

LO Andromedae: İlk Işık ve Dönem Analizi

Birol Gürol¹ ve Zekeriya Müyesseroğlu¹

¹Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan/Ankara
birol@astro1.science.ankara.edu.tr, muyes@astro1.science.ankara.edu.tr,

Özet: Kısa dönemli W UMa türü örten değişen bir sistem olan LO And'ın ışık eğrisi ve dönem analizi yapılarak sisteme ilişkin ilk fiziksel parametreler belirlenmiştir. Gözlemler A.Ü. Ahlatlıbel Gözlemevi'nde 2003 yılında toplam 5 gecede elde edilmiştir. B ve V bandlarındaki ışık eğrilerin analizi Wilson-Devinney 2003 programı ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin A-türü degen bir sistem olduğu ve fotoelektrik kütle oranının $q=0.371$ olduğu belirlenmiştir. Bileşen yıldızlar için mutlak parametreler, literatürde mevcut, benzer dönemli sistemlere ilişkin bulgular ışığında hesaplanmıştır. Bileşen yıldızların yarıçap ve kütleleri için $R_1=1.30 R_\odot$, $R_2=0.85 R_\odot$ ve $M_1=1.31 M_\odot$ ile $M_2=0.49 M_\odot$ olarak bulunmuştur. Sistemin döneminin sürekli artma göstermesi kütle aktarımı ve üçüncü cisim kabul edilerek açıklanmıştır. Örten değişen sistem ile aynı yörünge düzleminde bulunması halinde üçüncü cisim için hesaplanan kütle $M_3=0.21 M_\odot$ boyutundadır. Eğer $dP/dt=0.0212$ sn/yıl'lık dönem değişimi bileşenler arasında meydana gelen kütle aktarımından kaynaklanıyor ise kütle aktarım miktarı için $dm/dt=1.682 \cdot 10^{-7} M_\odot/\text{yıl}$ olduğu hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler: Yıldızlar: Çift Yıldızlar – Örten Değişen Yıldızlar: LO And

Abstract: New BV light curves and times of minimum light for the short period W UMa system LO And were analyzed to derive the preliminary physical parameters of the system. The light curves were obtained at Ankara University Observatory during 5 nights in 2003. A new ephemeris is determined for the times of primary minimum. The analysis of the light curves is made using the Wilson-Devinney 2003 code. The present solution reveals that LO And has a photometric mass ratio $q=0.371$ and is an A-type contact binary. The absolute radii and masses estimated for the components, based on our photometric solution and the absolute parameters of the systems which have nearly same period are $R_1=1.30 R_\odot$, $R_2=0.85 R_\odot$, $M_1=1.31 M_\odot$, $M_2=0.49 M_\odot$ respectively for the primary and secondary components. The period of the system is still increasing, which can be attributed to light-time effect and mass transfer between the components. With the assumption of coplanar orbit of the third body the revealed mass is $M_3=0.21 M_\odot$. If the period change $dP/dt=0.0212$ sec/yr is caused only by the mass transfer between components (from the lighter component to the heavier) the calculated mass transfer rate is $dm/dt=1.682 \cdot 10^{-7} M_\odot/\text{yr}$.

Key words: stars: binaries – eclipsing stars – individual: LO And

1. Giriş

Kısa dönemli ($P \approx 0^{\text{e}}.38$) W UMa türü örten değişen sistem olan LO And ($V_{\text{maks}}=11^{\text{m}}.2$, $V_{\text{min}}=11^{\text{m}}.82$, WR 136, CSV 8853, NSV 14569)'ın değişen olduğu ilk kez Weber (1963) tarafından fotoğrafik olarak keşfedilmiş ve sefeid türü değişen olarak sınıflandırılmıştır. Diethelm ve Gauthschi (1980) sistemi görsel dalgaboylarında gözlemi yapmış ve bu sisteme ilişkin 15 adet maksimum zamanı ile birlikte ilk ışık elemanlarını vermişlerdir. Aynı çalışmada ayrıca B ve V bandlarında ilk fotoelektrik gözlemlerini yapmışlardır. GCVS (Kholopov 1988)'de bu sistem EW/KW olarak sınıflandırılmıştır. Sistem literatürde fiziksel parametreleri ve tayfsal bilgisi bulunmayan sistemler arasında yer almaktadır.

