

DELTA SCUTİ BİLEŞENLİ BAZI KLASİK ALGOLLERİN YÖRÜNGE DÖNEMİ DEĞİŞİMLERİ

Y. Kaçar^{1,2}, F. Soyduğan^{1,2}, E. Soyduğan^{1,2}, V. Bakış^{1,2}, M.
Tüysüz^{1,2},
T. Şenyüz², A. Dönmez², S. Bilir³, A. Erdem^{1,2}, C. Çiçek^{1,2} and O.
Demircan^{1,2}

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üni., Fen-Edebiyat Fak. Fizik Bölümü

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi

³İstanbul Üniversitesi, Fen Fak., Astronomi ve Uzay Bil. Bölümü
yaseminkacar, fsoydugan, esoydugan, bakisv@comu.edu.tr

Özet

AB Cas, CT Her ve TW Dra uzun dönemli delta scuti bileşenli Algol türü çiftlerin (oEA) tüm minimum zamanları kullanılarak yörünge dönemi değişimleri incelenmiştir. Klasik Algollerin evrim senaryosundan beklendiği üzere; ele alınan üç Algolün O-C diyagramında artan bir parabol üzerine binmiş sinüs eğrisi görülmektedir. Aday sistemlerin yörünge döneminde gözlenen parabolik değişim, küçük kütleli bileşenden delta scuti türü zonklama gösteren büyük kütleli bileşene madde aktarımının bir sonucu olabilir. Çevrimsel/sinüslü değişim ise çift yıldız sisteminde görülemeyen bir üçüncü cismin varlığı nedeniyle oluşan ışık-zaman etkisinin sonucu olabilir. O-C analizinden elde edilen parametreleri kullanarak açısal momentum ve toplam kütle korunumlu olduğu varsayılan tüm sistemler için kütle aktarım oranları tahmin edildi. Bu çalışmada zonklayan bileşenin üzerine kütle transferi olduğu öngörülen sistemlerin ileride yapılacak çalışmalarında, kütle alan bileşenin zonklama dönemi ve genliği değişimleri incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: AB Cas, CT Her, TW Dra, Algol Türü Çift Yıldızlar

Abstract

The long-term orbital period variations of some Algol type binaries with delta scuti component (oEA), AB Cas, CT Her and TW Dra are investigated by using all published times of minima. An upward parabola plus sinusoidal variation is seen in all of these systems' O–C diagrams, as is expected from the evolutionary scenario of classical Algols. Parabolic variations in the orbital periods of AB Cas, CT Her and TW Dra may be a result of mass transfer from less massive component to the more massive one, which is a pulsating component of delta scuti type. An unseen component around the eclipsing pairs may cause cyclic/sinusoidal changes in the orbital periods. Using the parameters obtained from the O–C analysis, the mass-transfer rates are estimated for all systems under the assumption of conservative mass and angular momentum transfer. The possible period and/or amplitude variations of the pulsating components will be investigated, in a future work, since the mass is being transferred onto the pulsating components in these systems.

Key Words: AB Cas, CT Her, TW Dra, Algol Type Variable Stars

1. Giriş

Bu çalışmada, daha önce kütle alan bileşenlerinin zonklama yaptığı belirlenmiş (Soydugan ve diğ. 2006), klasik Algol türü üç sistem, AB Cas, CT Her ve TW Dra'nın yörünge dönem değişimleri araştırılmıştır.

AB Cas ilk keşfedilen ve incelenen, δ Scuti türü zonklama gösteren sıcak bileşene sahip klasik Algol türü çift sistemlerden birisidir. Tempesti (1971) tarafından keşfedilmesinden sonra birçok araştırmacı tarafından ayrıntılı olarak incelendi. Soydugan ve diğ. (2003) ve de Rodriguez ve ark. (2004) tarafından fotometrik olarak gözlemlendi ve baş bileşene ait zonklama döneminin ve genliğinin sırasıyla ~ 1.4 saat ve $\sim 0^m.02$ olduğu belirlendi. O-C diyagramında sistemin yörünge dönemi değişimi gösterdiği açıktır. Soydugan ve diğ. (2003) ve Abedi & Riazi (2007) sistemin O-C değişimlerinin parabolik değişim üzerinde çevrimli bir yapıya sahip olduğunu belirledi.

