

UX Her ve CO Lac Çift Sistemlerinin Dönem Değişimi

Ozan AKSU, Arzu KARA, Mesut YILMAZ, İbrahim ÖZAVCI, Taner TANRIVERDİ, Aslı ELMASLI, Cem ÇETİNTAŞ, Hakan Volkan ŞENAVCI, Selim O. SELAM ve Berahitdin ALBAYRAK

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 06100, Ankara

Özet: Bu çalışmada Algol türü çift yıldız olan UX Her ve CO Lac'ın yayınlanmış minimum zamanlarından yararlanılarak dönem değişimleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. UX Her'in O-C eğrisi (az sayıda ikinci minimum olmasına rağmen) muhtemel eksen dönmesi ile ışık-zaman etkisi (light-time effect) ni birlikte içermektedir. Böylece sistemin dönem değişimi için eksen dönmesinin varlığı ilke olarak belirlenmiş oldu. Eksen dönmesi gösteren çift yıldızlar için güzel bir örnek olan CO Lac'ın O-C analizi, en son yayınlanmış minimum zamanları da dikkate alınarak gerçekleştirildi. Analizler, her iki çift sistem için gözlediğimiz yeni minimum zamanlarını da içermektedir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: Örtün çift yıldızlar yıldızlar: UX Her, CO Lac–yıldızlar: Işık-zaman etkisi

Abstract: A comprehensive period study of UX Her and CO Lac systems has been performed with all available published minimum times. The O-C graphic (with a few secondary minima) of UX Her shows a possible apsidal motion with light-time effect. So, this is the first time that apsidal motion is attributed as period variation for this system. The O-C analyze of CO Lac, which is a good example for systems with apsidal motion, was carried out with new minimum times. For the analyses we used the new minimum times that were observed for both of the systems.

AbstractKeywords: stars: Eclipsing binary stars stars: UX Her, CO Lac - stars: Light-time effect, Apsidal motion

1. Giriş

UX Her (BD +16° 3311, HIP 87643) Miss Cannon tarafından 1908'de Pickering (1909) keşfedildi. Sistemin 13.9 gün döneme sahip bir Algol türü çift sistem olduğu yine Miss Cannon tarafından farkedildi. Daha sonra Zinner (1914) dönemi 1.54882 gün olarak düzeltti.

UX Her'in ışık eğrisi Gordon ve Kron (1965) tarafından yayınlandı ve ikinci bileşenin Roche şişimini doldurmuş bir altdev olduğunu belirttiler. UX Her'in ışık eğrisi çeşitli yazarlar tarafından incelenmiştir bunlardan bazıları: Horak (1966), Cester vd. (1979). Lazaro vd (1997) sistemi fotometrik ve tayfsal olarak kırmızıöte de incelediler. Sistemin yarı-ayrık bir yapıda olduğunu, sırayla bileşenlerin tayf türlerini ve kütlelerini A3 V + K1 III ve $M_1 = 2.00 M_{\odot}$,

$M_2 = 0.55 M_{\odot}$ olarak belirttiler. UX Her çift sistemini tayfsal olarak ilk kez Sanford (1937) inceledi ve dışmerkezliğini $e=0.08$ olarak belirledi. Sonraki yıllarda Lucy vd. (1971) dışmerkezliliği $e=0.03$ olarak belirtti.

Sistemin dönem değişimi Tremko vd. (2004) tarafından yakın tarihte incelenmiş ve olası bir üçüncü cismin varlığı kabulü altında kütlesi

$M_3 = 0.35 M_{\odot}$ ve dönemini $P_3 = 68.99$ yıl olarak belirttiler.

CO Lac (BD +16° 3311, HIP=112436) sistemin ışık değişimi gösterdiği Zonn (1933) tarafından keşfedildi. Uitterdijk (1934) sistemin, 40 yıl dönemli bir eksen dönmesi gösterdiğini önerdi. Zonn (1950) eksen dönmesi dönemini $U = 35$ yıl ve dışmerkezliği $e = 0.028$ olarak hesapladı. Daha sonra Semeniuk (1967) eksen dönmesi dönemini $U = 42.3$ yıl olarak hesapladı. Son olarak Wolf (1994) eksen dönmesi dönemini $U = 43.36$ yıl olarak belirtti. Fotometrik olarak sistem Mezzetti (1980) tarafından incelendi.