2. Gözlemler

LO Andromedae sisteminin ışık eğrisi, 2003 yılında Ankara Üniversitesi Gözlemevi (AUG)'nde bulunan 30-cm çaplı Cassegrain türü Maksutov teleskopu kullanılarak toplam 5 gecede elde edilmiştir. Gözlemlerde SSP5-A fotometre başlığı kullanılmıştır. B ve V bandlarında olmak üzere toplam 507 gözlem noktasından oluşan gözlemler, gözlem tarihleri, gözlenen nokta sayısı ve gözlemcilerin isimleri ile birlikte Tablo 1'de verilmiştir. Gözlemler sırasında GSC 03637-00299 ve GSC 03637-00716 yıldızları sırasıyla mukayese ve denet yıldızı olarak gözlenmiştir. Mukayese yıldızının gözlemler süresince bir değişim göstermediği görülmüştür. Mukayese yıldızının gözlemleri kullanılarak gecelik sönümlenme katsayıları hesaplanmış ve aletsel diferansiyel parlaklık değerleri (değişen–mukayese) atmosfer dışına indirgenmiştir. Tek bir diferansiyel gözlem noktasına ilişkin olası hata değeri sırasıyla B ve V

bandları için $\pm 0^m.02$ ve $\pm 0^m.01$ kadir olarak hesaplanmıştır.

Işık eğrileri aşağıdaki yeni ışık elemanları kullanılarak evrelendirilmiştir;

$$\text{HJD}(\text{Min I})=2452873.46441 + 0^s.380442063 \times E \\ \pm 0.00069 \pm 0.000000222$$

Tablo 1. Gözlemlere ilişkin genel bilgiler.

Tarih	Gözl.Nokta Sayısı	Gözlemciler
21.08.2003	82	AC
26.08.2003	58	LG
02.09.2003 ³²	119	AC
23.09.2003	122	AC
25.09.2003	126	ET

Gözlemciler: AC: A. Çağlar, LG: L. Gürdemir, ET: E. Törtün.

Işık eğrilerinde iki minimum seviyesinin hemen hemen aynı derinlikte görülmektedir. Birinci minimum seviyesi ile ikinci minimum seviyesi arasındaki parlaklık farkı sırasıyla V ve B bandları için (Min.I–Min.II) farkı 0.051 ve 0.058 kadir kadardır. Maksimum seviyeleri arasındaki fark ise V ve B bandları için sırasıyla (Maks.II–Maks.I) farkı -0.010 ve -0.002 kadir düzeyindedir.

3. Dönem Analizi

Gözlemlerimizden dört adet birinci ve altı adet ikinci minimum zamanı elde edilmiştir. Bunlar, standart sapma değerleri ile birlikte Tablo 2’de verilmiştir. Minimum zamanları Kwee & van Woerden (1956) yöntemi ile hesaplanmıştır.

Tablo 2. AUG’nde elde edilen fotoelektrik minimum zamanları ve standart sapma değerleri.

HJD2400000+	$\pm\sigma$	Min Türü	Filtre
52873.46362	0.00008	I	B
52885.44574	0.00042	II	V
52885.44894	0.00024	II	B
52906.37451	0.00032	II	V
52906.37461	0.00024	II	B
52908.27729	0.00048	II	V
52908.27458	0.00018	II	B
52908.46344	0.00061	I	V
52908.46580	0.00075	I	B

LO And sisteminin dönem analizi için bütün minimum zamanları toplanmıştır. Elde edilen minimum zamanlarının sayısı, 163 adet görsel (vis), 15 adet fotoğrafik (pg) ve 42 adet CCD ve fotoelektrik (CCD+pe) olmak üzere toplam 215 adettir.

Bu gözlenen minimum zamanları yardımıyla, Kreiner vd. (2001) tarafından verilen ışık elemanları;

$$\text{HJD}(\text{Min I})=2445071.059+0.3804441396 E \quad (1)$$

kullanılarak O-C diyagramı oluşturulmuştur.

