

EKSEN DÖNMESİ GÖSTEREN ÜÇLÜ SİSTEMLER

Zeynep BOZKURT, Ömer Lütü DEĞİRMENCİ

*Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,
Bornova/İZMİR*

e-posta: zeynep.bozkurt@ege.edu.tr, omer.degirmenci@ege.edu.tr

Özet

Bu çalışmada örten çift yıldızlarda dönem değişimine neden olan etkilerden eksen dönmesi ve üçüncü cisim (ışık-zaman) etkilerinin birlikte görüldüğü sistemler incelenmiştir. Yapılan literatür taraması sonucunda 15 tane eksen dönmeli üçlü sistem belirlenerek, bunlara ilişkin bazı parametreleri içeren bir liste oluşturulmuştur. Bu listede yeralan yıldızlardan Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde gözlenebilecek altı sistem belirlenerek (HS Her, TV Cet, AS Cam, V477 Cyg, U Oph, DR Vul) fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Seçilen bu altı sistemin gözlenen tutulma zamanları, mevcut tutulma zamanlarına eklenerek dönem değişimi analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda altı dizgede de eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkilerinin varlığı gösterilmiştir. Eksen dönmesi parametreleri kullanılarak bu sistemlerin gözlemsel ortalama içyapı sabitleri, \bar{k}_{2obs} , hesaplanmıştır. Genel relativite kaynaklı ve üçüncü cisim kaynaklı eksen dönmesi katkıları gözlemsel değerlerden çıkarılarak kuramsal modellerin vereceği değerlerle karşılaştırma yapılmıştır. Kuramsal içyapı sabitleri gerekli çizelgeler kullanılarak ve bu kuramsal değerlerdeki dönme kaynaklı içyapı sabiti düzeltmeleri de hesaplanarak belirlenmiştir. Gözlem yıldızlarındaki dönem analizleri sonucunda, üçüncü cisimlere ilişkin yörünge öğeleri ile kütleleri için alt limit değerleri belirlenmiş ayrıca DR Vul sistemi için dördüncü bir cismin varlığı önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Örten çift yıldızlar-Dönem değişimi-Eksen dönmesi-Üçüncü cisim

Abstract

In this study, the systems having both apsidal motion and third body (light-time) effect which cause orbital period changes of close binaries were studied. Fifteen triple systems which have apsidal motion were found by searching the literature and a table including some parameters of these systems was constructed. Some systems (HS Her, TV Cet, AS Cam, V477 cyg, U Oph, DR Vul) in this table, which could be observed at Ege University Observatory, were selected and observed photometrically. The period analyses of selected six systems were made adding the new times of minimum observed for this study to available times. Existence of both apsidal motion and third body effects in all selected systems was presented. Using the apsidal motion parameters, the mean observed internal structure constants, \bar{k}_{2obs} , of these systems were calculated. The contributions to these constants from the Theory of General Relativity and third bodies in these systems were subtracted and the results were compared with the theoretical ones. Theoretical internal structure constants were determined by using the required tables and taking into account the corrections caused by rotation. The masses of the third bodies and some parameters about their orbits were also calculated using the results of period analysis. Besides, existence of fourth body for DR Vul has been suggested.

Key words: *Eclipsing binaries-Period variation-Apsidal motion-Third body*

1.Giriş

Basık yörüngeli örten çift yıldızlarda eksen dönmesi çalışmaları yıldız iç yapısına ilişkin önemli bir bilgi kaynağıdır. Bu çalışmalar hem kuramsal evrim modellerinin hem de Genel Relativite (Claret ve Giménez 1993; Claret 1997) teorisinin test edilmesi açısından önemlidir. Eksen dönmesi çalışmaları genellikle örten çift yıldızların minimum zamanı gözlemlerine dayanmaktadır. Eksen dönmesine ilişkin çalışmalar Dunér (1892)'nin Y Cyg örten çift yıldızında farklı dönemlere sahip iki ayrı tutulmanın olduğunu farketmesi ve bunun yörünge büyük ekseninin dönmesinden kaynaklanabileceğini ileri sürmesi ile başlamıştır. Çoklu sistemlerdeki ışık-zaman etkisi analizleri yıldızların istatistiksel çalışmalarına önemli bir katkı sağlar. Bu çoklu sistemlerde eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisinin bir araya gelmesi ile çok önemli bir gök mekaniği laboratuvarı elde edilmiş olur.

Bu çalışmada, 2000 yılında başlayan ve (i) literatürdeki eksen dönmesi gösteren üçlü sistemlerin belirlenmesi, (ii) bunların bazılarının gözlenmesini amaçlayan projenin sonuçları verilmektedir.

1.Eksen Dönmesi Gösteren Üçlü Sistemler

Yapılan literatür taraması sonucunda hem eksen dönmesi hem de ışık-zaman etkisi gösteren 15 tane üçlü sistem belirlenmiştir. Çizelge 1'de bu sistemlere ilişkin bazı önemli fiziksel öğelerle yörünge öğeleri verilmektedir. Literatürde V906 Sco dışındaki tüm sistemlerde, bu iki etkinin birlikte olduğunu gösteren dönem değişimi çalışmaları mevcuttur. V906 Sco sistemine ilişkin tutulma zamanı analizi yoktur, ancak Alencar ve diğ.(1997)

Çizelge 1. Eksen dönmesi gösteren üçlü sistemler.

