



Atatürk Üniversitesi
Anadolu Fizik ve Astronomi Dergisi
(ISSN: 2791-8718)
Cilt 2, Sayı 1,35 ,42

JAPA

Atatürk University
Journal of Anatolian Physics and Astronomy
(ISSN: 2791-8718)
Volume 2, Issue 1,35 , 42

PHOTOMETRIC OBSERVATIONS of FOUR W UMA BINARIES

*¹Hüseyin Er, ¹E. Zafer Sönmez, ¹M. Emir Kenger, ¹Necip Karaman, ¹Emre Akkaya, ¹İ. Can Özkesen,
¹Ahmet Polatoğlu

¹Ataturk University, Faculty of Sciences, Department of Astronomy and Space Science, 25240
Erzurum/Turkey

ORCID*¹: <http://orcid.org/0000-0003-1339-3045>

Research Type: Research Article

Received: 28.03.2022 Accepted: 22.04.2022

*Corresponding author: huseyin.er@atauni.edu.tr (H. Er)

Abstract

In this work, the light curves of NSVS2175434, V783 And, ASAS J020753+2034.1 and NR CAM W Uma type eclipsing binary star systems were obtained by using 0.5 meter ATA50 telescope in Atatürk University Astrophysics Research and Application Center (ATASAM). The orbital period variations of the systems were analyzed using the "timing" method. Only the O-C diagram of NR Cam was performed because the eclipse times of the other systems in the literature are not sufficient. When the O-C diagram of the NR Cam system is examined, no clear change has been observed for the time being. However, more observational data are needed to understand whether changes will occur in the future.

Key Words: Binaries, W Uma, Eclipsing stars

DÖRT W UMA ÇİFT YILDIZ SİSTEMİNİN FOTOMETRİK GÖZLEMLERİ

Özet

Bu çalışmada NSVS2175434, V783 And, ASAS J020753+2034.1 ve NR CAM W Uma tipi örten çift yıldız sistemlerinin Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) bünyesindeki 0.5 metrelik ATA50 teleskobu ile elde edilen örtülme ışık eğrileri sunuldu. Sistemlerin yörünge dönem değişimleri "zamanlama" yöntemi kullanılarak incelendi. NR Cam dışındaki sistemlerin literatürdeki minimum zamanları yeterli olmadığı için sadece NR Cam'ın O-C diyagramı oluşturuldu. NR Cam sistemine ait O-C diyagramı incelendiğinde net bir değişime şu an için rastlanılmadı. Ancak ilerleyen zamanlarda değişimin olup olmayacağını daha net görebilmek için daha fazla gözlemsel veriye ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Çift yıldızlar, W Uma, Örtülme

1. Giriş

Gökyüzünde gördüğümüz yıldızların yarısından fazlası iki veya daha fazla yıldızdan oluşmaktadır. Bu tür sistemler çift yıldız olarak adlandırılmaktadır. Çift yıldız sistemleri, ortak kütle merkezi etrafında kütle çekim etkisi altında Kepler yasalarına göre yörünge hareketi yapan iki veya daha fazla yıldızdan oluşan sistemlerdir [1]. Çift yıldızlarda aralarındaki kütle çekim kuvvetinden yola çıkarak sistemdeki bileşenlerin ışınım gücü, yarıçap ve kütle gibi bazı temel parametreler hesaplanabilir. Bu parametreler yıldızların oluşum süreçleri ve evrim teorileri hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olur. Ayrıca, çift yıldızlar yıldız evriminin açıklanmasında, yakın galaksilerin uzaklıklarının belirlenmesinde, X-ışın çiftleri, kataklizmik değişenler, novalar, simbiyotik yıldızlar ve bazı tür süpernovaların açıklanmasında da önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle çift yıldızlar, astrofizikte tekli yıldızlara nispeten daha çok bilgi sunmaları bakımından daha büyük bir öneme sahiptirler.