O-C diagramı yaklaşık 44000 çevrimi (45 yıl) kapsamaktadır ve açık bir şekilde sistemin döneminde bir değişim olduğunu göstermektedir. Bu değişimin sadece parabol ile temsil edilemediği görülmüştür (Şekil1.). İkinci derece denklemden olan farklar, üçüncü bir cismin varlığından kaynaklanan ışık-zaman etkisi olabilir. Bu durumda O-C analizi için kullanabileceğimiz denklem (1) şeklinde olacaktır.

$$t_{cc}=t_0+EP+QE^2+\Delta T \quad (2)$$

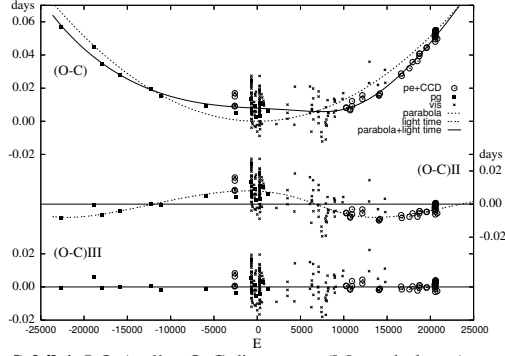
Burada t_0 ve P sırasıyla başlangıç epokunu ve dönemi göstermektedir. E ise çevrim sayısıdır. Q parabolik terimin katsayısını ve ΔT ise üçüncü bir cismin varlığı nedeniyle gözlenen minimum zamanlarında meydana gelen zaman gecikmesini veya artmasını temsil etmektedir. Bu etki matematiksel olarak;

$$\Delta T = \frac{a \sin i}{c} \left[\frac{(1-e^2)}{(1+e \cos \nu)} \sin(\nu + \omega) + e \sin \omega \right] \quad (3)$$

şeklinde ve burada $c=2.590 \times 10^{10}$ km/gün, ışık hızını göstermektedir. Diğer parametreler Irwin (1952, 1959) tarafından kullanılan parametrelerdir.

Şekil 1’de üst panelde; uygulanan parabol (kesikli çizgi) fit’inin yanında parabol+sinüsel yapı (sürekli çizgi) fit’leri gösterilmiştir. Değişimi daha iyi görebilmek için şeklin orta panelinde, uygulanan parabol fit’inden olan artıklar üzerine hesaplanan ışık-zaman fit’i ayrı olarak gösterilmiştir. Şeklin en alt panelinde ise parabol+sinüsel fit’ten olan artıkların çizimi verilmiştir. Parabol+sinüsel fit için hesaplanan $\sum(\text{O-C})^2$ değeri fotoelektrik ve CCD minimumları dikkate alındığında 0.00033 ve bütün minimum zamanları dikkate alındığında 0.00125 olarak bulunmuştur. Parabol+sinüsel fit’in gerçekleştirilmesinde kullanılan (2) ve (3) no’lu denklemlere ilişkin katsayılar ve üçüncü cisim için hesaplanan parametreler Tablo 3’de verilmiştir.

³² Gözlemlerde farklı mukayese yıldızı kullanıldığından sadece minimum zamanı hesaplanması amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 1. LO And'ın O-C diyagramı (Metne bakınız)

Tablo 3. Üçüncü cisme ilişkin kütle, yörünge eğim açısının örten değişen sistem ile aynı olduğu kabul edilerek hesaplanmıştır.