Yıldız	P (gün)	Tayf Türü	$M_{1,2}$ (M_{\odot})	$R_{1,2}$ (R_{\odot})	e	e_3	U (yıl)	P_3 (yıl)	Kaynak*
HP	1.442	G2V+G8V	1.20;	1.05;	0.0025	0.70	>80	13.7	1
Aur			1.20	0.82					
V889	11.121	B9.5V+A0V	2.40;	2.04;	0.3745	0.00	24	52.1	16
Aql			2.20	1.84			400		
V539	3.169	B3V+B4V	6.24;	4.50;	0.0548	0.00	161.8	42.3	2
Arae			5.31	3.42					
AS	3.431	B8V+B9.5V	3.30;	2.60;	0.1695	0.50	1970	2.2	3, 4
Cam			2.50	1.96					
CW	2.729	B0.5V+B1V	12.4;	5.41;	0.0297	0.00	46.2	38.5	5, 6

Cep			11.4	5.18						
TV	9.103	F2V+F5V	1.39;	1.47;	0.0545	0.25	30	28.5	7, 17	
Cet			1.27	1.27			000			
V477	2.347	A3V+F5V	1.80;	1.60;	0.3280	0.70	434	157	8	
Cyg			1.35	1.42						
HS	1.637	B5V+A4V	6.04;	3.05;	0.0200	0.80	78.0	85.7	3, 9, 17	
Her			1.84	1.73						
RR	9.945	A6IV+F0V	1.89;	2.57;	0.0782	0.96	2000	39.7	10	
Lyn			1.49	1.58						
RU	3.585	B7V+B7.2V	3.60;	2.55;	0.3960	0.46	347	73.3	3, 11	
Mon			3.33	2.29						
U	1.677	B5V+B5V	4.93;	3.29;	0.0032	0.15	20.5	37.8	3, 12	
Oph			4.56	3.01						
V906	2.786	B9V+B9V	3.25;	3.52;	0.0054	-	12-	Tahmin	13	
Sco			3.38	4.52			125			
YY	2.628	B6V+B5V	3.90;	2.56;	0.1587	0.44	290.4	44.3	3, 14	
Sgr			3.48	2.33						
AO	1.585	BpSi+B8V	3.63;	2.34;	0.0741	0.29	54.7	41.0	15	
Vel			3.38	2.11						
DR	2.251	B0V+B0.5V	13.2;	4.80;	0.0950	0.73	36.3	62.8	3, 11	
Vul			12.1	4.40						

* (1) Kozyreva ve diğ.(2005), (2) Wolf ve Zejda (2005), (3) Bozkurt (2000), (4) Kozyreva ve diğ.(1999), (5) Erdem ve diğ.(2004), (6) Wolf ve diğ.(2006), (7) Wolf ve diğ.(2001), (8) Değirmenci ve diğ.(2003), (9) Wolf ve diğ.(2002), (10) Khaliullin ve Khaliullina (2002), (11) Wolf ve diğ.(1999), (12) Bozkurt ve Değirmenci (2002), (13) Alencar ve diğ.(1997), (14) Wolf (2000), (15) González ve diğ. (2005), (16) Wolf ve diğ.(2005), (17) Bozkurt (2006)

sistemde üçüncü bir cismin varlığını dikine hız ve ışık eğrisi analizi ile göstermişlerdir. Yörünge basınlığını ve bileşenlerin kütle ve yarıçaplarını kullanarak eksen dönme dönemi için bir sınır belirlemişlerdir. Ayrıca Mazeh ve Shaham (1976) tarafından verilen basınlık modülasyonunun dönemliliğini kullanarak üçüncü cisim için yörünge döneminin ~100 yıl mertebesinde olacağını hesaplamışlardır.

3. Gözlemler ve Analiz

Bu çalışma kapsamında altı tane örten çift sistem, AS Cam, TV Cet, V477 Cyg, HS Her, U Oph ve DR Vul, seçilmiş ve fotometrik olarak gözlenmiştir. Gözlemler 48-cm çaplı Cassegrain teleskoba takılı üç kanallı Vilnius hızlı fotometre ve 30-cm çaplı Schmidt-Cassegrain teleskoba takılı SSP-5 fotometreleri kullanılarak yapılmıştır. Yeni minimum zamanları ve onlara ilişkin hatalar Kwee ve van Woerden (1956) yöntemi ile hesaplanmıştır. Örten çiftlerde eksen dönmesi analizi için yöntemler Giménez ve Garcia-Pelayo (1983), Lacy (1992) ve Giménez ve Bastero (1995) tarafından geliştirilmiştir. Giménez ve Bastero (1995) minimum zamanlarını

hesaplamak için aşağıdaki ifadeyi vermiştir:

