

# TT HER ÇİFT SİSTEMİNİN DÖNEM DEĞİŞİMİ

Taner TANRIVERDİ<sup>1</sup>, Selim O. SELAM<sup>1</sup>, Berahitdin ALBAYRAK<sup>1</sup>

## Özet

Bu çalışmada TT Her'in, Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde yeni gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanları ve yayınlanmış tüm minimum zamanları birleştirilerek ayrıntılı bir dönem analizi yapılmıştır. O-C eğrisinin karakteri azalan parabolik bir değişim üzerine binmiş çevrimsel bir değişim göstermektedir. Sistemin O-C eğrisindeki parabolik değişim sistemdeki kütle transferi/kaybı nedeniyle olabilir. Sistemin döneminde izlenen çevrimsel değişimin nedeni ise, sisteme bağlı üçüncü bir cismin yarattığı ışık zaman etkisi veya baş bileşenin çevrimli manyetik etkinliği olarak yorumlanmıştır.

*Anahtar Kelimeler:* çift yıldızlar: yakın çift yıldızlar, çift yıldızlar: örten çift yıldızlar, TT Her

## Abstract

In this study a detailed period analysis of TT Her was performed by using the new times of minima calculated from the observations obtained at Ankara University Observatory and all other times of minima published in the literature. O-C curve shows a cyclic variation superimposed on a quadratic variation. The quadratic variation may result from mass exchange/loss mechanism in the system. The reason for the cyclic variation can be either the light time effect of a gravitationally bound third body or magnetic activity of the primary component of the system.

*Keywords:* binaries: close, binaries: eclipsing, TT Her

## 1. Giriş

TT Her'in ışık değişimi gösterdiği ilk olarak Harvard fotoğrafik plakları kullanılarak Pickering [1,2] tarafından keşfedildi. Pickering bu çalışmasında sistemin fotoğrafik parlaklığını  $10^m.0$  ve ışık değişim genliğini ise  $0^m.8$  olarak belirledi. Kısa süre sonra Luizet [3] sistemin ilk gözlemlerini yaparak, 20.755 gün dönemli Algol türü bir değişen olduğunu ileri sürdü. Daha sonra McLaughlin [4,5,6,7] yaptığı bir dizi gözlemden faydalanarak 0.91207 gün yörünge dönemli  $\beta$  Lyrae türü örten değişen olduğunu iddia etti. Bazı araştırmacılar ilave gözlemler yaparak yeni minimum zamanı ve dönem değerleri buldular [8,9,10,11,12,13]. Tsesevich [14] TT Her'in döneminin değiştiğini buldu. Sanford [15] ilk defa sistemin baş bileşenine ait dikine hız eğrisini elde ederek, tayfsal yörünge elemanlarını belirledi. Ayrıca, baş bileşenin tayf türünü A0 olarak belirledi ve dört tayfta yoldaşa ait tayfsal çizgilerin varlığına rastladı. Sistemin fotoelektrik ışık eğrisi birçok araştırmacı [16,17,18,19] tarafından elde edildi. Modellemelerde büyük sıcaklık farkının açıklanamayışı nedeniyle ve ışık eğrisi

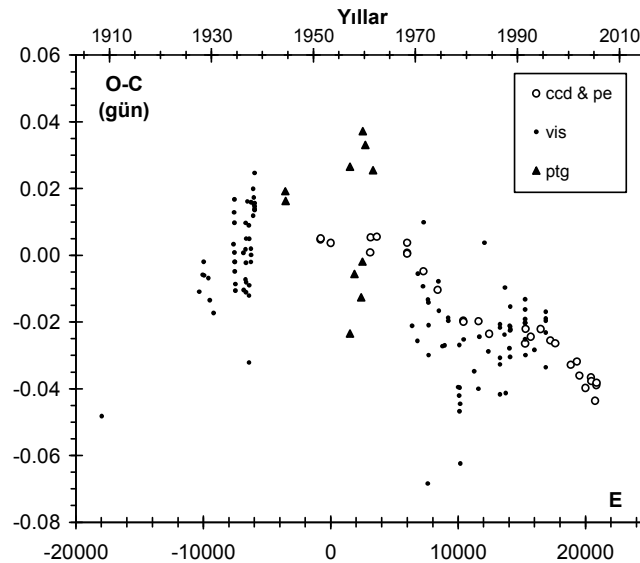
<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi Gözlemevi, 06837, Ahlatlıbel, Ankara  
Tel 3126720/1271, Fax 3122232395, taner@astrol.science.ankara.edu.tr