2. Minimum Zamanları ve Dönem Değişimi

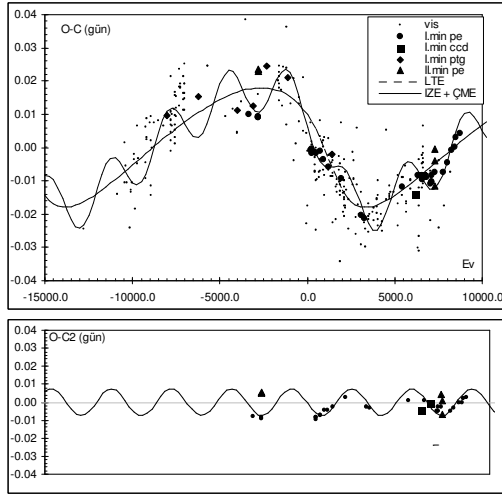
UX Her: Sistemin 1930'dan 2004 yılına kadar olan 74 yıllık zaman aralığı için toplam 313 adet minimum zamanına ulaşıldı. Bu minimum zamanlarından 267 tanesi görsel, 36 tanesi fotoelektrik, 8 tanesi forografik ve 12 tanesi de ccd gözlemlerinden elde edilmiş. Bu çalışmada, fotoelektrik ve ccd gözlemlerinden elde edilen minimum zamanlarına uygulanan en küçük kareler yaklaşımıyla elde edilen yeni ışık elemanları;

$$\text{Min I} = \text{HJD}2439672.3730 + 1^{\text{s}}.54885380 * E \quad (1)$$

$\pm 04 \quad \pm 38$

Bildiri tam metni için :Ozan AKSU
e-mektup: oakso@science.ankara.edu.tr

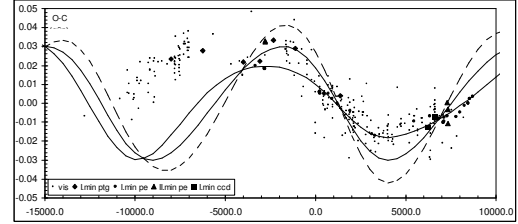
UX Her için elde edilen (O-C)₁ diyagramı iki çevrimsel yapının bileşkesi olup etkin olan sinusoidal yapı UX Her çift sistemine fiziksel olarak bağlı, olası bir üçüncü cisim etkisi altında meydana gelen ışık-zaman etkisi ile açıklanabilir (bkz. Şekil 1). Bu etki Irwin'in (1952) dışmerkezlikli yörüngeler için verdiği formülasyonlar kullanılarak modellendi. Bu etkiden arındırılmış (O-C)₂ eğrisindeki küçük genlikliki çevrimsel olgu ise, sistemin Algol türü bir çift ve ikinci bileşenin geç tayf türünden bir altdev olması bizi yoldaşın çevrimsel manyetik etkinliğinin sistemin dönemine yansımaları olarak yorumlamaya yöneltti (bkz. Şekil 2). Bu yaklaşım altında olası üçüncü cismin kütlelerini $m_3 = 0.43M_{\odot}$ ve dönemini $P = 72.9$ yıl olarak hesapladık ki bu değerler Tremko (2004)'nin bulunduğu değerlerle uyum göstermektedir. İkinci bileşenin çevrimsel manyetik etkinlik nedeniyle ışığındaki değişim miktarını Applegate (1992) kuramına göre yaklaşık $\Delta m = 0.00036$ kadir olarak hesapladık.



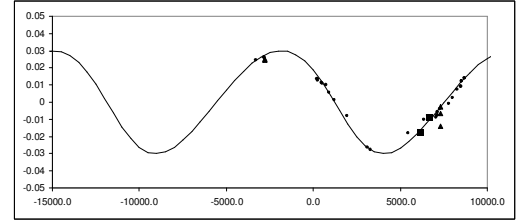
Şekil 1. UX Her'in (O-C) eğrisi üzerine yapılan teorik fit ve gözlem-hesap artıkları üzerine yapılan teori fit. IZE ışık-zaman etkisi ve ÇME çevrimli manyetik etkiyi ifade etmektedir.

Az sayıda ikinci minimumların (O-C) diyagramında birinci minimumların gösterdiği trenden ayrılması ve sistemin yörüngesinin dışmerkezliğe sahip sahip bir Algol türü çift olması bizi eksen dönmesinin varlığını da araştırmaya yöneltti. Bu bağlamda UX Her için oluşturulan (O-C) diyagramındaki görsel veriler, fotoelektrik ve ccd verilerinin oluşturduğu trendi takip etse de fazla saçılma göstermektedir (bkz. Şekil 2). Bu sebepten analizde görsel minimumlar kullanılmadı, sadece fotoelektrik ve ccd minimumlar dikkate alındı. UX Her'in minimum zamalarından eksen

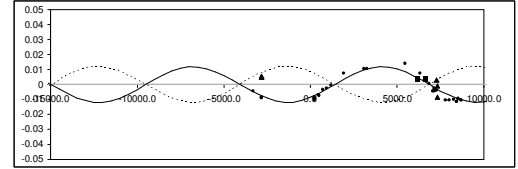
dönmesinin yarattığı etki çıkarılarak (bkz. Şekil 3) yukarıda bahsedilen yöntemle olası üçüncü cisme ilişkin parametreleri hesapladık (bkz Tablo 1). Eksen dönmesi etkisini hesaplamak için olası üçüncü cismin sistemin dönem değişimine olan etkisini çıkarttık (bkz. Şekil 4). Duyarlı bir sonuca ulaşmak için Lacy (1992)'nin önerdiği yöntemi kullandık ve ilgili parametreleri hesapladık (bkz Tablo 2).