$$T = T_0 + P_s E + \frac{P}{2\pi} \left\{ (2j-3) \left[A_1 \cos \omega - \frac{1}{4} A_3 \cos 3\omega + \frac{1}{16} A_5 \cos 5\omega \right] + \frac{1}{2} \left[A_2 \sin 2\omega - \frac{1}{4} A_4 \sin 4\omega + \frac{1}{16} A_6 \sin 6\omega \right] \right\}, \quad (1)$$

burada baş minimum için $j=1$, yan minimum için ise $j=2$ dir. T_0 , başlangıç minimum zamanı, E , başlangıçtan bu yana geçen çevrim sayısı, P_s ve P , yıldızlı ve ayrıklı dönemler, ω , enberi boylamıdır. Enberi boylamı ise,

$$\omega = \omega_0 + \dot{\omega} E, \quad (2)$$

şekilinde verilmektedir. Burada ω_0 , T_0 'daki enberi boylamı, $\dot{\omega}$, çevrim başına eksen dönme açısal hızıdır. Yıldızlı dönem ile ayrıklı dönem arasında şu bağıntı vardır:

$$P_s = P \left(1 - \frac{\dot{\omega}}{2\pi} \right). \quad (3)$$

(1) denklemindeki A_i ($i = 1, 2, \dots, 6$) katsayıları yörünge eğimi, i , ile basıklık, e 'nin fonksiyonudur.

Gözlenen minimum zamanlarında kaymaya sebep olan diğer bir etki, çift sistemin kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yapmasıdır. Bu etki Irwin (1952, 1959) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\tau = \frac{a_{12} \sin i_3}{c} \left[\frac{1 - e_3^2}{1 + e_3 \cos \nu_3} \sin(\omega_3 + \nu_3) + e_3 \sin \omega_3 \right] \quad (4)$$

burada a_{12} , e_3 , i_3 ve ω_3 sırasıyla çiftin üçüncü cisim etrafındaki yörüngesinin yarı-büyük eksen uzunluğu, basıklığı, eğimi ve enberi boylamıdır. ν_3 çiftin kütle merkezinin konumunun gerçek ayrıklığı, c de ışık hızıdır. (4) denkleminde çiftin kütle merkezinin enberiden geçiş zamanı, T_3 , ve yörünge dönemi, P_3 , gerçek ayrıklığın tanımından gelen gizli parametrelerdir.

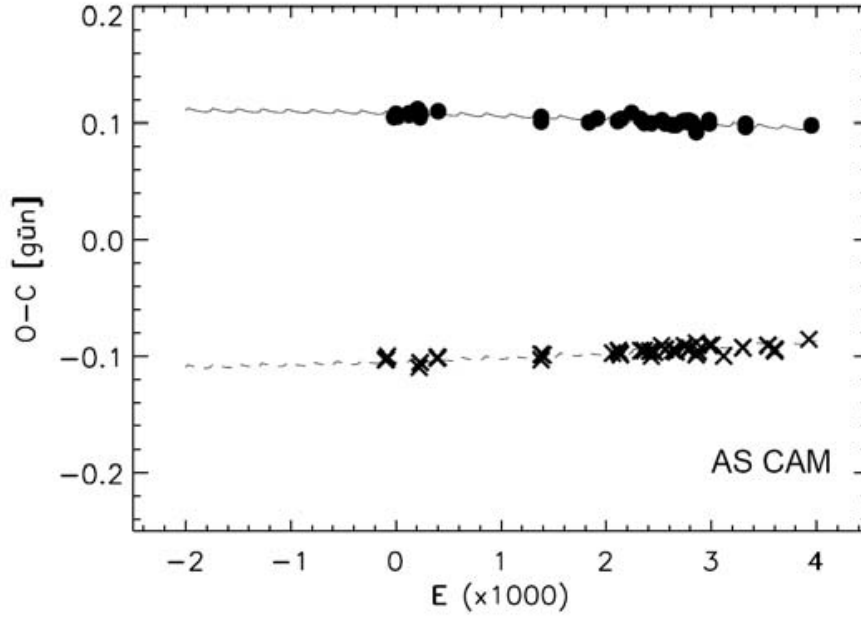
Eğer eksen dönmesi gösteren bir örten çift üçüncü bir cisme de sahipse, beklenen minimum zamanı,

$$T = T_0 + P_s E + \frac{P}{2\pi} \left\{ (2j-3) \left[A_1 \cos \omega - \frac{1}{4} A_3 \cos 3\omega + \frac{1}{16} A_5 \cos 5\omega \right] \right. \\ \left. + \frac{1}{2} \left[A_2 \sin 2\omega - \frac{1}{4} A_4 \sin 4\omega + \frac{1}{16} A_6 \sin 6\omega \right] \right\} + \tau \quad (5)$$

ifadesi ile hesaplanır. Bu denklemde belirlemek istediğimiz on tane bilinmeyen parametre vardır. Bu parametreler, T_0 , P_s (ya da P), e , ω_0 , $\dot{\omega}$, $a_{12} \sin i_3$, $e_{3,4}$, $\omega_{3,4}$, $T_{3,4}$ ve $P_{3,4}$ 'tür. Analiz için gözlenen minimum zamanları ile (5) denklemi ile hesaplanan minimum zamanları arasındaki (O-C) farklarına en küçük kareler yöntemi uygulanır. Bu yöntem seçilen tüm gözlem yıldızlarına eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi varsayımı ile uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de ve O-C fark grafikleri de Şekil 1-6 da verilmektedir.