Çift yıldız sistemleri gözlemsel olarak keşfedilme ve incelenme yöntemlerine göre Görsel, Astrometrik, Tayfsal ve Örten çift yıldızlar olarak sınıflandırılır. Örten çift yıldızlarda, sistemdeki bileşenlerden birinin diğerinin önünden geçerken sistemin parlaklığında periyodik bir azalma meydana gelir. Bu nedenle bu tür çift yıldız sistemlerine “Örten Değişen Yıldızlar” adı da verilmektedir [2, 3]. Örten çiftler, ışık eğrilerinin şekillerine göre; Algol türü (EA), β Lyrae türü (EB) ve W Uma türü (EW) sistemler olmak üzere üç ana gruba ayrılırlar. W Uma türü sistemler; farklı kütlelerde, neredeyse aynı sıcaklıklara sahip, birbirine çok yakın ve her ikisi de Roch lobunu doldurmuş yıldızlardan oluşan çift yıldız sistemleri olup bu sistemler aşırı degen örten çiftler olarak da bilinir [2, 4].

Son yıllarda, yapılan araştırmalar sonucunda çift yıldız sistemlerinin yörünge dönemlerinde periyodik olarak bir değişimin olduğu gözlemlendi [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Bu araştırmalar çift yıldız sisteminin kütle merkezinin hareketinden kaynaklanan ve sistemdeki bileşenlerin karşılıklı olarak birbirlerini örtme zamanlarındaki periyodik değişimlerin ölçülmesi sonucu görülen LTT (the Light Travel Time) etkisinin incelenmesiyle yapıldı [8, 11]. LTT etkisi olarak yorumlanan sistemin tutulmalarının O-C (Observed-Calculated) zamanlarındaki periyodik değişimlere dayanan yöntem ise “zamanlama” yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada NSVS2175434, V783 And, ASAS J020753+2034.1 ve NR CAM olmak üzere dört örten W Uma türü çift yıldız sisteminin minimum zamanları hesaplanarak yörüngesel dönemlerinde herhangi bir değişimin olup olmadığı “zamanlama” yöntemi kullanılarak incelendi.

2. Materyal ve Yöntem

NSVS2175434, V783 And, ASAS J020753+2034.1 ve NR CAM W Uma tipi örten çift yıldız sistemlerinin gözlemleri, Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) bünyesindeki 26.3'x26.3' görüş alanına sahip Apogee U230 2K CCD kamera ile 0.5 m'lik (ATA50) teleskop kullanılarak 15 Ekim 2021 ile 16 Kasım 2021 tarihleri arasında her bir kaynak için bir gece olacak şekilde gerçekleştirildi. Tüm sistemlere ait gözlemler, R ve/veya B filtrelerinde ve 20-60 sn aralığında poz süresi verilerek yapıldı.

Temel görüntü indirgeme verileri Bias, Dark ve Flat neredeyse her gözlem gecesi için ayrı ayrı alındı. Veri indirgeme işlemi Python (CCDDData, ccdproc, numpy, astropy, matplotlib ve glop gibi paketler) ve MaximDL programları kullanılarak yapıldı. Veri indirgeme işlemi sırasında standart Bias, Dark çıkarımı ve Flat düzeltmeleri yapıldı. Temel amacımız sadece fark ışık ölçümünü elde etmek olduğu için herhangi bir standart yıldız gözlenmedi. Fakat veri indirgeme süresince karşılaştırma yıldızı olarak kaynağa hem parlaklık hem de konum olarak en yakın yıldız kullanıldı (Tablo 1).