CT Her (BD +18 3160) görelî olarak kısa dönemli Algol türü çift olarak bilinen bir sistemdir. Sistemin duyarlı bir ışık eğrisi ve dikine hız eğrisi olmamasına rağmen, Kim ve ark. (2004) tarafından δ Scuti türü değişim gösteren sıcak bir bileşene sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Son zamanlarda, Lampens ve ark. (2008) tarafından 3 yıl boyunca ardışık fotometrik gözlemleri yapılarak sistemin çoklu dönemli değişim gösteren bir sıcak bileşene sahip olduğu belirlendi. Diğer taraftan, CT Her'in yörünge dönemi, O-C atlasında (Kreiner et al. 2001) açık bir değişim göstermesine rağmen yörünge değişimi üzerine yapılmış bir çalışma yoktur.

Klasik Algol türü bir çift olan TW Dra ($V=7.^m32$, $P=2.^s807$, HD139319) tayf türleri A5V ve K2-III (Yoon et al. 1994) olan iki yıldızdan oluşan bir sistemdir. TW Dra'nın fotometrik parametrelerini ortaya koymak için literatürde çeşitli ışık eğrisi çözümleri yapılmıştır (örn. Walter 1978, Giuricin et al. 1980). Çift sistem, ADS 9706 görsel çiftinin en parlak bileşenidir. Sistemin dönem değişimi bir çok yazar tarafından çalışılmıştır (örn. Abhyankar ve Panchatsaram 1984, Wolf 1990, ve son olarak Quian & Boonrucksar 2002).

Üç klasik Algol türü dizgenin, literatürden toplanan minimum zamanlarına ilişkin bilgiler ve herbirinin bilinen temel parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Analizde kullanılan sayısal veriler ve seçilen örneklerin sistem özellikleri verilmiştir.

	Sistem	AB Cas	CT Her	TW Dra
Veri Bilgisi	Zaman Aralığı	1928-2007	1858-2007	1931-2008
	Toplam Data	620	189	423
	Minimum türü (MinI, MinII)	619, 1	187, 2	420, 3
	CCD, pe veri sayısı	30,12	17,2	30,58
	V, p, pg veri sayısı	561,6,11	160,3,7	315,20,0
Sistem Bilgisi	Tayf Türü	A3V + KV ¹	A3V + (G3 IV) ⁶	A5 + K0 III ⁷
	Yörünge Dönemi (P - gün)	1.3668753 ²	1.786362 ²	2.8066708 ²
	T ₀ (HJD)	24 46849.282 ²	24 42522.9429 ²	24 23711.926 ²
	i (derece)	88.3 ³	81.5 ⁷	86.1 ⁷
	M ₁ , M ₂ (M _☉)	1.87 ⁴ , 0.38 ⁴	2.05 ⁷ , 0.55 ⁷	1.77, 0.8 ⁷
	R ₁ , R ₂ (R _☉)	1.89 ⁴ , 1.63 ⁴	2.0 ⁷ , 2.25 ⁷	2.4 ⁷ , 0.8 ⁷
	D (pc)	300 ³	-	122 ⁵
	Kaynak	1,2,3,4,5	2,6,7	2,7

1: Rodriguez et al. (1998), 2: Kreiner et al. (2001), 3: Soyduğan et al. (2003), 4: Abedi & Riaz (2007), 5: ESA (1997), 6: Kholopov et al. (1998), 7: Budding et al. (2004)