Şekil 2. Sürekli çizgi, fotoelektrik ve ccd ile alınmış birinci minimumlara ilişkin oluşturulan, ve ışık-zaman etkisi ile eksen dönmesinin bileşik etkisini içeren kurumsal çakıştırma. Kesikli çizgi, ikinci minimumlar için oluşturulan kurumsal değişim olup diğer yönüyle sürekli çizgi ile aynıdır.



Şekil 3. Eksen dönmesinden olan artıklar



Şekil 4. Işık-zaman etkisinden olan artıklar. Sürekli ve noktalı çizgiler birinci ve ikinci minimumların teorik fitini temsil etmektedirler.

Tablo 1. UX Her için elde edilen 3.cisim parametreleri

A (gün)	0.0300±0.0016
e	0.22±0.03
w (°)	198.0±1.7
P (yıl)	56.61±0.21
f(m₃) (M_⊙)	0.0462±0.0084
a₁₂sini (AB)	5.29±0.32

Tablo 2. UX Her için elde edilen eksen dönmesi parametreleri

P_a (gün)	1.5489974±0.0000008
e	0.0253±0.0004
w (°)	221.14±1.17
w_{dot} (rad/çev)	0.0005832±0.00000311
U (yıl)	45.679±0.224

CO Lac: Sistemin 1934'den 2003 yılına kadar olan 69 yıllık zaman aralığı için toplam 94 adet minimum zamanına ulaşıldı. Bu minimum zamanlarından 5 tanesi görsel, 37 tanesi fotoğrafik ve 46 tanesi fotoelektrik ve 6 tanesi ise ccd gözlemlerinden elde edilmiştir. (O-C) diyagramı oluşturmak için Semenuk(1967) tarafından verilen doğrusal ışık elemanlarını kullandık.

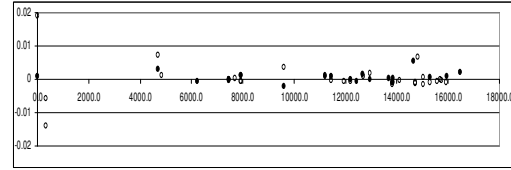
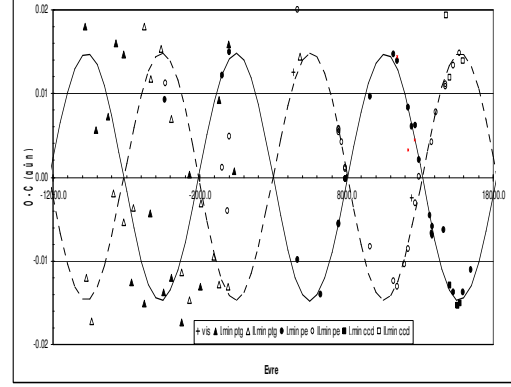
$$\text{Min I} = \text{HJD}2427534.0728 + 1^{\text{E}}.5422075 * E \quad (2)$$

Bu veriler ışığında CO Lac için oluşturulan (O-C) diyagramındaki bazı görsel ve fotoğrafik veriler genel dağılımın dışında fazla saçılma gösterdiklerinden analizde dikkate alınmadılar.

CO Lac için elde edilen (O-C) diyagramında birinci ve ikinci minimum zamanlarının dağılımı, tipik bir eksen dönmesi örneğidir. UX Her sisteminde eksen dönmesinin belirlenmesinde uygulanan yöntem, CO Lac içinde uygulandı. Sistemin (O-C) diyagramı, eksen dönmesi yaklaşımı ile yapılan teorik fit ve bu fitten olan artıklar Şekil 5'de verildi. Yapılan analizin sonunda hesaplanan eksen dönmesine ilişkin parametreler Wolf (1994)'ün belirttiği parametrelerle uyum göstermektedir (bkz Tablo 3).