modellerinin yetersiz olmasından dolayı, sistemin ışık eğrisi çözülemedi [17,20,21]. Burchi vd. [19] ve Kwee ve van Genderen [20] ayrıca dönemin azaldığını iddia ettiler ve sistemin dönemindeki azalmanın kütle aktarımı nedeniyle olabileceğini söylediler [20]. Lipari ve Sistero [22] kısa dönemli degen veya değmeye yakın çiftlerde ( $P_{yör} < 1.0$  gün) ısısal ayrılmanın derecesini çalıştı ve TT Her gibi ısısal ayrılmanın fazla olduğu sistemlerin, yarı-ayrık, değmeye yakın çift sistemler olarak dikkate alınmaları gerektiğini söylediler. Daha sonra Milano vd. [22] Wilson-Devinney ışık eğrisi analiz programını [23] kullanarak fotoelektrik ışık eğrilerinin eşzamanlı çözümlerini yaptı. Milano vd. [22] sistemin dönem değişimi hakkında da çalışmalar yaptı. O-C eğrisinde izlenen parabolik değişimin, baş bileşenden yoldaşa  $\Delta M = 1.0 \times 10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$  mertebesinde bir kütle aktarımından kaynaklanabileceği söylediler.

## 2. Gözlemler ve (O-C) Değişimi

Gözlemler Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde yapıldı ve minimum zamanı gözlemleri 9 Temmuz 2004, 27 Haziran ve 7 Temmuz 2005 tarihlerinde elde edildi. Sırasıyla BD +17° 3118 ve BD +17° 3119 mukayese ve denet yıldızı olarak kullanıldı. Minimum zamanları Kwee ve van Woerden [24] metodu ile hesaplandı. TT Her'in 103 görsel, 10 fotoğrafik, 30 fotoelektrik ve ccd olmak üzere 153 minimum zamanı toplandı. Minimum zamanları 1908 yılından 2005 yılına kadar olan 97 yıllık bir zaman aralığını kapsamaktadır.

Bu çalışmada ele alınan minimum zamanları için oluşturulan O-C diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. bağlı değişimi. Görsel ve fotoğrafik veriler gösterdikleri aşırı saçılma nedeniyle analizler sırasında dikkate alınmamıştır. Bu nedenle analizlerde değerlendirilen veriler, 55 yıllık bir zaman aralığını kapsamaktadır. Sistemin döneminin azaldığı, O-C diyagramında izlenen parabolik değişimin karakterinden görülmektedir (bkz Şekil 2a). O-C diyagramına yapılan parabolik yaklaşımdan kalan artıkların ise çevrimsel bir değişim gösterdiği görülmektedir (bkz. Şekil 2b). Kısacası O-C değişim karakteri parabolik bir değişim üzerine binmiş çevrimsel bir yapı içermektedir. Yapılan fit denemelerinde artık karelerinin toplamı, sadece, parabol ve parabol + çevrimsel değişim için sırasıyla 0.00119 gün<sup>2</sup> ve 0.00014 gün<sup>2</sup> mertebesinde. Artık karelerinin toplam değerinin, çevrimsel değişimi de dikkate aldığımız zaman önemli ölçüde azaldığını görmekteyiz. Bu nedenle O-C eğrisinde parabolik değişimin yanı sıra çevrimsel bir değişimin de olduğunu rahatlıkla söyleyebiliriz.



