederek dönem analizi yapmışlar ve eksen dönme dönemini 42.9 yıl olarak hesaplamışlardır. Buradan sistemin ortalama gözlemsel içyapı sabiti ise $(\log \bar{k}_{2,obs}) = -2.2362$ olarak bulunmuştur. Sistemin ortalama teorik içyapı sabiti. $(\log \bar{k}_{2,theo}) = -2.2618$ olarak belirlenmiştir. Semeniuk (1967), CO Lac sistemi için yaptığı çalışmada yörünge basıklık değerini $e = 0.0289$, eksen dönme dönemini 43.37 yıl ve içyapı sabitini $(\log \bar{k}_{2,obs}) = -2.2395$ olarak hesaplamıştır. Sistemin HR diyagramındaki konumları kullanılarak evrim durumu da bu çalışmada tartışılmıştır. CO Lac'ın eksen dönmesini en son çalışan Nelson (2003), eksen dönme dönemini 43.4 yıl, içyapı sabitlerini $(\log \bar{k}_{2,obs}) = -2.2390$ ve $(\log \bar{k}_{2,theo}) = -2.400$ olarak bulmuştur.

Bu çalışmada sistemin çevrim sayılarının hesabı için

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2427534.0762 + 1^g.5422073 \times E \quad \dots (3)$$

lineer ışık elemanları kullanılmıştır. Analizlerde Tablo 1 de verilen yeni minimum zamanlarıyla beraber literatürden toplanan, 38 tanesi birinci minimum olmak üzere, toplam 76



Şekil 3: CO Lac'ın (O-C) değişimi ve bu değişimi belirleyen fit

tane minimum zamanı kullanılmıştır. Elde edilen eksen dönmesi parametreleri Tablo 2 de verilmiştir. O-C eğrisi de Şekil 3'te gösterilmektedir.

Tablo 2: CW Cep, OX Cas ve CO Lac'ın yeni ışık elemanları ve eksen dönmesi parametreleri

Parametre	CW Cep	OX Cas	CO Lac
T_0 (HJD)	2441669.5962 ± 0.002	2446733.7909 ± 0.0003	2427534.0909 ± 0.0037
P_a (gün)	2.72958251 ± 0.0000015	$2.48979460 \pm 0.00000018$	1.54235803 ± 0.0000657
P_s (gün)	$2.72913944 \pm 0.00000021$	$2.48934620 \pm 0.00000025$	$1.54220713 \pm 0.00000929$
e	0.0291	0.0411	0.0293
$\dot{\omega}$			

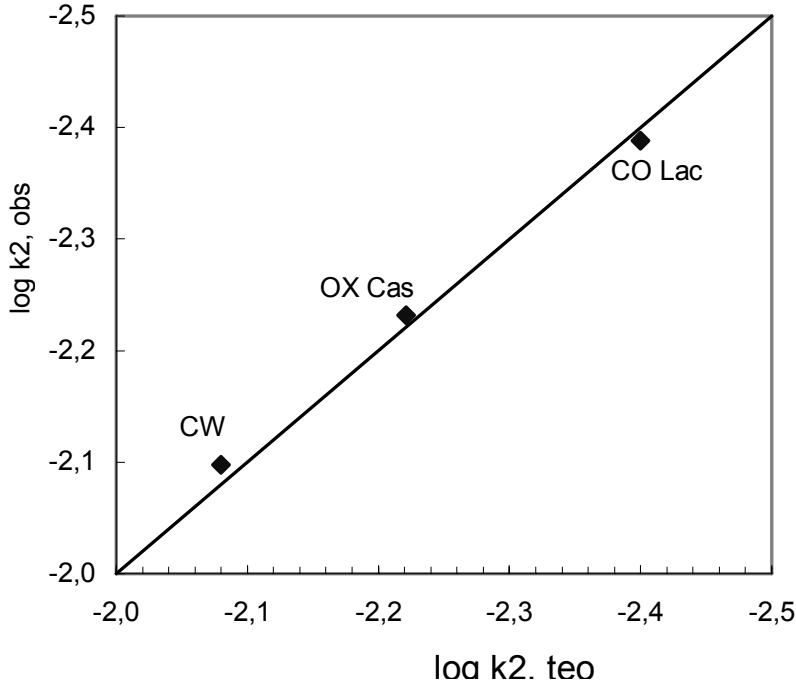
	$0.0199 \pm$	$0.0113158 \pm$	$0.0061472 \pm$
(°/çevrim)	0.00000034	0.00000045	0.000026
ω_0 (°)	201.2 ± 0.0010	202.8 ± 0.0008	167.9 ± 0.0008
\dot{I} (°)	82.5	88.2	85.4
U (yıl)	46.031 ± 0.016	37.843 ± 0.015	43.157 ± 1.879

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada hızlı eksen dönmesi gösteren çift sistemler CW Cep, OX Cas ve CO Lac'ın eksen dönmesi olayı, yeni gözlemler ışığında yeniden incelenmiştir. Yapılan dönem analizleri sonucunda CW Cep, OX Cas ve CO Lac için eksen dönmesi dönemleri sırasıyla 46.031 ± 0.016 , 37.843 ± 0.015 ve 43.157 ± 1.879 yıl olarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar, literatürle uyumlu çıkmıştır.