2. Yörünge Dönemi Değişimleri

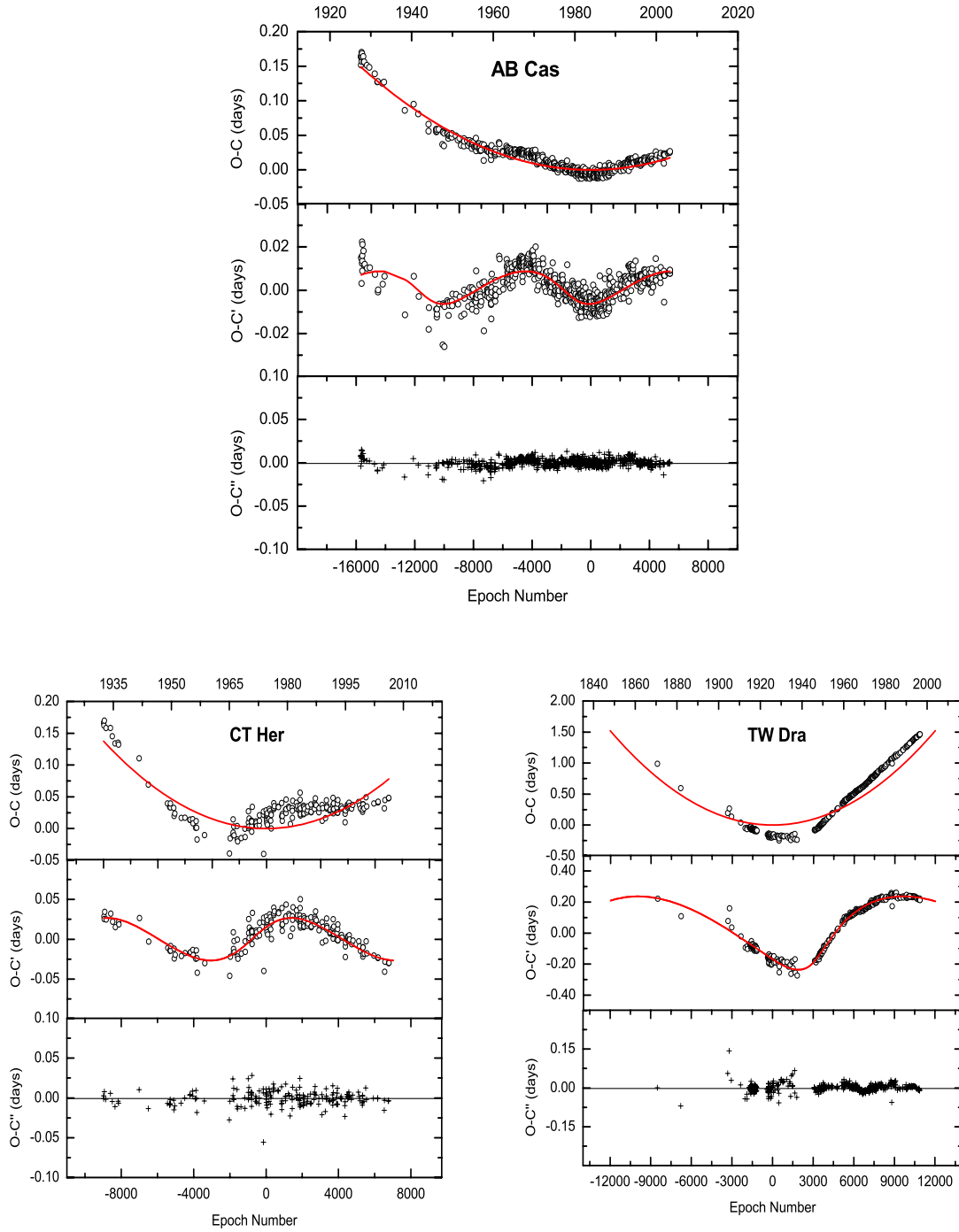
Klasik Algol türü çiftler B-A tayf türünde sıcak bir anakol yıldızı ve F-G-K tayf türlerinde daha soğuk evrimleşmiş bir alt-dev yada dev bileşenden oluşmaktadır. Bu sistemler için kütle aktarımı, evrimlerinden de beklenildiği gibi daha az kütleli ikinci bileşenden daha büyük kütleli birinci bileşene doğrudur. Bu durumda, kütle alan bileşen etrafındaki yığılma diski ve kütle akışının işaretleri, tayfsal verilere dayanan çoğu çalışmada ortaya çıkarılmıştır. Eğer kütle aktarımı varsa klasik Algollerin yörünge dönemi artma göstermelidir. O-C değişimlerinin parabolik terimi kullanılarak kütle aktarım oranı belirlenebilir. Diğer taraftan, birçok çalışmada Algollerin %50'sinin çevrimsel yörünge değişimi gösterdiği açıkça görülmüştür (Soyduğan 2008). Örtün çiftlerin O-C diyagramlarında, ışık-zaman etkisi (LITE) çevrimsel bir değişim gibi görülebilir ve bu değişim, birçok araştırmacı tarafından, çiftin etrafında görülmeyen bileşenin varlığına ilişkin kanıt elde etmek için kullanılır. Eğer yeterince iyi belirlenmiş minimum zamanı varsa ve zamana yayılmış ise, yöntem O-C verisine kolayca uygulanabilir. Daha soğuk aktif yıldızın manyetik aktivite çevrimi de O-C diyagramındaki değişimleri açıklamak için kullanılır (Applegate 1992). Bu çalışmada, AB Cas, CT Her ve TW Dra, O-C diyagramlarında parabolik ve çevrimsel değişimler göstermektedir (bkz Şekil 1). Bu nedenle, artan parabol üzerindeki çevrimsel değişimleri LITE ile modellemek için aşağıdaki denklem (1) kullanıldı. Standart hataları ile birlikte LITE parametrelerini elde etmek diferansiyel düzeltme yöntemi kullanılmış (ayrıntı için bakınız Soyduğan 2008) ve sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