Çizelge 2. Sistemlerin eksen dönmesi ve üçüncü/dördüncü cisim parametreleri.

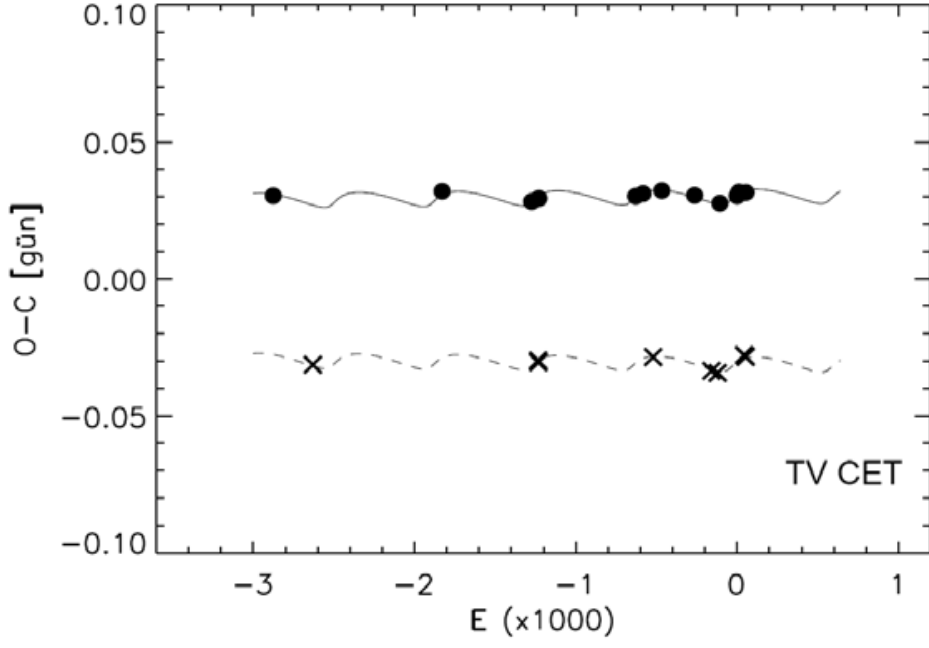
Parametre	AS Cam	TV Cet	V477 Cyg	HS Her	U Oph	DR Vul
T_0	40204.4058(7)	52873.5255(2)	50988.2321(4)	47382.4062(45)	44416.3871(5)	46274.71
P_s (g)	3.4309673(1)	9.1032898(2)	2.3469780(1)	1.6374316(47)	1.67734581(3)	(1) 2.251267
e	0.1018(6)	0.027(6)	0.325(1)	0.020(1)	0.0032(3)	6 (21) 0.094 (2)
$\dot{\omega}$ (°/çevrim)	0.00457(4)	0.00036(17)	0.00544(4)	0.0196(10)	0.0799(16)	0.06143 (33)
ω_0 (°)	196.4(0.7)	113.0(5.5)	166(0.3)	235.5(2.4)	158.3(6.8)	72.6 (1.5)
U (yıl)	740.15 (5.97)	25043(11760)	426(3)	82.3(4.3)	20.7(4)	36.1 (0.2)
$P_{3,4}$ (yıl)	2.20(1)	15.4(0.17)	126(5)	89.3(9.5)	37.55(4)	87.2 (1.7); 49.4 (1.2)
$\omega_{3,4}$ (°)	16.8(18.5)	333.3(10.6)	291.14(14)	190(5)	150.7(10.5)	480 (23); 412 (17)
$e_{3,4}$	0.90 (0.25)	0.58(13)	0.87(0.04)	0.91(8)	0.18(4)	0.88 (0.16); 0.53 (0.17)
$T_{3,4}$	9082(120)	46882(145)	17269(765)	29602(96)	36709(420)	30173 (184); 34385 (709)
$a_{12} \sin i_3$ (A B)	0.52(0.57)	0.550(81)	4.0(0.4)	7.6(2.8)	1.76(4)	20.5 (8.6); 1.6 (0.2)
σ	0.0023	0.0006	0.0018	0.0022	0.0013	0.0341