Tablo 3: CW Cep, OX Cas ve CO Lac'ın örten çift sistemin salt öğeleri ve içyapı sabitleri

Parametre	Birim	CW Cep	OX Cas	CO Lac
M_1	M_\odot	12.41	7.2	3.13
M_2	M_\odot	11.41	6.3	2.75
r_1	-	0.2288	0.256	0.25
r_2	-	0.2191	0.2304	0.21
i	°	82.5	84.15	85.35
Kaynak		Nha (1975)	Wood (1972)	(Mossakovskaya ve Khaliullin., 1987)
$\dot{\omega}_{rel}$	(°/çevrim)	0.002312	0.001685	0.001331
$\dot{\omega}_{rel} / \dot{\omega}$	%	4.0	2.6	3.8
$\log \bar{k}_{2,obs}$		-2.098	-2.232	-2.388
$\log \bar{k}_{2,teo}$		-2.08005	-2.22100	-2.40000



Şekil 4: Gözlemsel ve teorik ortalama içyapı sabitlerinin karşılaştırılması

Her üç sistemin salt öğeleri ve eksen dönmesi dönemleri bilindiğinden gözlemsel içyapı sabitleri ($\log \bar{k}_{2,obs}$) duyarlı biçimde hesaplanabilir. Bunun için öncelikle gözlenen eksen dönmesine, relativistik eksen dönmesinin katkısı belirlenmelidir. Smak (1967)'un enberi noktasının boylamsal yerdeğiştirmesi için verdiği relativistik katkı bağıntısı kullanıldığında, üç sistem için bu katkının %4 den daha küçük olduğu görülmektedir. Bu oran gözlemsel eksen dönmesinden çıkarıldığında ve sistemler enberi noktasında eş-dönme yaptığı kabul edildiğinde, CW Cep, OX Cas ve CO Lac için hesaplanan gözlemsel ortalama iç yapı sabitleri ($\log \bar{k}_{2,obs}$), sırasıyla, -2.098, -2.232 ve -2.388 olarak bulunmuştur. Bu değerler (Mossakovskaya ve Khaliullin., 1987)'ın verdiği teorik ortalama içyapı sabitleriyle ($\log \bar{k}_{2,teo}$) karşılaştırıldığında değerler arasında uyumun çok iyi olduğu görülmektedir. Tablo 3'de sistemlerin gözlemsel ortalama içyapı sabitlerinin hesaplanması için kullanılan parametreler verilmiştir. Şekil 4'de ise gözlemsel ve teorik ortalama içyapı sabitlerinin karşılaştırılması görülmektedir.

Kaynaklar

- Agerer, F., Hübscher, J. 2003, 'Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5484,1.
- Biró, I. B., Borkovits, T., Csizmadia, S., et al, 2006, 'New Times of Minima of Eclipsing Binary Systems and of Maximum of SXPHE Type Stars', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5684,1.
- Blaauw, A., Hiltner, W. A., Johnson, H. L., 1959, 'Photoelectric Photometry of the Association III Cephei', *Astrophysical Journal*, vol. 130, p.69.
- Bulut, I., Demircan, O. 2003, 'Photoelectric Minimum Times of Some Eclipsing Binary Stars', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5476,1.
- Bulut, I., 2003, 'Örten Çift Yıldızlarda Eksen Dönmesi, Doktora Tezi'.
- Busch H., 1978, 'Beobachtungsergebnisse des Arbeitskreises "Veränderliche Sterne" im Kulturbund der DDR. (Teil V)', *Mitt. Veränderliche Sterne*, Band 8, p. 78 – 82.
- Claret, A., Willems, B. 2002, 'New results on the apsidal-motion test to stellar structure and evolution including the effects of dynamic tides', *Astronomy and Astrophysics*, 388, v.388, p.518-530.
- Clausen, j. V., Giménez, A., 1991, 'Absolute dimensions of eclipsing binaries. XVIII - The Cepheus OB 3 member CW Cephei', *Astronomy and Astrophysics*, 241, p. 98-106.
- Crinklaw, G., Etzel, P. B. 1989, 'A photometric analysis of the eclipsing binary OX Cassiopeiae', *Astronomical Journal*, 98, p. 1418-1426.
- Erdem, A., Soyduğan, E., Soyduğan, F., et al. 2004, 'A new photometric study of CW Cephei and its apsidal motion', *Astronomische Nachrichten*, p.336-342.
- Filin, A. Y. 1962, *Bull. Astrophys. Inst. Tadjik*, 31, 34.
- Frazier, T. H., Hall, D. S. 1975, 'Photometry of the Eclipsing Binary OX Cassiopeia, a Possible Member of NGC 381', *Acta Astron, Acta Astronomica*, vol. 25, no. 1, p.117-124.
- Gayer, E. 1958, *Kleine Veröff. Remeis Sternw. Bamberg*, 25,8.
- Giménez, A., Kim, Ch. -H., Nha, I. -S. 1987, 'Apsidal motion in the early-type eclipsing binaries CW Cephei, Y Cygni and AG Persei', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 224, p. 543-555.
- Han, W., Kim, Ch.-H., Lee, W, -B., Koch, R. H. 2002, 'Photometric Studies of CW Cephei', *Astronomical Journal*, v.123, p. 2724-2732
- Hübscher, J. 2005, 'Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5643,1.
- Hübscher, J., Paschke, A., Walter, F. 2005, 'Photoelectric Minima of Selected Eclipsing Binaries and Maxima of Pulsating Stars', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5657,1.

