

W UMa TÜRÜ ÖRTEN ÇİFT SİSTEM TU BOO’NUN YÖRÜNGE DÖNEMİ ANALİZİ

Merve KUTLUALP^{1,2}, Naci ERKAN^{1,2}, Caner ÇİÇEK^{1,2}, Ahmet BULUT^{1,2}

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi (ÇAAM) ve Ulupınar Gözlemevi, Terzioğlu Kampüsü 17100, Çanakkale

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17100, Çanakkale
(mervekutlualp@gmail.com, nacierkan@comu.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada W UMa türü bir sistem olan TU Boo’nun güncellenmiş minimum verileri kullanılarak, yörünge dönemi analizi yapılmıştır. O-C değişimleri incelendiğinde, çiftin aşağı parabol üzerine binmiş çevrimsel bir değişim gösterdiği görülmüştür. Aşağı parabolik O-C değişimi, çiftin yörünge döneminin sürekli azaldığını gösterir. Çevrimsel yapılı (sinüs fonksiyonu ile ifade edilen) O-C değişimi, üçüncü bir cismin neden olduğu ışık-zaman etkisi olarak tartışılmıştır. Çiftin O-C verisine fit edilen sinüs eğrisi, sisteme kütleçekimi ile bağlı üçüncü cismin varlığı ile açıklanabilir.

1. Giriş

TU Boo [$\alpha=14^{\text{sa}} 04^{\text{dk}} 59^{\text{s}}$, $\delta=+30^{\circ} 00' 00''$, $m_v \approx 12$ kadir], kısa periyotlu bir W UMa türü sistemdir (P=0,324 gün). İlk olarak Guthnick ve Prager (1926), tarafından bulunan sistem, Schwassmann ve Van Rhijn’in (1947) çalışmaları sonucu G3 tayf türüne ait olduğu belirlenmiştir. Niarchos ve ark. (1982) tarafından B ve V filtrelerindeki ışık eğrileri çözümlenerek modellenen sistemden fotoelektrik parametreler elde edilmiş ve aynı zamanda sistemin aşırı degen bir çift sistem olduğu belirlenmiştir.

Sitemin belirgin dönem değişimini gösterdiği Niarchos ve ark. (1996) tarafından bildirilmiştir. Coughlin J. L. ve ark. (2008) dönem değişimini farklı olası durumlar için incelemişler ve farklı zamanlardaki dönem değişimlerini oluşturacak korunumlu kütle aktarım miktarlarını hesaplamışlardır.

2. Gözlem Verileri ve Yörünge Dönemi Analizi

O-C analizinde kullanılan gözlemsel verinin çoğu Kreiner ve ark. (2001)’ndan alınmış olup yeni minimum zamanlarıyla güncellenmiştir. Ayrıca sistemin Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik Araştırma Merkezi (ÇAAM)’ne bağlı Ulupınar Gözlemevi’nde yapılan gözlemlerinden elde edilen minimum zamanları da analizde kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan minimum zamanlar; üç farklı süzgeçte (BVR) yapılan gözlemlerden, Kwee Van Woerden yöntemiyle (1956) her bir süzgeç için ayrı ayrı bulunan ve ortalamaları alınan değerlerdir. Bu gözlemler sonucunda bulunan minimum zamanlar hatalarıyla birlikte aşağıda verilmiştir:

2456047,49677 \pm 0,00009 (Min I)

2456047.33484 \pm 0,00008 (Min II)

2456055,44235 \pm 0,00010 (Min II)

Sistemin O-C analizi, Zasche, P. ve ark. (2009) tarafından yazılan LITE programı ile yapılmıştır. Analiz sonucu bulunan değerler Çizelge 1’de gösterilmiştir. Sistemin O-C değişimi en iyi olarak bir parabol ve üzerine bindirilmiş bir sinüs değişimiyle ifade edilmiştir. Analiz sonucu bulunan aşağı doğru parabol değişimi için olası açıklama, W UMa sistemler için kütle aktarımı olarak öngörülür. Dönemli değişiminin kaynağı ise sistemde görülemeyen olası bir üçüncü cisim gösterilebilir (Irwin, 1959). TU Boo’nun sinüslü değişiminin kaynağı olarak, sistemde var olan bir üçüncü cisim gösterilebilir.