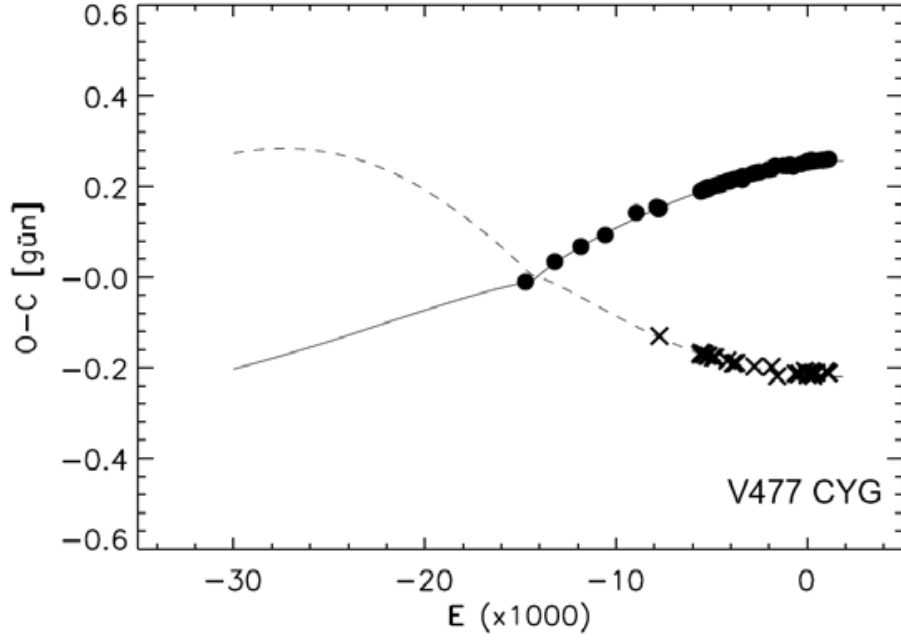
Şekil 1. AS Cam'ın O-C fark grafiği. Eksen dönmesi ve üçüncü cisim etkisi üst üste binmiş şekildedir. İçi dolu daireler baş minimum ve çarpı işaretleri yan minimum için gözlemsel O-C farklarını göstermektedir. Sürekli ve kesikli çizgiler sırasıyla baş ve yan minimumlar için kuramsal değerlere karşılık gelmektedir.

4. Eksen Dönmesi Hızları ve İç Yapı Sabitleri

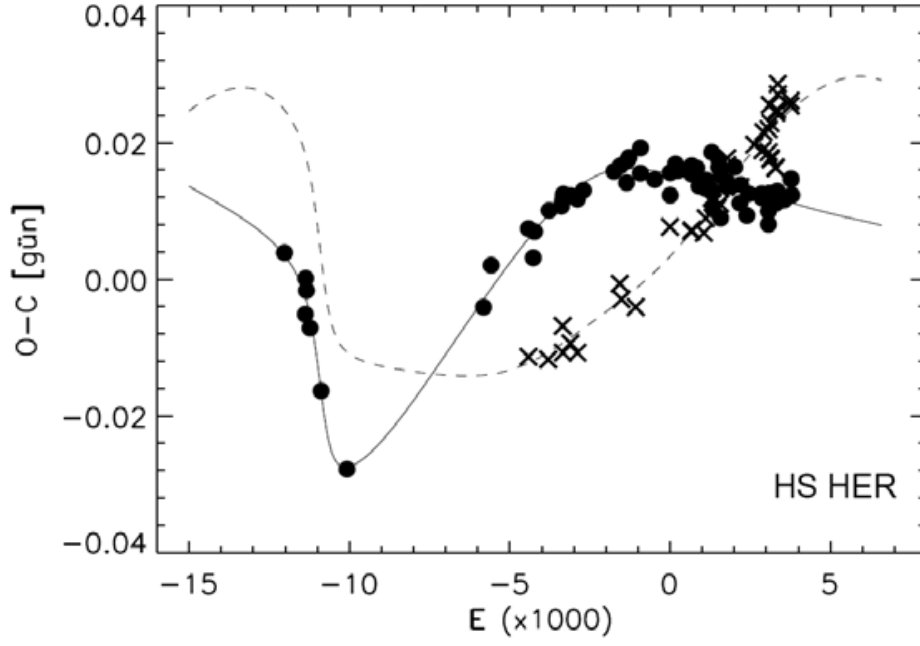
Yakın çiftlerde gözlenen eksen dönmesinin klasik katkı dışında iki tane bileşeni vardır. Bunlardan bir tanesi Genel Relativite kaynaklı eksen dönmesi, diğeri ise üçüncü bir cismin varlığından kaynaklanan eksen dönmesi katkısıdır. Çift sistemlerin gözlemleri bize kuramsal modellerle karşılaştırılabilecek çeşitli yıldız parametrelerinin elde edilmesi olanağını sağlar. Eksen dönmesi çalışmaları bu anlamda yıldız iç yapı sabitinin elde edilmesine kaynak olmaları sebebiyle çok önemlidirler. İç yapı sabiti, k_2 , yıldız içlerindeki yoğunluk dağılımı ile ilişkilidir ve yıldız evrim modellerinin önemli bir parametresidir. Gözlenen eksen dönmesine ilişkin çalışmalar bize tek tek her iki bileşenin iç yapı sabitini