Tablo 1 Dört W Uma tipi örtlen çift yıldızın ve fark ışık ölçümü sırasında kullanılan referans yıldızına ait bilgiler [12]

Kaynak	Kadir	Referans	Kadir
NSVS2175434	13.80 (G)	TYC 4087-1801-1	10.72 (V)
V783 And	14.84 (R)	TYC 2781-920-1	12.44 (B)
ASAS J020753+2034.1	12.85 (V)	TYC 1220-1405-1	11.23 (V)
NR Cam	10.97 (V)	GSC 4531-1979	8.15 (V)

Bu işlemlerin ardından sistemlere ait örtülme ışık eğrileri elde edildi. Sistemlere ait yörünge zaman değişimlerinin incelenmesi için elde edilen ışık eğrileri Gauss (Denklem 1) ve Polinom (Denklem 2) fonksiyonları içeren bir fonksiyon (Gauss+Pol) ile modellenildi.

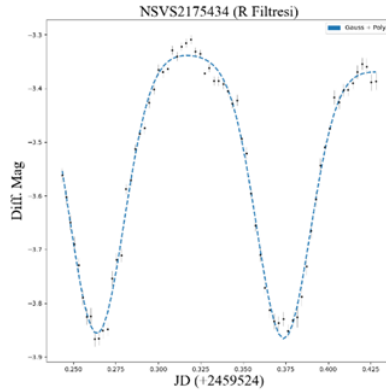
Gauss Fonksiyonu:

$$f(x; A, \mu, \sigma) = \frac{A}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]} \quad \text{Denklem 1}$$

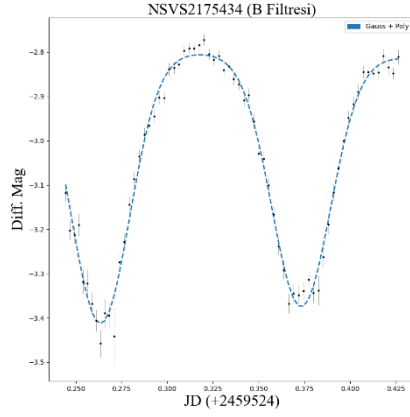
Polinom Fonksiyonu:

$$f(x; c_0, c_1, \dots, c_7) = \sum_{i=0,7} c_i x^i \quad \text{Denklem 2}$$

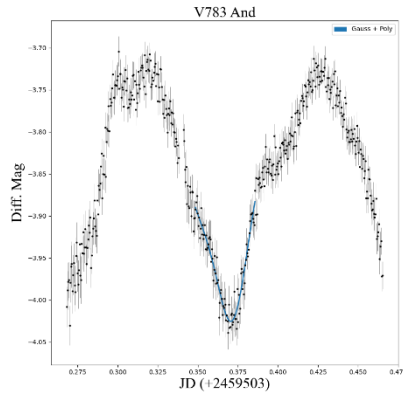
Şekil 1a, 1b, 2, 3 ve 4'de görüldüğü gibi elde edilen modellenmiş ışık eğrilerinden dört sistem için de minimum zamanları belirlendi.



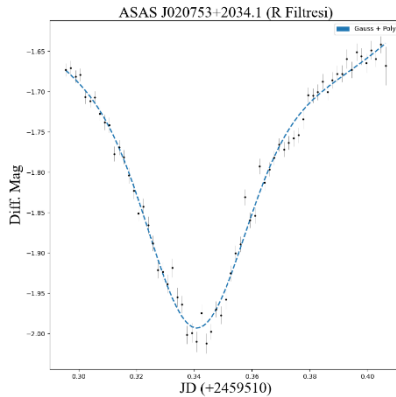
Şekil 1a. NSVS2175434 sisteminin R filtresi kullanılarak ATA50 teleskobu ile yapılan gözleminden elde edilen modellenmiş ışık eğrisi



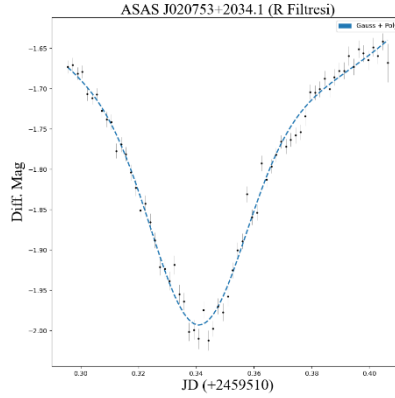
Şekil 1b. NSVS2175434 sisteminin B filtresi kullanılarak ATA50 teleskobu ile yapılan gözleminden elde edilen modellenmiş ışık eğrisi