- Jeffery, C. S., 1984, 'Apsidal motion in main-sequence binary stars', *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 207, p. 323-337.
- Khaliullin, Kh. F., Kozyreva, V. S., Leontiev, S. E. 1987, 'Apsidal motion in the eclipsing binary system OX CAS', *Astrophys. Space Sci.*, v.138, p. 361-368.
- Kwee, K., K., ve van Woerden, H. 1958, 'Investigation of variations in the period of sixteen bright short-period eclipsing binary stars', *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, Vol. 14, p.131.
- Lacy, C. H. S. 1992, 'An exact solution of the ephemeris-curve problem', *Astronomical Journal*, vol. 104, no. 6, p. 2213-2216.
- Mardirossian F., Mezzeti M., Predolin F., Giuricin G., 1980, 'Photometric elements of the eclipsing binary OX CAS', *Astronomy and Astrophysics*, vol. 82, p. 386, 387.
- Mossakovskaya, L. V., Khaliullin, Kh. F. 1987, 'The Third Light in the Eclipsing System with the Apsidal Motion Co-Lacertae', *Astronomicheskii Tsirkulyar*, no.1495, 5.
- Nelson, R. H. 2003, 'CCD Minima for Selected Eclipsing Binaries in 2002', *Information Bulletin on Variable Stars*, 5371,1.
- Nha, I. -S. 1975, 'CW Cephei - an important close binary member of the III Cephei association', *Astronomical Journal*, vol. 80, p. 232-238.
- Petrie, R. M. 1947, 'The spectrographic orbits and dimensions of HD 218066', *Publ. Dominion Astrophys. Obs. Victoria*, 7, 305.
- Petrova, A. V., Orlov, V. V. 1999, 'Apsidal Motion in Double Stars. I. Catalog', *Astronomical Journal*, vol.117, p. 587-602.
- Reim, W. 1957, *Kleine Veröff. Remeis Sternw. Bamberg*, 17,1.
- Scarfe, C. D. 1986, 'Photometry of Apsidal Motion Stars - a Progress Report', *Instrumentation and Research Programmes for Small Telescopes. Proceedings of the 118th. Symposium of the International Astronomical Union*, p.319.
- Schiller, S. J., Milone, E. F. 1987, 'Spectroscopic Investigation of the Eclipsing Binary OX Cas', *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 19, p.642.
- Semeniuk, I. 1967, 'Apsidal Motion in Binary Systems. I. CO Lacertae, an Eclipsing Variable with Apsidal Motion', *Acta Astronomica*, Vol. 17, p.223.
- Smak, J. 1967, 'The Spectroscopic Orbit of CO Lacertae', *Acta Astron.*, vol. 17, p. 245.
- Söderhjelm, S. 1976, 'A re-discussion of CW Cep', *Astron. Astrophys., Suppl. Ser.*, 25, 151-158.
- Švaříček, P. Wolf, M. Claret, A. Kotková, L. Brát, L. Šmelcer, L. Zejda, M. 2008, 'Rapid apsidal motion in eccentric eclipsing binaries: OX Cassiopeia,

PV Cassiopeia, and CO Lacertae', *Astronomy and Astrophysics*, vol. 477, p.615-620.

Utterdijk, J. 1934, *Bull. Astron. Inst. Neth.*, 7, 159.

Wolf, M., Kucáková, M., Kolasa, M., et al, 2006, 'Apsidal motion in eccentric eclipsing binaries: CW Cephei, V478 Cygni, AG Persei, and IQ Persei', *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 456, p.1077-108.

Wolf, M., Šarounová, L., Diethelm, R. 1997, 'Apsidal motion in the eclipsing binary OX Cassiopeiae', *Astronomy and Astrophysics*, v.317, p.104-107.

Wood, D. B., 1972, 'A Computer Program for Modeling Non-Spherical Eclipsing Binary Systems', *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 85, p.253.

Zonn, W. 1933, *Wilno Bull.*, 14, 3.

Zonn, W. 1950, *Torun Bull.*, 9, 18.