Kruszewski (1966), Plavec (1968), Rucinsky (1974) ve diğerlerini referans olarak bileşenler arası korunumlu kütle aktarımı ile ilgili şu eşitliği yazabiliriz :

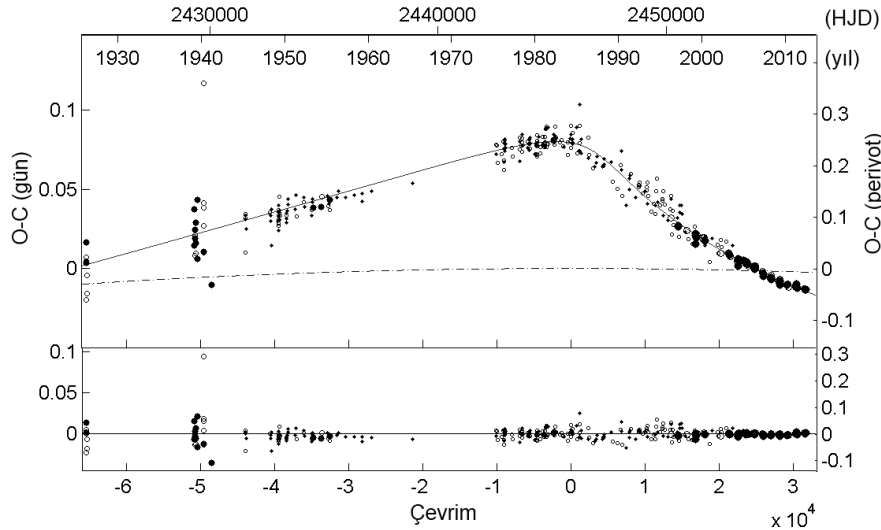
$$\frac{dm}{dt} = \frac{Mq}{3p(1-q^2)} \frac{dp}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

Burada:

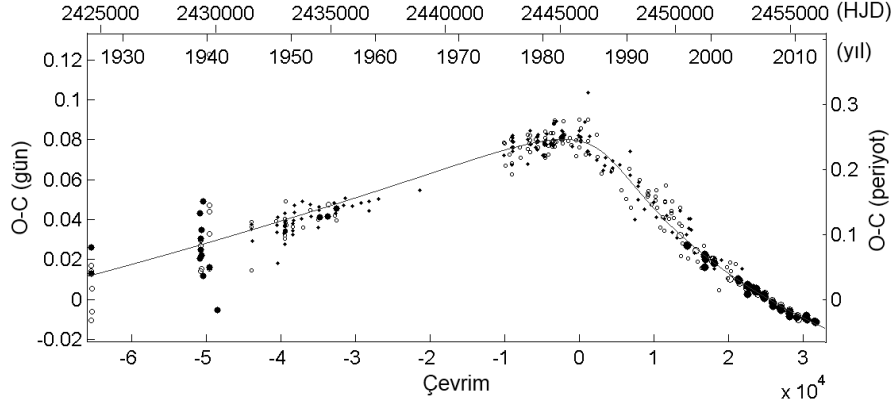
- dp : periyottaki değişim
- M : sistemin toplam kütlesi
- dm : kütledeki toplam değişim

Buradan bulunan negatif değerler büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarımı gerçekleştiğini gösterir.

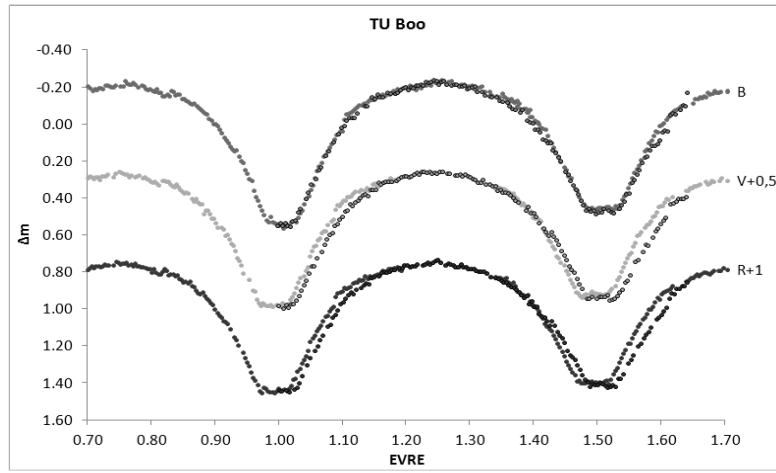
Bu çalışmada sunulan O-C analizi sonuçları ise Çizelge 1’de gösterildiği gibidir. Bulunan değerler TU Boo sisteminin daha önceki çalışma sonuçlarını desteklemekte ve geliştirmektedir.



Şekil 1 O-C analizi sonucunda bulunan parabol (*kesikli çizgiyle gösterilen*) ve bunun üzerine bindirilmiş sinüs fiti (*sürekli çizgiyle gösterilen*). Alt kısımda ise bu kuramsal modelin gözlem noktalarından farkı.



Şekil 2 Parabolden arındırılmış sinüs fiti (düz çizgi) grafiği.



Şekil 3 TU Boo'nun ÇAAM Ulupınar Gözlemevi 40 cm'lik teleskobu gözlemleri ile BVR süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrileri (Nisan-Mayıs 2012).