Şekil 2. V783 And sisteminin R filtresi kullanılarak ATA50 teleskobu ile yapılan gözleminden elde edilen modellenmiş ışık eğrisi



Şekil 3. ASAS J020753+2034.1 sisteminin R filtresi kullanılarak ATA50 teleskobu ile yapılan gözleminden elde edilen modellenmiş ışık eğrisi



Şekil 4. NR Cam sisteminin R filtresi kullanılarak ATA50 teleskobu ile yapılan gözlemden elde edilen modellenmiş ışık eğrisi

Minimum zamanlar, JD (julian date)'den BJD (barycentric dynamical julian time)'ye dönüştürüldü [13]. Dört sistem için de türetilen minimum zamanları Tablo 2'de gösterildi.

Tablo 2 Dört W Uma sistemine ait elde edilen minimum zamanları

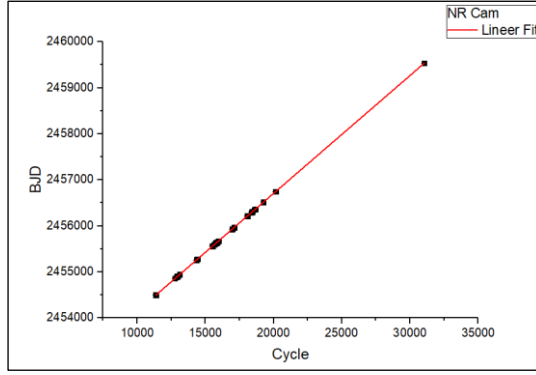
Kaynak	BJD	Hata
V783 And	2459503.37174581	0.0060
ASAS J020753+2034.1	2459510.34073458	0.0038
	2459510.33099462	0.0076
NSVS2175434	2459524.26392948	0.0026
	2459524.37377038	0.0027
	2459524.26353281	0.0036
	2459524.37320581	0.0038
NR Cam	2459535.26596463	0.0010
	2459535.39245006	0.0023

3. Yörünge Dönem Değişimi

Çift yıldız sistemlerinde görülen yörünge dönem değişimini inceleyebilmek için sistemlere ait literatürdeki minimum zamanlar araştırıldı. Ancak O-C diyagramını hazırlayabilmek için V783 And, ASAS J020753+2034.1 ve NSVS2175434 sistemlerine ait yeterli minimum zamanı bulunamadı. Bu nedenle sadece NR Cam için yörünge dönem değişimi incelendi. NR Cam sisteminin, Tavakkoli vd. (2015) tarafından verilen minimum zamanları ile yeni gözlemlerimizden elde edilen minimum zamanları birleştirildi [14]. İncelenen kaynağın yörüngesel dönemlerinde değişim olup olmadığına bakabilmek için her bir kaynağın elde edilen minimum zamanları Şekil 5'deki gibi lineer ışık elemanları ile fit edilir (Denklem 3).