$$\text{Min I} = T_0 + E \times P + \Delta t, \quad \Delta t = \frac{a_{12} \sin i'}{c} \left\{ \frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos v'} \sin(v' + \omega') + e' \cos \omega' \right\}. \quad (1)$$

Çizelge 2. Üç klasik Algol türü sistemin yörünge dönemi analizlerinin sonuçları parantez içindeki hataları ile birlikte verilmektedir.

Sistem	AB Cas	CT Her	TW Dra
T_0 (HJD)	24 46849.2724 (5)	24 42522.913 (2)	24 23711.491 (76)
$P_{\text{yör}}$ (d)	1.36688257 (3)	1.7863712 (1)	2.806658 (2)
Q (gün)	$6.1(1) \times 10^{-10}$	$1.70(3) \times 10^{-9}$	$1.1(1) \times 10^{-8}$
a_{12} Sini (AB)	1.34 (3)	4.7 (2)	44 (13)
e	0.26 (4)	0.20 (4)	0.50 (9)
ω (derece)	217 (8)	5 (15)	316 (4)
T (HJD)	24 31521 (329)	24 41267 (779)	24 32446 (40)
P_{12} (yıl)	37.2 (3)	49.6 (5)	151 (5)
$f(m_3)$ (M_{\odot})	0.0017 (2)	0.043 (5)	3.74 (5)
m_3 (M_{\odot}); $i=90^{\circ}$	0.25	0.26	4.99
m_3 (M_{\odot}); $i=60^{\circ}$	0.29	0.31	7.04
K_{12} (km s^{-1})	1.15	2.95	11.6
$\rho_{\text{min}}, \rho_{\text{max}}$ (")	0.026-0.045	-	0.05-0.16
dM/dt ($M_{\odot}/\text{yıl}$)	3.8×10^{-8}	9.8×10^{-8}	5.1×10^{-7}

Başlıca Lubow & Shu (1975) tarafından yayınlanan kuramsal çalışmalar kullanılarak, akan maddenin kütle alan bileşen etrafında bir yığılma diski oluşturup oluşturmayacağı yada sıcak bileşenin yüzeyi üzerine çarpıp çarpmayacağı hesaplanabilir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi, AB Cas, CT Her ve TW Dra gibi kısa dönemli Algoller ($P_{\text{yör}} < 5-6$ gün), sıcak bileşen etrafında kararlı bir disk oluşturamaz fakat yörüngenin özel bir evresinde (yaklaşık 0.9 evre yakınlarında) maddeyi biriktirebilir ve/veya akan madde bu bileşen etrafında ince bir yığılma halkası oluşturabilir. Diğer taraftan, r_1 -q diyagramı (bkz Şekil 3), kütle toplanması konusunda kuramsal öngörude bulunmamıza yardımcı olur. Seçtiğimiz üç aday sistem, r_1 -q diyagramının en üst bölgesinde yer alan, görel olarak kısa-dönemli ve yığılma diskinin oluşamayacağı fakat zonklayan bileşen etrafında kararsız bir yığılma alanının görülebileceği dizgelerdir.



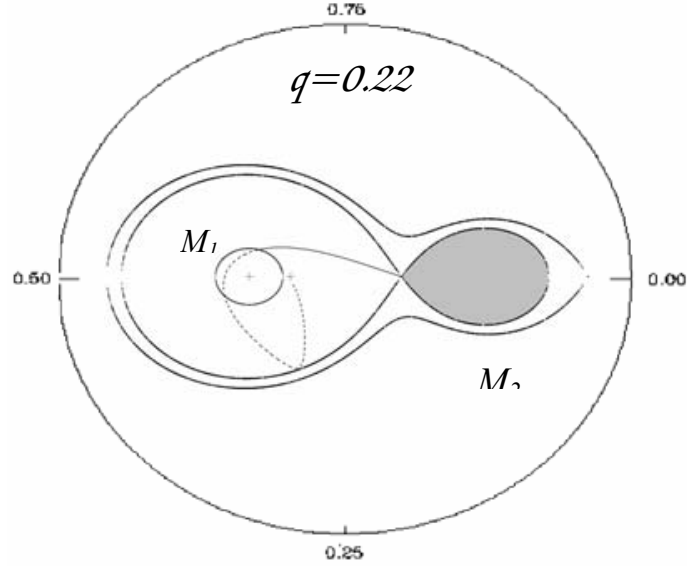
Şekil 1. AB Cas, CT Her ve TW Dra için, O-C artıkları ve üzerinden geçirilen kuramsal eğrileri gösterilmiştir. Şekilde üst panel O-C eğrisinin kuramsal eğrilerle birlikte parabolik+dönemli değişimini, orta bölüm yine kuramsal LITE eğrisiyle dönemli değişimi ve alttaki panel ise kuramsal eğriden kalan artıkları göstermektedir.