3. Yorum ve Tartışma

Bu çalışmada UX Her ve CO Lac sistemlerinin ayrıntılı dönem değişimini inceledik. UX Her sisteminin dönem değişimi, iki çevrimsel yapının bileşkesi şeklindedir. Etkin olan asimetrik sinusoidal yapı UX Her çift sistemine fiziksel olarak bağlı, olası bir üçüncü cisim etkisiyle meydana gelen ışık-zaman etkisinden kaynaklanmaktadır. UX Her'in tipik bir Algol türü çift sistem oluşu ve ikinci bileşenin geç tayf türünden olması nedeniyle bu ikinci etki, çevrimsel manyetik etkinlik nedeniyle yoldaş bileşene ait ışık değişiminin döneme yansımalarından kaynaklanabilir. Bu durumda olası üçüncü cismin kütlelerini $m_3 = 0.43 M_{\odot}$ ve dönemini $P = 72.9$ yıl olarak hesapladık.



Şekil 5. CO Lac'ın (O-C) eğrisi üzerine yapılan teorik fit ve gözlem-hesap artıkları. Sürekli ve noktali çizgiler, içi dolu ve boş semboller sırayla birinci ve ikinci minimumları temsil etmektedirler.

Tablo 3. CO Lac için elde edilen eksen dönmesi parametreleri.

P_a (gün)	1.54236194±0.00000054
e	0.0290±0.0002
w (°)	117.74±15.46
w_{dot} (rad/çev)	0.0006295±0.00000218
U (yıl)	42.139±0.146

Bu değerler Tremko (2004) nun bulduğu değerlerle uyum göstermektedir. Yoldaş bileşenin ışığındaki değişim ise $\Delta m = 0.00036$ kadir olarak bulundu. Bu değer oldukça küçük bir ışık değişimini göstermektedir. Böylesine bir değişimi yeryüzünden yapılan fotometrik gözlemlerle farketmek oldukça zordur. İkinci bileşenin sistemin toplam ışığına katkısının çok az olduğu tek çizgili bir dikine hız eğrisi vermesinden de anlaşılabilir Sanford (1937). Şekil 1'deki artıkları temsil eden grafikte de görüldüğü gibi ikinci ve birinci minimumların birbirinden ayrılması, sistemin dışmerkezli bir yörüngeye sahip olması bizi eksen dönmesinin varlığını da araştırmaya yöneltti. Bu durumda olası üçüncü cismin kütleleri $m_3 = 0.82 M_{\odot}$ ve dönemi $P = 56.61$ yıl olarak hesapladık. Bu yaklaşım altında olası üçüncü cismin kütleleri ikinci bileşenin külesinden büyük çıkmaktadır. Bu

bilgiler ışığında UX Her sisteminin kırmızıöte bölgedeki fotometrik gözlemlerine ihtiyaç vardır. CO Lac sisteminin gözlenen yeni minimum zamalarıyla eksen dönmesine ilişkin parametreler yeniden hesaplandı. Eksen dönmesinin dönemi $U = 42.139$ yıl ve dışmerkezlilik $e = 0.0290$ olarak hesaplandı.

Bu çalışma, *Türkiye Bilimler Akademisi* (BA/TÜBA-GEBİP/2001-2-2) ve 20040705089 proje numarasıyla Ankara Üniversitesi Araştırma fonu tarafından desteklenmiştir.

4. Referanslar

Applegate, James H. 1992 *Astrophys. J.* 385, 621
Cester, B., Fedel, B., Giucin, G., Mardirossian, F., Mezzetti, M., Predalin, F. 1970, *Mem. Soc. Astron. Itall.* 50, 553
Gordon, K.C. ve Kron, G.E. 1965, *Astron. J.* 70 100

Horak, T.B. 1966, *Bull. Astron. Inst. Czechosl.* 17,27
Irwin, J.B., 1952, *ApJ* 116, 211
Lacy, Claud H.S., 1992 *Astron. J.* 104, 2213
Lazaro, C., Martinez-Pais, I.G., Arevalo M.J., Antonopoulou, E. 1997, *Astron.J.* 113, 1122
Lucy, L.B., Sweeney, M.A. 1971, *Astron.J.* 76, 544
Mezzetti, M., Predolin, F., Giuricin, G., Mardirossian, FR. 180, *AveASS*, 42, 15
Picering, E. 1909. *Astron. Nacr.* 17, 7
Sanford, R.F. 137, *Astrophys. J.* 86, 153
Semeniuk, I. 167, *Acta Astron.* 17, 223
Tremko, J., Kreiner, J.M. ve Pribulla, T., 2004 *Contrib. Astron. Obs. Sklanate Pleso.* 34, 33
Uitterdijk, J. 134, *Bull. Astron. Inst. Neth.*, 7, 159
Wolf, M. 14, *Astron. Astrophys.* 286, 875
Zinner, E. 1914, *Astron. Nacr.* 195, 453
Zonn, W. 1933, *Wilno Bull.* 14, 3
Zonn, W. 150, *Torun Bull.* 9, 18