$$BJD = T_0 + P_0L$$

Denklem 3

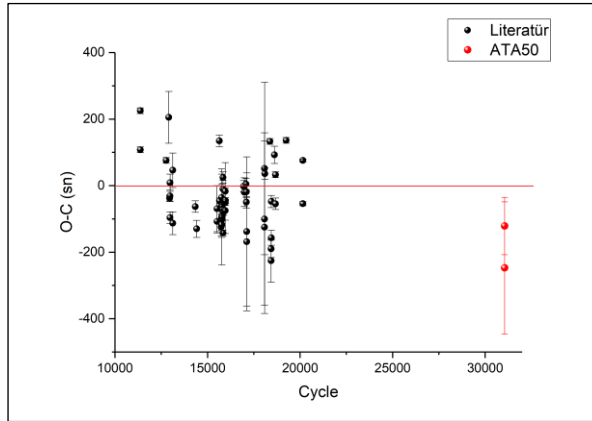


Şekil 5. Tüm minimum zamanlara uygulanan lineer efemeris modeli

Burada, T_0 doğruluğundan emin olunan başlangıç minimum zamanı, P_0 sistemin yörünge dönemini, L ise T_0 'dan itibaren meydana gelen örtülme sayısını temsil eder [15]. Tüm minimum zamanları ile Denklem 3 kullanılarak NR Cam sisteminin başlangıç minimum zamanı ve yörünge dönemi aşağıdaki gibi bulundu.

$$BJD = BJD\ 2451589.74618272(10) + L \times 0.2558861610(3)$$

Tüm minimum zamanları için elde ettiğimiz yeni başlangıç minimum zamanı ve yörünge dönemi ile sistemin O-C diyagramı Şekil 6'daki gibi elde edildi.



Şekil 6. NR Cam sisteminin O-C diyagramı

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında NSVS2175434, V783 And, ASAS J020753+2034.1 ve NR CAM W Uma tipi dört örten çift yıldız sisteminin fotometrik gözlemleri yapılarak yörünge dönem değişimleri incelendi. İncelenen kaynaklardan NSVS2175434 sisteminin parlaklığı 13.6 kadir ve periyodu ise 0.221 gündür [16]. V783 And sistemi ise 13 Kasım 2013 tarihinde SuperWASP (Super Wide Angle Search for Planets) teleskobu ile keşfedildi ve 0.2090808 gün dönemli EW (W UMa) türü sistem olarak

sınıflandırıldı [17]. Diğer bir sistem olan ASAS J020753+2034.1 ise ASAS (All Sky Automated Survey) ile belirlenmiş olup parlaklığı yaklaşık 12.85 (V) kadirdir [18]. Son olarak NR Cam sistemi, Strohmeier (1958) tarafından başlangıçta 215 Cam olarak adlandırılan yavaş değişen bir yıldız olarak keşfedildi [14, 19]

Bu dört W Uma tipi örten çift yıldız sistemleri ATA50 teleskopu ile gözlemleri yapılarak dokuz yeni örtülme ışık eğrisi elde edildi. Bu ışık eğrileri gauss ve polinom fonksiyonlarının yer aldığı Gauss+Pol fonksiyonu ile fit edilerek dört kaynağa ait minimum zamanları elde edildi (Şekil 1, 2, 3 ve 4). Daha sonra O-C diyagramlarını oluşturabilmek için sistemlere ait literatürdeki minimum zamanları araştırıldı. NR Cam kaynağının dışındaki diğer üç kaynağın literatürde yeterli minimum zamanına sahip olmadığı için O-C diyagramı oluşturulamadı. Ancak, bu çalışma ile literatüre kazandırılan üç kaynağa ait minimum zamanları bundan sonra ki O-C çalışmaları için oldukça önemlidir.

Literatürde yeterli minimum zamanına sahip olan NR Cam için hesapladığımız başlangıç minimum zamanı ve sistemin yörünge dönemi Tavakkoli vd. (2015) tarafından verilenler ile uyumludur. Ancak Şekil 5'de de görüldüğü gibi NR Cam sisteminin O-C diyagramında net bir değişime rastlanamadı. Sonraki süreçte yörünge döneminde değişimin olup olmayacağını daha iyi anlayabilmek için daha uzun dönemli gözlem verilerine ihtiyaç duyulmaktadır

Teşekkür

Bu çalışmada, Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATASAM) tarafından işletilen ATA50 teleskobu ve arkasındaki CCD kamera ile elde edilen veriler kullanılmıştır. ATA50 teleskobu Atatürk Üniversitesi (P. No. BAP-2010/40), CCD kamera ise Erciyes Üniversitesi (P. No. FBA-11-3283) Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Birimi (BAP) tarafından finanse edilmiştir. Gerekli verilerin toplanması için gözlem zamanı tahsis eden ATASAM yönetimi ve personeline teşekkür ederiz.