3. Sonuçlar

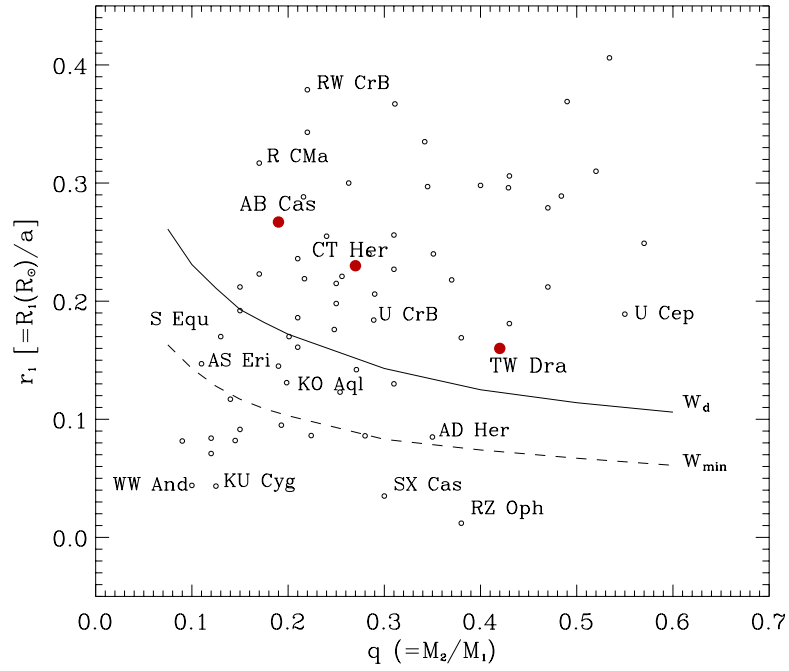
Bu çalışmada, üç oEA türü çift için yörünge dönemi değişimlerini incelendi ve bütün sistemlerde yörünge döneminin AB Cas, CT Her ve TW Dra için sırasıyla 2.8, 6.0 ve 24.7 s/yüzyıl oranlarında arttığını bulundu. Artan yörünge dönemi, daha soğuk küçük kütleli ve Roche lobunu doldurmuş bileşenden büyük kütleli ve zonklayan bileşene kütle aktarımının bir sonucudur. AB Cas, CT Her ve TW Dra'nın hesaplanan kütle aktarım oranları sırasıyla 4×10^{-8} , 1×10^{-7} ve $5 \times 10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Seçilen sistemlerin görelî olarak kısa dönemli olmasından dolayı, bileşenler arası uzaklık küçüktür ve bu durum, uzun dönemli ($P > 5-6$ gün) sistemlerden beklendiği gibi yığılma diskinin oluşumuna izin vermez (bkz Şekil 2 ve 3).

Özellikle birinci bileşenin zonklamasından kaynaklanan değişim genliğinin, bileşenin yüzeyine doğru olan kütle aktarımının durması, aktarılan oranın çok azalması/artması ve/veya bileşen etrafında oluşan ince disk veya halkadan dolayı değişmesi beklenir. Bu etki, ilk kez RZ Cas'ın zonklama özelliklerini belirlemek için yapılan uzun süreli gözlemlerde ortaya konulmuştur (Mkrtichian et al. 2007). Bu nedenle, AB Cas, CT Her ve TW Dra'nın O-C analizleri kütle aktarımı olması gerektiğini öngördüğünden, bu aşamadan sonra yapılacak gözlemleri zonklama davranışlarını ve hatta buna bağlı olarak kütle aktarımındaki değişimleri ortaya koymak için sürdürülmelidir.