Şekil 1. TT Her'in yayınlanmış tüm minimum zamanları ile oluşturulan O-C grafiği.

O-C eğrisi son yıllardaki minimum zamanları da dikkate alındığında iki maksimum ve bir minimum içeren çevrimsel bir değişimi de içermektedir (Şekil 2b). Bu durum Milano vd. [22] tarafından yapılan çalışmada kullanılan verinin zaman aralığının yeterli olmaması nedeniyle fark edilememiştir. Milano vd. [22]'un yaptığı çalışmadan yirmi altı yıl sonraki minimum zamanları da içeren O-C diyagramı bu ilave değişimi ortaya çıkarmıştır. Sisteme çekimsel olarak bağlı üçüncü bir cismin var olduğu varsayımı ile Irwin [25]'un ışık zaman etkisi için vermiş olduğu aşağıdaki bağıntı kullanılarak ışık zaman etkisine bağlı çözümler elde edildi [26] ve kuramsal O-C eğrisi Şekil 2b'de ve sonuçları analiz sonucu elde edilen parametreler ise Çizelge 1'de verildi.

$$(O-C) = O - [T_0 - P_{yör} \times E + \frac{1}{2} \frac{dP}{dE} \times E^2 + \frac{A}{\sqrt{1 - e'^2 \cos^2 w'}} \left\{ \frac{1 - e'^2}{1 + e' \cos v'} \sin(v' + w') + e' \sin w' \right\}] \quad (1)$$

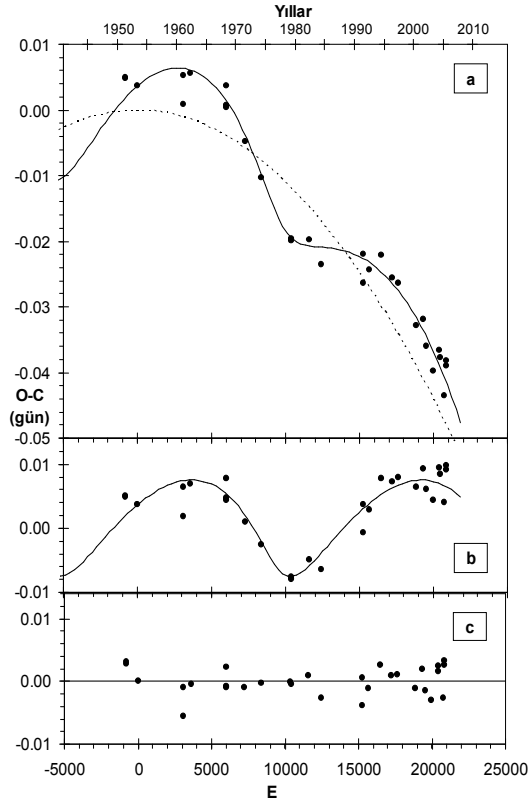
burada

$$A = \frac{a_{12} \sin i' \sqrt{1 - e'^2 \cos^2 w'}}{2.590 \times 10^{10}}$$

$A$  gün kesrinde çevrimsel değişimin yarı genliği,  $a_{12}$ ,  $e'$ ,  $i'$ ,  $w'$  parametreleri ise yakın çiftin üçüncü cisimle oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin sırasıyla yarı-büyük eksen uzunluğu, dış merkezliği, eğimi ve enberi noktasının boylamıdır.  $v'$  gerçek anomali,  $2.590 \times 10^{10}$  ise km/gün biriminde ışık hızının değeridir.  $E$ ,  $P_{yör}$ ,  $T_0$  ve  $dP/dE$  ise yakın çift sistem için sırasıyla çevrim sayısı, yörünge dönemi, başlangıç minimum zamanı ve dönem değişim miktarıdır.  $T'$  ve  $P_{12}$  ise üçüncü cisim yörüngesi için enberi noktasından geçiş anı ve yörünge dönemidir. Bu parametrelerin hataları ters-problem çözme yöntemine dayalı doğrusal olmayan en küçük kareler yaklaşımı ile elde edilmiştir. Bu yöntem her bir gözlem noktasının gürültüsünü ve fit edilmiş parametrelerin birbirleriyle muhtemel korelasyonlarını dikkate almamaktadır. Bu nedenle parametreler için Çizelge 1'de verilen standart hata değerleri olması gerekenden daha küçük olabilir. Bu parametreler Şekil 2b'de kalın çizgiyle gösterilen kuramsal O-C eğrisini elde etmek için kullanılmıştır. 1. denklemden elde edilen artıkların en küçük karelerinin toplamı  $\sum (O - C)^2 = 0.00014$  gün<sup>2</sup> 'dir ve tüm kuramsal yaklaşımdan (parabol +sinüs eğrisi) artıklar ise Şekil 2c'de görülmektedir.