Parametre	Değer
t_0 (HJD)	2445071.059
P_{12} (gün)	0.380435536
P_3 (yıl)	37.080
Q	$1.281 \cdot 10^{-10}$
A (gün)	0.008
a_{12} (AB)	1.4637
$a_{12}+a_3$ (AB)	14.0325
i ($^\circ$)	$78^\circ.674$
Dışmerkezlik (e)	0.275
ω ($^\circ$)	198°
m_1+m_2 (M_\odot)	1.80
$f(m_3)$ (M_\odot)	0.00214988
m_3 (M_\odot)	0.21

Dönem değişiminin bu şekilde parabolik yapısı, sistemde küçük kütleli bileşenden büyük kütleli bileşene kütle aktarımı veya sistemin dışına atılan madde ile açıklanabilir. Manyetik alan etkisinin olmaması durumunda, korunumlu madde aktarımı, Kwee & van Woerden (1958) tarafından verilen aşağıdaki denklem ile hesaplanır,

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \left(\frac{m_2}{m_1} - 1 \right) \frac{\Delta m_2}{m_2} \quad (4)$$

Burada $\Delta m_2 = dm_2/dt$ ve $\Delta P = dP/dt$ şeklinde sırasıyla zamana bağlı olarak kütle aktarım miktarını ve dönem değişimini göstermektedir.

ΔP değişimin miktarı $2.458 \cdot 10^{-7}$ gün/yıl (≈ 0.0212 sn/yıl) boyutundadır. Kesim 5'de örten değişen sistemin bileşenleri için hesaplanan kütle değerleri dikkate alındığında sistem için hesaplanan kütle aktarım miktarı $\Delta m_2 = 1.686 \cdot 10^{-7} M_\odot$ /yıl kadardır ve literatürde değen sistemler için bulunan kütle aktarım miktarı boyutlarındadır (bkz. Yang ve Liu 2003).

Şekil 1 orta panelde görülen sinüsel değişimin sisteme bağlı üçüncü bir cisimden kaynaklandığı

kabul edilirse, bu cismin yörünge eğim açısına bağlı olarak kütlelerini, üçüncü dereceden bir fonksiyon yardımıyla (denklem 5) hesaplamak mümkündür.

$$m_3^3 \sin^3 i - m_3^2 f(m_3) - 2m_3 m_{12} f(m_3) - m_{12}^2 f(m_3) = 0 \quad (5)$$

Burada m_{12} ve m_3 sırasıyla yakın çifte ve üçüncü cisme ilişkin Güneş kütleli birimde yıldızların kütlelerini göstermektedir. $f(m_3)$ ise üçüncü cisme ilişkin yörünge parametrelerinden hesaplanan kütle fonksiyonudur ve ifadesi denklem (6) ile verilmiştir.

$$f(m_3) = \frac{(m_3 \sin i)^3}{(m_{12} + m_3)^3} = \frac{1}{P_3^2} \left[\frac{173.15A}{\sqrt{1 - e^2 \cos^2 \omega}} \right]^3 \quad (6)$$

Burada A gün biriminde sinüsel değişimin yarıgenliği ve P_3 ise (O-C) eğrisinden hesaplanan yıl biriminde üçüncü cismin yörünge dönemidir. 0.008 gün'lük bir ışık-zaman etkisi için ikili sistemin üçüncü cisimle birlikte oluşturdukları ortak kütle merkezine olan uzaklığı 1.43 AB kadardır. Bu uzaklık değerini hesaplanan dönem değeri ile birlikte kullanılması durumunda (37.08 yıl) ve değen sistemin toplam kütlelerinin $1.80 M_\odot$ olduğu kabul edildiğinde, üçüncü cisim için, minimum kütle değeri $0.21 M_\odot$ ve kütle merkezine uzaklığı ise 13.7 AB olarak hesaplanır.

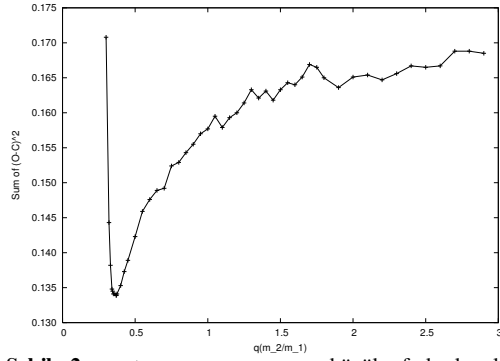
Sistemin toplam kütle ve ışınımgücü ile karşılaştırıldığında, bu kütledeki bir üçüncü cismin normal bir yıldız olması durumunda, toplam ışınımgücüne katkısı gözlemlerimizin hata boyutlarında olacaktır.