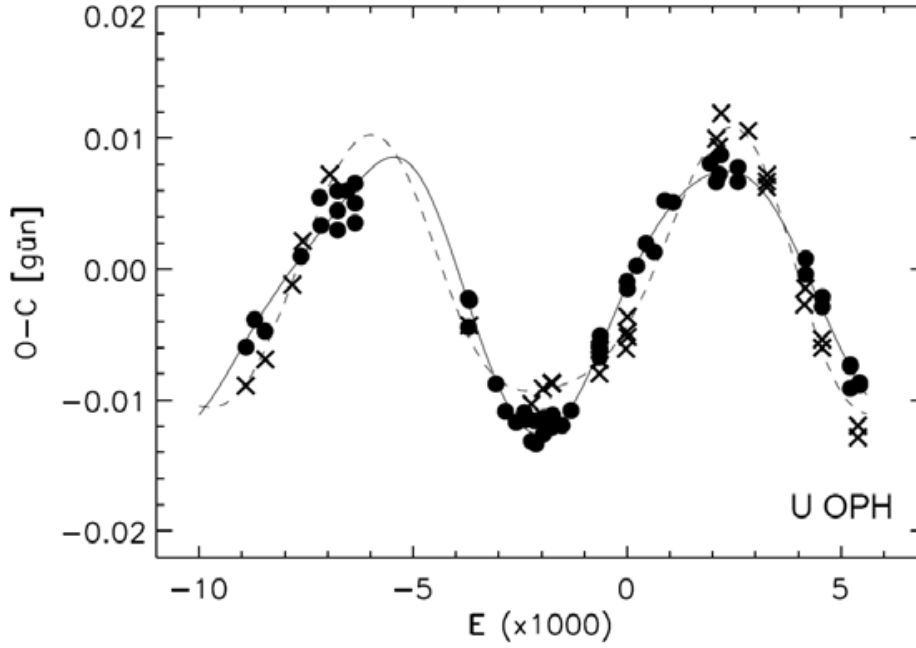
Şekil 2. TV Cet'in O-C fark grafiği.



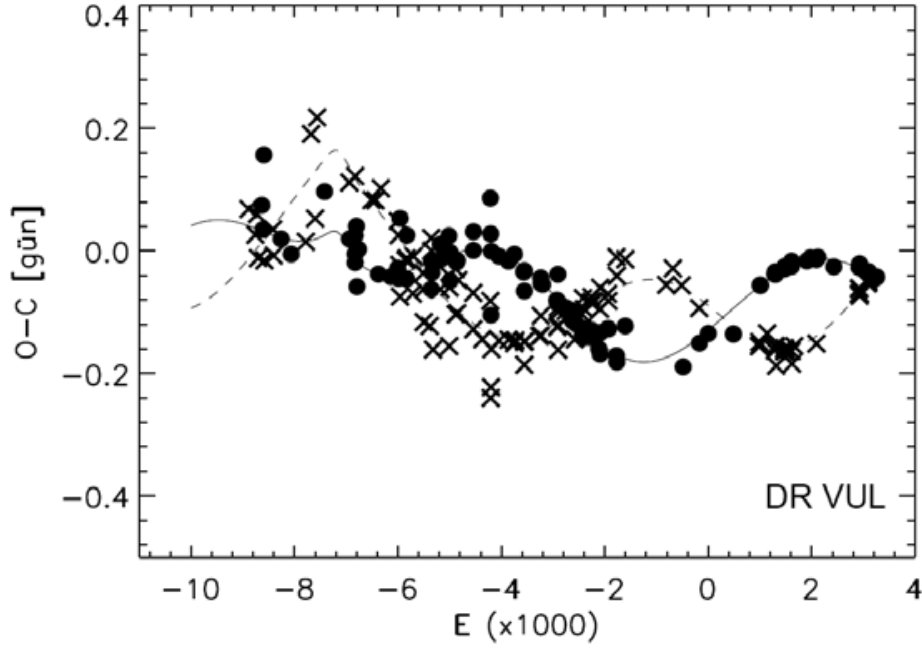
Şekil 3. V477 Cyg'nin O-C fark grafiği.



Şekil 4. HS Her'in O-C fark grafiği.



Şekil 5. U Oph'un O-C fark grafiği.



Şekil 6. DR Vul'un O-C fark grafiği.

hesaplama olanağı vermez. Her iki bileşenin de benzer iç yapı özelliğine sahip olduğu varsayımı ile ortalama bir iç yapı sabiti değeri elde edilir. Bu değerler kuramsal modellerin verdikleri ile karşılaştırılır. Bu çalışmada gözlem yıldızlarına ilişkin kuramsal iç yapı sabitlerinin hesaplanmasında Claret ve Giménez (1992)'nin verdiği çizelgeler kullanılmıştır. Bu modellerde hem konjektif fırlatma hem de kütle kayıpları dikkate alınmıştır ve güneş bolluğu kullanılmıştır. k_2 'nin modellerdeki değeri dönmenin olmadığı durum içindir. Claret (1999)'a göre önemli ölçüde bozulmanın olmadığı sistemlerde k_2 'deki dönme kaynaklı düzelme fazla olmamalıdır. Yazara göre bu düzeltme $\delta \log k_2 = -0.87 \lambda_s + 0.004$ şeklindedir. Burada λ_s , $2v^2/3gR$ şeklinde ifade edilir ve v , dönme hızı, g , çekim ivmesi, R , yarıçaptır. Çizelge 3'de gözlemsel, relativistik ve üçüncü cisim kaynaklı eksen dönmesi açısal hızları ile gözlemsel ve kuramsal iç yapı sabitleri ve kuramsal iç yapı sabitindeki dönme kaynaklı düzeltmeler verilmektedir.