Çalışılan bu oEA türü sistemlerin O-C verileri, örten çiftin etrafında olası görünmeyen üçüncü bileşenin varlığından kaynaklanabilecek çevrimsel bir değişim (parabol üzerinde) gösterir. Üçüncü cisim için olası en küçük kütleler AB Cas, CT Her ve TW Dra için sırasıyla 0.25, 0.26 ve 4.99 M_{\odot} olarak bulunmuştur olup özellikle TW Dra için üçüncü cismin varlığı fotometrik, astrometrik ve tayfsal verilerde kolayca araştırılabilir görünmektedir.



Şekil 2. Kısa-dönemli klasik Algollerde, Roche modeli ve $q=0.22$ için Lubow ve Su (1975) modeline göre hesaplanmış akan maddenin yolu görülmektedir (Soydugan et al. 2007).



Şekil 3. Klasik Algoller için r_1 - q diyagramı ve bu çalışmada yer alan sistemlerin bu diyagramdaki konumları görülmektedir.

Teşekkür.

Bu çalışma, 107T634 nolu TÜBİTAK Kariyer Projesi ile desteklemiştir. Aday yıldızlar için verileri bize sağlayan Dr. C.-H. Kim ve Dr. J.M. Kreiner'e teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Abedi, A. ve Riazi, N., 2007, *Ap&SS* 307, 409
Abhyankar, K. D. ve Panchatsaram, T., 1984, *MNRAS* 211, 75
Applegate, J.H., 1992, *ApJ* 385, 621
Budding, E., Erdem, A., Çiçek, C., Bulut, I., Soyduğan, F., Soyduğan, E., Bakiş, V., Demircan, O., 2004, *A&A* 417, 263
ESA, 1997, *Hipparcos and Tycho Catalogue*, ESA-SP 1200
Giuricin, G., Mardirossian, F. ve Predolin, F., 1980, *Ap&SS* 73, 389
Irwin, J.B., 1959, *AJ* 64, 149
Kim, S.L., Koo, J.-R., Lee, J. A., Kang, Y. B., Choo, K. J., Mkrtychian, D. E., Kim, S.-H., Lee, D. J., Lee, J. W., 2004, *IBVS*, 5537
Kholopov, P.N., Samus, N. N., Frolov, M. S., Goranskij, V. P., Gorynya, N. A., Karitskaya, E. A., Kazarovets, E. V., Kireeva, N. N., Kukarkina, N. P., Kurochkin, N. E., Medvedeva, G. I., Pastukhova, E. N., Perova, N. B., Rastorguev, A. S., Shugarov, S. Y., 1998, *GCVS* 4
Kreiner, J.M. Kim, C-H., Nha, Il-S., 2001, *O-C Atlas of EBs*, Krakow
Lampens, P., Strigachev, A., Kim, S.-L., Rodríguez, E., López-González, M. J., Vidal-Saínz, J., Mkrtychian, D., Litvinenko, D., van Cauteren, P., Wils, P., Gómez Forellad, J. M., 2008, *CoAst* 153, 54
Lubow, S.H. ve Shu, F.H., 1975, *ApJ* 198, 383
Mkrtychian, D. Kim, S.-L., Rodríguez, E., Olson, E. C., Nazarenko, V., Gamarova, A. Yu., Kusakin, A. V., Lehmann, H., Lee, J. W., Kang, Y. W., 2007, *ASP Conf. Ser. Vol.370*, 194
Qian, S. B., Boonruksar, S., 2002, *NewA* 7, 435
Rodríguez, E., Claret, A., Sedano, J. L., Garcia, J. M., Garrido, R., 1998, *A&A* 340, 196
Soyduğan, E. Demircan, O., Akan, M. C., Soyduğan, F., 2003, *AJ* 126, 1933
Soyduğan, F., Demircan, O., Soyduğan, E., İbanoğlu, C., 2003, *AJ* 126, 393
Soyduğan, F. Frasca, A., Soyduğan, E., Catalano, S., Demircan, O.; İbanoğlu, C., 2007, *MNRAS* 379, 1533
Soyduğan, F., 2008, *AN* 329, 587
Tempesti, P., 1971, *IBVS*, 596
Walter, K., 1978, *A&AS* 32, 57
Wolf, W., 1990, *JAVSO* 19, 17
Yoon, T.S. Honeycutt, R. K., Kaitchuck, R. H., Schlegel, E. M., 1994, *PASP* 106, 239