4. Işık Eğrisi Analizi

Işık eğrisinin analizi Wilson ve Devinney (1971) yöntemi ve B.Gürol tarafından MS Excel programında WD2003 sürümü için hazırlanan arayüz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yöntem, yıldız yüzeylerinin eşpotansiyel yüzeylerden oluştuğunu kabul ederek, aşağıdaki parametreleri kullanarak işlem yapar: i (yörünge eğim açısı), $\Omega_{1,2}$ yüzey potansiyelleri, $T_{1,2}$ bileşen yıldızların ortalama yüzey sıcaklıkları, $q = m_2/m_1$ kütle oranı, $L_{1,2}$ normalize edilmiş ışınımgücü değerleri, $x_{1,2}$ kenar kararım sabitleri, $g_{1,2}$ çekim kararım sabitleri ve $A_{1,2}$ tümşınım yansıma katsayılarıdır. Bu çalışma boyunca 1 ve 2 indisleri sırasıyla baş bileşen (sıcak bileşen) ve yoldaş bileşen (soğuk bileşen) için kullanılmıştır.

Gözlemsel ışık eğrilerinden her bir renkte 77 adet normal nokta oluşturulmuştur. Herbir normal nokta oluşturulurken kullanılan gözlem sayısı, onların ağırlıkları olarak kullanılmıştır.

Bileşenler için tayf ve sıcaklık değerinin olmaması, ışık eğrisi analizine başlamak için bir sıkıntıdır. Bu yüzden Wang (1994)'ın verdiği renk-dönem bağıntısı ile Rucinski ve Duerbeck (1977)'in verdiği mutlak parlaklık kalibrasyonu bağıntılarını kullanarak, baş bileşenin sıcaklığını 6500 °K, ve tayf türünü F4 V / F5 V olarak kabul ettik. Bolometrik ve logaritmik kenar kararım katsayıları van Hamme (1993)'den alınmış ve ışık eğrisi analizi sırasında değişen sıcaklık değerlerine göre otomatik olarak uygun katsayıların alınması sağlanmıştır. Çekim kararım sabiti ve bolometrik albedo değeri, her iki bileşenin konvektif atmosfere sahip olduğu kabul edilerek, sırasıyla 0.32 ve 0.50 olarak alınmıştır. Işık eğrisi analizi sırasında bu katsayılar sabit olarak tutulmuştur. Tayfsal kütle oranı bilinmediğinden *q-tarama yöntemi* kullanılarak fotometrik kütle oranı aranmıştır. *q* taraması 0.3 ile 3.0 arasında yapılmış ve en küçük fark kareleri toplamının (Mod 3'de değen sistemler için) 0.370 civarında olduğu görülmüştür (Şekil 2).

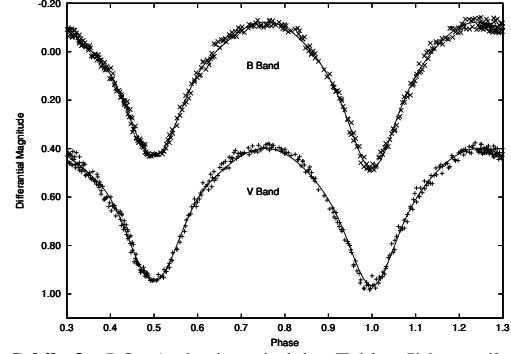


Şekil 2. *q* tarama sonucu en küçük fark kareler toplamının 0.370 civarında gerçekleştiği görülmektedir.

Diferansiyel düzeltme işlemi serbest bırakılan parametreler için hesaplanan düzeltme miktarlarının ilgili parametre için hesaplanan standart sapma değerinden daha küçük olana kadar tekrarlanmıştır. Çözüm sonuçları Tablo 4'de ve bu parametreler kullanılarak oluşturulan teorik ışık eğrileri Şekil 3'de verilmiştir.