**Çizelge 1.** TT Her sistemine bağlı olası üçüncü cisim için hesaplanmış büyüklükler ve hataları.

Parametre	Değeri	Standart Hatası
$T_0$ [HJD]	2434525.25261	0.00044
$P_{yör}$ [gün]	0.912080045	0.00000011
$dP/dE$ [gün/çevrim]	$-2.21 \times 10^{-10}$	$0.06 \times 10^{-10}$
$a_{12} \sin i'$ [AB]	1.332	0.041
$e'$	0.41	0.03
$w'$ [°]	235.0	2.2
$T'$ [HJD]	2457365.0	38.9
$P_{12}$ [yıl]	38.84	0.18
$A$ [gün]	0.0075	0.0002
$f(m_3)$ [ $M_{\odot}$ ]	0.00157	0.00013



Şekil 2. TT Her'in fotoelektrik ve ccd minimum zamanları için oluşturulan O-C diyagramı, yapılan kuramsal yaklaşımlar ve bunlardan kalan artıklar.

### 3.Sonuç ve Tartışma

TT Her için yapılan O-C analizi sonucunda sistemin yörünge döneminde tekdüze azalan bir karakterin yanı sıra, çevrimsel bir değişim karakterine de sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Işık elemanlarındaki kareli terimle temsil edilen seküler karakter yörünge dönemindeki azalmaya karşılık gelmektedir ve  $dp/dt = -8.83 \times 10^{-8}$  gün yıl<sup>-1</sup> mertebesinde bir dönem azalmasını işaret etmektedir. Bu durumun bileşenler arası kütle transferi ve/veya sistemden kütle kaybının bir sonucu olarak ortaya çıktığı düşünülebilir. Bileşenler arasında korunumlu bir kütle aktarımı olduğu kabul edilirse, kütle transferinin yönü büyük kütleli bileşenden küçük kütleli bileşene doğru ve  $dM/dt = 3.89 \times 10^{-8} M_{\odot}$  yıl<sup>-1</sup> mertebesinde olmalıdır. Bileşenlerin kütleleri  $M_1 = 1.56M_{\odot}$  ve  $M_2 = 0.68 M_{\odot}$ 'dir. Kütle oranı ise  $q = 0.436$ 'dır. Sistemin kütle oranındaki değişim oranı ise  $dq/dt = 3.58 \times 10^{-8}$  yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır [27].