Çizelge 1 TU Boo'nun O-C yörünge analizi sonuçları

Parametre	Değerler
T_0 (HJD)	$2445816,30454 \pm 0,0190$
P (gün)	$0,324285445779 \pm 0,00000042$
P_3 (gün)	$126245,6935 \pm 0,4313$
P_3 (yıl)	$345,651 \pm 0,001$
T_0 (HJD) _(3. cisim)	$2447122,8340 \pm 605,7567$
A (gün)	$0,080 \pm 0,018$
ω (derece)	$133,420 \pm 16,089$
e (derece) _(3. cisim yörüngesi)	$0,829 \pm 0,047$
Q (gün)	$(-0,0228 \pm 0,0001) \times 10^{-10}$
$\sin i$ (AB)	$23,122 \pm 5,391$
$f(m_3)$	$0,0404 \pm 0,0006$
$M_3(i=90^\circ)$	$0,658 \pm 0,006$
$M_3(i=60^\circ)$	$0,784 \pm 0,007$
$M_3(i=30^\circ)$	$1,617 \pm 0,018$
$\Sigma(res)^2$	0,0786

3. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada seçilen W UMa sistemin son minimum zamanlarının eklenmesiyle dönem analizi yapılmış ve ÇOMÜ Gözlemevi'nde yapılan gözlemlerle ışık eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3). Literatürdeki tüm minimum zamanların O-C diyagramında incelenmesiyle, TU Boo sisteminde bileşenler arasındaki kütle aktarımı sonucunda bir dönem değişimi meydana geldiğini bulunmuştur (bulunan parabolik değişim, Şekil 1). O-C eğrisindeki diğer değişim bir sinüs değişimi ile ifade edilmiştir (Şekil 1 ve 2). Bu çalışmada, on adet iterasyon sonucunda, gözükten bu sinüzoidal değişimin, sisteme kütle çekimi ile dahil olan olası bir üçüncü cismin ışık zaman etkisiyle ortaya çıktığını söyleyebiliriz.

Şekil 1; parabolün üstüne oturtulmuş sinüs fitidir ve büyük kütleli den küçük kütleli bileşene kütle aktarımı ve üçüncü cisme ait ışık zaman etkisini göstermektedir. Bulunan Q değerine karşılık büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene kütle aktarım miktarı, (1) eşitliğinden: $5,35 \times 10^{-9} M_{\odot}$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplama da kullanılan bileşen kütleleri $M_1=1,027 M_{\odot}$ ve $M_2=0.510 M_{\odot}$ değerleri Coughlin J. L. ve ark. (2008)'den alınmıştır. Şeklin alt kısmında ise kuramsal modelin gözlem noktalarından farkı görülmektedir. Şekil 2'de parabolden arındırılmış bir sinüs grafiği, yani sadece üçüncü cismin ışık zaman etkisi gösterilmiştir.

Daha önceki çalışmalarda sistemin ışık eğrisinde O'Connell etkisi görüldüğü halde bizim ışık eğrimizde (Şekil 3) belirgin bir O'Connell etkisi gözlenmemiştir. Ancak Şekil 3'teki ışık eğrilerinden görüldüğü gibi, iki farklı gözlem gününde minimumların iniş ve çıkışlarında belirgin parlaklık farkları gözlenmiştir. Daha önceki çalışmalardan sistemin yüzey manyetik etkinliği nedeniyle aktif olduğu bilindiğinden, bu parlaklık farkları da, yıldız yüzeyinde kendisini yıldız lekeleri olarak gösteren manyetik etkinliğin bir sonucu olarak yorumlanabilir.

4. Kaynaklar

- Coughlin Jeffrey L., Dale Horace A. III, Williamon Richard M., 2008, AJ, 136, 1089C
Coughlin J. L., 2010, arXiv,1004.1395C
Guthnick P., Prager R., 1926, Astron. Nachr., 228, 99
Irwin J. B., 1959, AJ 64, 149
Kaluzny J., Rucinski S. M., 1993, in ASP Conf. Ser. 53, Blue Stragglers (San Francisco, CA: ASP)
Kruszewski A., 1966, Adv. Astron. Astrophys., 4, 233
Kreiner J. M., Kim, C.-H., Nha, I.-S., 2001, *An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars*
Kwee K.K., van Woerden, H., 1956, BAN 12, 327
Lucy L. B., 1968, ApJ, 151, 1123
Lucy L. B. 1976, ApJ, 205, 208
Nakamura Y., Yamasaki A., Kitamura, M., 1984, PASJ, 36, 277
Niarchos P.G. Hoffmann M., Duerbeck H. W., 1996, A&AS, 117, 105N
Plavec M., 1968, Adv. Astron. Astrophys., 6, 202
Rucinski S. M., 1997, AJ, 113, 1112
Rucinski S. M., 2000, AJ, 120, 319
Stepien K., 2006, AcA, 56, 199
Zasche P., Liakos A., Niarchos P., Wolf M., Manimanis V., Gazeas K., 2009, New Astronomy, Volume 14, Issue 2, p. 121-128