Bu makale, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü lisans öğrencilerinin bitirme tezi kapsamında yapılmıştır. Bu kapsamda desteklerini esirgemeyen bölüm Öğretim Üyelerine teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Binnendijk, L., 1970. The orbital elements of W Ursae Majoris systems. *Vistas in Astronomy*, 12(1) 217–256
- [2] Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K. J., 2007. *Fundamental Astronomy*. Springer, 510s, New York
- [3] Percy, J. R., 2007. *Understanding Variable Stars*. Cambridge University Press, 350s, Kanada
- [4] Binnendijk, L., 1977. Synthetic light curves for contact binaries. *Vistas in Astronomy*, 21(4), 359–391

- [5] Lee, J. W., Kim, S. L., Kim, C. H., Koch, R. H., Lee, C. U., Kim, H. I., Park, J. H., 2009. The sdB+M Eclipsing System HW Virginis and its Circumbinary Planets. *The Astronomical Journal*, 137(2), 3181–3190
- [6] Gozdziewski, K., Nasiroglu, I., Slowikowska, A., Beuermann, K. et al., 2012. On the HU Aquarii planetary system hypothesis. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 425(2), 2, 930–949.
- [7] Gozdziewski, K., Slowikowska, A., Dimitrov, D., Krzeszowski, K. et al. 2015. The HU Aqr planetary system hypothesis revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 448(2), 1118–1136
- [8] Marsh, T.R., Parsons, S.G., Bours, M.C.P., Littlefair, S.P. et al., 2014. The planets around NN Serpentis: still there. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 437(1), 475–488
- [9] Nasiroglu, I., Gozdziewski, K., Slowikowska, A., Krzeszowski, K., Zejmo, M., Zola, S., Er, H. et al., 2017. Is There a Circumbinary Planet around NSVS 14256825?. *The Astronomical Journal*, 153(3), 11
- [10] Er, H., Özdönmez, A. and Nasiroglu, I, 2021. New observations of the eclipsing binary system NY Vir and its candidate circumbinary planets. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 507, 809-817
- [11] Beuermann, K., Breitenstein, P., Debski, B., Diese, J. et al. 2012a. The quest for companions to post-common envelope binaries. II. NSVS 14256825 and HS0705+6700. *Astronomy & Astrophysics*, 540(A8), 5
- [12] <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fbasic>
- [13] Eastman, J., Siverd, R., Gaudi, B. S., 2010. Achieving Better Than 1 Minute Accuracy in the Heliocentric and Barycentric Julian Dates. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 122(894), 935
- [14] Tavakkoli, F., Hasanzadeh, A., and Poro, A., 2015. The first light curve analysis of eclipsing binary NR Cam. *New Astronomy*, 37, 64-69
- [15] Hilditch, R.W., 2001. *An Introduction to Close Binary Stars*. Cambridge University Press, 381s, ABD
- [16] Kjurkchieva, D., P., et al., 2018. Observations and light curve solutions of three ultrashort-period W Uma binaries. *New Astronomy*, 62, 41-45
- [17] <https://www.aavso.org/vsx/index.php?view=detail.top&oid=286477>
- [18] Pojmanski, G., Pilecki, B., and Szczygiel, D., *The All Sky Automated Survey. The Catalog of Variable Stars. V. Declinations 0 deg - 28 deg of the Northern Hemisphere*. ArXiv, arXiv:astro-ph/0508017
- [19] Strohmeier, W., 1958. *kleineveröffentlichungen der Remeis-Sternwarte*. Bamberg., No. 23