5. Mutlak Parametreler

Tablo 5'de, tayfsal ve fotometrik analizlerden, fiziksel parametreleri iyi bir şekilde belirlenmiş W Uma türü örten değişen yıldızların bileşenlerine ilişkin kütleleri verilmiştir. Dikkate alınan örnek grup LO And sisteminin yörünge dönemine yakın olması ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 3. LO And sistemi için Tablo 5'de verilen parametreler kullanılarak hesaplanan teorik ışık eğrisi ile gözlenen B (çarpı) ve V (artı) ışık eğrileri.

Tablo 5'de bulunan sistemlere ilişkin toplam kütle değerlerinin ortalaması $M_T = M_1 + M_2 = 1.797 \pm 0.330 M_{\odot}$ 'dir. Standart hata değeri çok büyük olmadığından, bu ortalama toplam kütle değeri LO And için de kullanılırsa, 3. Kepler yasasından, bileşenler arasındaki ortalama uzaklık $a(R_{\odot}) = 2.69 \pm 0.01$ olarak hesaplanır. Buna göre baş ve yoldaş yıldız için yarıçap değerleri sırasıyla, $R_1(R_{\odot}) = 1.30 \pm 0.05$ ve $R_2(R_{\odot}) = 0.85 \pm 0.14$ olarak hesaplanmıştır. Sistemin kütle oranı ve toplam kütlesi yardımıyla, baş yıldız için $M_1(M_{\odot}) = 1.31 \pm 0.11$ ve yoldaş bileşen için $M_2(M_{\odot}) = 0.49 \pm 0.07$ değerleri bulunmuştur.

Tablo 4. WD2003 programı kullanılarak LO And sistemi için elde edilen çözüm parametreleri.

Parametre	B&V	$\pm \sigma$
$i(^{\circ})$	78.67	0.62
$X_1 = x_2$ (bolo)	0.478*	
$Y_1 = y_2$ (bolo)	0.078*	
$A_1 = A_2$	0.50*	
$g_1 = g_2$	0.32*	
l_3	0.00*	
$T_1(^{\circ}K)$	6500*	
$T_2(^{\circ}K)$	6465	184
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.5482	0.0256
$q = m_2/m_1$	0.3707	0.0015
L_1 (V)	0.6652	0.0082
L_1 (B)	0.6818	0.0074
L_2 (V)	0.2769	0.0069
L_2 (B)	0.2685	0.0597
fillout: $f_1 = f_2$	0.30545	
r_1 (pole)	0.4524	0.0058
r_1 (side)	0.4873	0.0081
r_1 (back)	0.5189	0.0115
r_2 (pole)	0.2911	0.0099
r_2 (side)	0.3055	0.0124
r_2 (back)	0.3501	0.0251
$\sum(O-C)^2$	0.0226 (V)	
$\sum(O-C)^2$	0.0178 (B)	

* Sabit kabul edilen parametreler

Tablo 5. Yörünge dönemi LO And'ın dönemine yakın olan W UMa türü sistemler.

Sistem	Tür	Dönem (gün)	M ₁ (M _☉)	M ₂ (M _☉)	Ref.
UY UMa	W	0.376018	1.19	0.16	1
YY CrB	A	0.376564	1.429	0.348	2
AD Phe	A	0.379924	1.05	0.98	3
TX Cnc	W	0.382882	1.01	0.62	4
BI CVn	A	0.384206	1.28	1.11	3
EM Lac	W	0.389135	1.06	0.67	3
V396 Mon	W	0.396342	1.2	0.47	5

(1)Yang ve ark.(2001), (2) Pribulla ve Vanko (2002), (3) Maceroni ve van't Veer (1996), (4) Whelan ve ark. (1973), (5) Yang ve Liu (2001).

Tablo 6'da LO And sistemi için tahmin edilen mutlak parametreler verilmiştir. Bu sonuçlar LO And sistemi için elde edilecek dikine hız eğrisi gözlemleri ile denetlenmelidir.

Tablo 6. Bileşen yıldızların mutlak parametreleri.