Dönem analizi sonucunda elde edilen üçüncü/dördüncü cisme ilişkin kütle fonksiyonu ve kütle değerleri ile, bu yörüngelerin bazı parametreleri de Çizelge 3'de verilmektedir. Çizelgede olası üçüncü/dördüncü cisim yörüngesine ilişkin parametreler, $a_{3,4}$, üçüncü/dördüncü cismin yörüngesinin kütle merkezine olan uzaklığı, a ,

görelî yörünge yarı-büyük eksen uzunluğu, $\rho_{eb}, \rho_{eö}$, sırasıyla yörünge enberi ve enöte noktalarında çift ile üçüncü bileşen arasındaki açısal uzaklık, K , yakın çiftin kütle merkezinin dikine hız değişiminin yarı genliğidir.

5. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada literatür taraması sonucu 15 tane eksen dönmesi gösteren üçlü sistem belirlenmiş ve bazı önemli parametrelerini içeren bir çizelge oluşturulmuştur. Seçilen altı yıldız için eksen dönmesi ve ışık-zaman etkisi O-C analizi anlamında çalışılmıştır. Yıldızların tümünde bu iki etkinin varlığı gösterilerek eksen dönmesi ve üçüncü cisme ilişkin yeni parametreler elde edilmiştir. HS Her, U Oph ve DR Vul için üçüncü/dördüncü cisim yörünge dönemi eksen dönme döneminden daha uzunken AS Cam, TV Cet ve V477 Cyg sistemleri için tam tersi bir durum geçerlidir. U Oph bilinen eksen dönmeli sistemler içinde en kısa eksen dönmesine sahip ayırık örten çifttir. AS Cam için durum biraz daha karmaşıktır. O-C farklarındaki büyük saçılma sebebiyle 1968 yılından önce elde edilmiş veri analizde kullanılmamıştır. Kozyreva ve diğ.(1999)'ni destekleyen sonuçlarımız çalışılan sistemler içinde en kısa üçüncü cisim yörünge dönemine, $P_3 \sim 2.2$ yıl, sahip sisteme işaret etmektedir.

Gözlenen eksen dönmesine Genel Relativite ve üçüncü cisim kaynaklı katkı olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında TV Cet'in çalışılan yıldızlar içinde en büyük relativistik katkıya sahip sistem olduğu görülmektedir. Bu sistemde gözlenen eksen dönmesi açısal hızının %66'sı Genel Relativite kaynaklıdır. Diğer sistemlerde bu katkı %2-16 arasında değişmektedir. Üçüncü cisim kaynaklı katkı gözardı edilecek mertebededir. TV Cet ve AS Cam için sırasıyla 10^{-7} - 10^{-6} ölçeğinde olan bu katkı, diğer dört sistem için 10^{-10} - 10^{-9} ölçeğindedir. Seçilen sistemler için ortalama gözlemsel iç yapı sabitleri de gerekli fiziksel parametrelerle eksen dönmesi parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu iç yapı sabiti değerlerinden, Genel Relativite ve üçüncü/dördüncü cisimden kaynaklanan katkılar çıkartılarak kalan kısımlar, klasik eksen dönmesi katkısı, kuramsal modellerden elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Kuramsal iç yapı sabitleri gerekli evrim çizelgeleri kullanılarak ve dönme kaynaklı düzeltmeler dikkate alınarak hesaplanmıştır. HS Her,

V477 Cyg ve DR Vul modellere göre daha merkezi yığılık (daha küçük k_2), TV Cet, AS Cam ve U Oph ise modellere göre daha homojen dağılımlı (daha büyük k_2) çıkmıştır. TV Cet kuramsal ve gözlemsel iç yapı sabitleri arasındaki farkın en büyük olduğu sistemdir. Bu sistem için duyarlı

Çizelge 3. Eksen dönmesi açısal hızları, iç yapı sabitleri, üçüncü/dördüncü cisim kütleleri ve bu yörüngelere ilişkin bazı parametreler.

Parametre	AS	TV Cet	V477	HS Her	U Oph	DR
$\dot{\omega}_{\sigma\delta z}$ (°/çevrim)	0.00457	0.00036	0.00544	0.01961	0.07991	0.06143
$\dot{\omega}_{rel}$ (°/çevrim)	0.00077	0.00024	0.00074	0.00156	0.00173	0.00275
$\dot{\omega}_{3C}$ (°/çevrim)	2×10^{-6}	1×10^{-7}	2×10^{-10}	3×10^{-10}	8×10^{-10}	1×10^{-9}
$\dot{\omega}_{4C}$ (°/çevrim)						4×10^{-10}
$\log \bar{k}_{2,göz}$	-2.17	-1.69	-2.51	-2.36	-2.20	-2.05
$\log \bar{k}_{2,kur}$	-2.34	-2.26	-2.34	-2.16	-2.25	-1.91
$\delta \log \bar{k}_{2,kur}$	0.001	0.004	-0.002	-0.008	-0.014	-0.008
$f(M_{3,4}) (M_{\odot})$	0.0284	0.0007	0.0040	0.0553	0.0039	1.1279;
$M_{3,4} (M_{\odot})$	1.11	0.18	0.37	1.72	0.74	11.51;
$a_{3,4} (AB)$	2.71	8.19	34.23	34.85	22.58	44.95;
$a (AB)$	3.22	8.74	38.23	42.47	24.34	65.42;
$\rho_{eb} (")$	0.0002	0.0008	0.0010	0.0014	0.0068	0.0183;
$\rho_{e\delta} (")$	0.0039	0.0029	0.0140	0.0286	0.0098	0.2872;
$K (kms^{-1})$	13.42	1.19	1.62	6.12	1.40	12.39;

bir şekilde elde edilmiş salt parametrelere sahip olduğumuz için tutarsızlık yarıçap ve kütlelerdeki hatalara bağlanamaz. Göreli olarak büyük olan eksen dönme dönemi böylesi bir tutarsızlığa sebep olabilir. Sistem çok uzun bir eksen dönme dönemine, ~25 000 yıl, sahip olup gözlemler bu dönemin çok küçük bir parçasını (%0.3) kapsamaktadır. Böylece hesaplanan eksen dönmesi dönemi hızı büyük bir belirsizliğe sahip olmaktadır.

Üçüncü cisme ilişkin O-C analizi sonuçları kullanılarak üçüncü cisim kütleleri ve üçlü sistem yörüngesinin bazı parametreleri de hesaplanmıştır. Ayrıca DR Vul sisteminde üçüncü cisim yanında dördüncü bir cisim de belirlenmiş ve aynı parametreler bu cisim için de elde edilmiştir. HS Her, DR Vul ve AS Cam için üçüncü cisim

kütleleri ikinci bileşen kütleleri ile karşılaştırılabilir mertebede iken, TV Cet, V477 Cyg ve U Oph'un üçüncü bileşeni ile DR Vul'deki dördüncü bileşen bu sistemlerin ikinci bileşeninden daha küçük kütlede sahiptir.

Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Araştırma Fon Saymanlığı tarafından 2002/FEN/003 numaralı proje olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Alencar, S. H. P., Vaz, L. P. R., Helt, B. E., 1997, A&A, 326, 709
Bozkurt, Z., 2000, Eksentrik Yörüngeli Örtün Çift Yıldızlar, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi
Bozkurt, Z., 2006, Eksen Dönmesi Gösteren Üçlü Sistemler, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi
Bozkurt, Z., Değirmenci, Ö.L., 2002, *XIII. Ulusal Astronomi Kongresi Kitapçığı*, Antalya, 224
Claret, A., 1997, A&A, 327, 11
Claret, A., 1999, A&A, 350, 56
Claret, A., Giménez, A., 1992, A&AS, 96, 255
Claret, A., Giménez, A., 1993, A&A, 277, 487
Değirmenci, Ö.L., Gülmen, Ö., Sezer, C., İbanoğlu C., Çakırlı, Ö., 2003, A&A, 409, 959
Dunér, N. C., 1892, Astron. Nachr., 129, 313
Erdem, A., Soyduğan, E., Soyduğan, F., Özdemir, S., Çiçek, C., Bulut, İ., Demircan, O., Budding, E., 2004, Astron. Nachr., 325, 336
Giménez, A., Garcia-Pelayo, J. M., 1983, Ap&SS, 92, 203
Giménez, A., Bastero, M., 1995, Ap&SS, 226, 99
Gonzalez, J.F., Hubtig, S., Nesvacil, N., North, P., 2005, A&A, 449, 327
Irwin, J. B., 1952, ApJ, 116, 211
Irwin, J. B., 1959, AJ, 64, 149
Khaliullin, Kh. F., Khaliullina, A. I., 2002, Astron. Rep., 46, 119
Kozyreva, V. S., Zakharov, A. I., Khaliullin, Kh. F., 1999, IBVS 4690
Kozyreva, V. S., Kusakin, A. V., Khaliullin, Kh. F., 2005, Astron. Lett., 31, 117

- Kwee, K. K., van Woerden, H., 1956, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 12, 327
Lacy, C. H. S., 1992, AJ, 104, 2213
Mazeh, T., Shaham, J., 1979, A&A, 77, 145
Wolf, M., 2000, A&A, 356, 134
Wolf, M., Zejda, M., 2005, A&A, 437, 545
Wolf, M., Diethelm, R., Sarounova, L., 1999, A&A, 345, 553
Wolf, M., Diethelm, R., Hornoch, K., 2001, A&A, 374, 243
Wolf, M., Diethelm, R., Zejda, M., 2005, Ap&SS, 296, 109
Wolf, M., Harmanec, P., Diethelm, R., Hornoch, K., Eenens, P., 2002, A&A, 383, 533
Wolf, M., Kucakova, H., Kolasa, M., Stastny, P., Bozkurt, Z., Harmanec, P., Zejda, M., Brat, L., 2006, A&A, 456, 1077