Mutlak Parametre	Baş Bileşen	Yoldaş Bileşen
M(M _☉) =	1.31±0.18	0.49±0.07
R(R _☉) =	1.30±0.05	0.85±0.14
L(L _☉) =	2.70±0.08	1.13±0.35
M _{bol} =	3.67±0.08	4.62±0.39
log g (cgs) =	4.32±0.71	4.26±0.75
ρ (cgs) =	0.84±0.15	1.12±0.58
a(R _☉) =	2.69±0.01	

6. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada LO And sisteminin A-türü bir W UMa sistemi olduğu ortaya çıkmıştır. Bileşen yıldızların f doldurma parametresi %30 olarak hesaplanmış ve fotometrik kütle oranı $q=0.371$ olarak belirlenmiştir. Baş yıldız için kabul edilen $T_1=6500$ °K sıcaklık değeri F4V-F5V tayf türüne karşılık gelmekte ve yoldaş bileşen için hesaplanan sıcaklık değeri $T_2=6465$ °K'dir. Dönem değişiminde görülen çevrimsel yapının ışık-zaman etkisinden kaynaklandığı kabul edildiğinde üçüncü cisim için hesaplanan kütle $M_3=0.21 M_{☉}$ olarak bulunmuş ve bu boyutlu bir kütleli sistemi oluşturan toplam kütleli yaklaşık %12'si olduğu hesaplanmıştır. Normal bir anakol yıldızı olması durumunda sistemin toplam ışınım gücünün ancak %0.5'i kadar ışınım üretecektir ki, bu boyutta bir cisim fotometrik olarak ayırtetmek güçtür. Sistem için hesaplanan mutlak parametrelerin denetlenmesi için tayfsal gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

7. Teşekkür

Bu çalışmada gözlemlere katkıda bulunan L. Gürdemir, A. Çağlar ve E. Törün'e, literatüre minimum zamanı gözlemlerini kazandıran amatör ve profesyonel gözlemcilere, ulaşmakta güçlük çektiğimiz minimum zamanlarını bize gönderen R. Boninsegna ve R. Pickard'a teşekkür ederiz. Bu çalışmada SIMBAD veritabanı ve NASA ADS veritabanları kullanılmıştır.

8. Kaynaklar

- Diethelm, R. ve Gauthschy, A. 1980, IBVS No. 1767.
- Irwin, J. B. 1952, ApJ, 116, 211.
- Irwin, J. B. 1959, AJ, 64, 149.
- Kholopov P.N., Samus N.N., Frolov M.S. ve ark. 1988, GCVS, 4th Ed., Moscow: "Nauka" Publishing House.
- Kreiner, J.M., Kim, Chun-Hwey., Nha, II-Seong.: 2001, "An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars", Cracow Poland: Wydawnictwo Naukowe Akademii Pedagogicznej.
- Kwee, K., K. ve van Woerden, H. 1956, Bull. Astron. Inst. Netherlands. 12, 327.
- Kwee, K., K., ve van Woerden, H. 1958, Bull. Astron. Inst. Netherlands. 14, 131.
- Maceroni, C. ve van't Veer, F. 1996, A&A, 311, 523.
- Mochacki, S.W. 1981, ApJ, 245, 650.
- Pribulla, T.ve Vanko, M. 2002, CoSka., 32, 79.
- Rovithis-Livaniou, H., Rovithis, P. ve Bitzaraki, O. 1992, Ap&SS, 189, 237.
- Rucinski, S.M. ve Duerbeck, H.W. 1977, PASP, 109, 1340.
- Sekiguchi, M. ve Fukigita, M. 2000, AJ, 120, 1072.
- Straizys, V. ve Kurilliene, G. 1981, Ap&SS, 80, 353.
- van Hamme, W. 1993, AJ, 106, 2096.
- Wang, J.M. 1994, ApJ, 434, 277.
- Weber, R. 1963, IBVS No. 21.
- Whelan, J.A.J., Worden, S.P. ve Mochacki, S.W. 1973, ApJ, 183, 133.
- Wilson, R.E. ve Deviney, E.J. 1971, ApJ, 166, 605.
- Yang, Y. ve Liu, Q. 2001, AJ, 122, 425.
- Yang, Y. ve Liu, Q. 2003, PASP, 115, 748.
- Yang, Y.,Liu, Q., ve Leung, K.-C. 2001, A&A, 370, 507.