O-C diyagramında izlenen çevrimsel değişimin üçüncü bir cisimden kaynaklandığı varsayımı altında üçüncü cismin yörünge dönemi  $38.84 \pm 0.18$  yıldır. Üçüncü cismin çiftin kütle merkezine olan uzaklığı ise  $1.332 \pm 0.041$  AB ve kütle fonksiyonu ise  $f(m_3) = 0.0016 \pm 0.0001 M_{\odot}$ 'dir. Eğer üçüncü cismin çift ile aynı düzlemde hareket ettiğini kabul edersek ( $i' = i = 82.31^{\circ}$ ), üçüncü cismin kütlesi  $0.21 \pm 0.01 M_{\odot}$ 'dir. Keplerin üçüncü yasasına göre yörünge yarı büyük eksen uzunluğu  $15.790 \pm 0.022$  AB. Buna göre TT Her'in  $d = 558.7 \pm 231.9$  parsek [28] uzaklığından üçüncü cismin yakın çiftten maksimum açısal ayrıklığı  $0''.028 \pm 0.020$ 'dir. Demircan ve Kahraman [29] tarafından verilen kütle parlaklık bağıntısını da kullanarak üçüncü cismin mutlak parlaklığı  $M_{bol} = 10^m.3 \pm 0.1$  olarak hesaplanmıştır ve bu parlaklık çift sistemin parlaklığından  $8^m.6$  daha sönüktür. Kısacası üçüncü cisim mevcut gözlemsel tekniklerle fark edilemeyecek kadar sönüktür. Bu nedenle kuramsal üçüncü cisim farklı gözlemsel tekniklerin belirleme limitlerinin çok altında kalmaktadır ve M tayf türü bir cüce yıldız olabilir.

Bileşeni geç tayf türünden olan yakın çift yıldızlar manyetik olarak aktiftirler. Bu tür yıldızların baş bileşenleri bu aktivitenin seviyesinde baskındır. Çift sistemdeki bir bileşenin aktivite seviyesindeki çevrimsel herhangi bir değişimin yörünge döneminde de çevrimsel bir değişime neden olması mümkündür. Manyetik aktivite çevriminin çift sistemin yörünge dönemine etkisinin temelinde eşdönme vardır. Bir başka deyişle çift yıldız bileşenlerinin manyetik aktiviteleri nedeniyle eksenleri etrafındaki dönmelerinde oluşan değişimler yörünge döneminde de salınımlara neden olacaktır [30]. Bu nedenle TT Her'in O-C değişimindeki kütle aktarımından arta kalan çevrimsel değişime alternatif bir yaklaşım olarak manyetik aktivite etkisi de düşünüldü. Applegate [30]' in kuramsal yaklaşımı kullanılarak, aktivitenin çevrim uzunluğu  $P_{\text{cev}} = 38.84$  yıl, çevrimsel dönem değişiminin genliği  $\Delta P = 0.262$  sn  $\text{cev}^{-1}$ , yörünge döneminde gözlenen çevrimsel etkiyi oluşturacak açısal momentum transfer miktarını  $\Delta J = -2.83 \times 10^{47}$  g  $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$  olarak hesapladık. Bu düzeyde momentum transferi için gerekli enerji  $\Delta E = 3.01 \times 10^{40}$  erg ve buna karşılık gelen ışınım gücündeki değişim  $\Delta L = 7.72 \times 10^{31}$  erg  $\text{s}^{-1}$  ve buna karşılık gelen parlaklıktaki değişim ise  $\Delta m = 0^m.002$ , olmalıdır. Bu kabuller altında baş bileşenin yüzey manyetik alanı  $B = 3.2$  kG olmaktadır.

Applegate [30]' e göre i) uzun dönemli ışık değişimi ve O-C eğrisi aynı çevrim uzunluğa sahip olmalı. ii) birinde izlenen ekstremum noktası diğerindeki ile çakışmalıdır. iii) aktif yıldızın parlaklığı arttıkça sistemin rengi daha mavi olmalıdır. TT Her'in parlaklık değişimini görebileceğimiz yeterince doğru ve uzun dönemli fotometrik gözlemler mevcut değildir. Fakat TT Her'in ışık eğrisinde bazı düzensiz değişimlerden literatürde bahsedilmektedir [18]. Bu nedenle sistemin bir manyetik aktivite çevrimine sahip olup olmadığını ortaya koyacak, uzun dönemli fotometrik gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

O-C diyagramında gözlenen çevrimsel değişime neden olan mekanizmanın ayırt edilebilmesi oldukça önemlidir. O-C diyagramlarında ışık zaman etkisinin, manyetik etkinlik çevriminden daha düzenli dönemlilikler göstermesi beklenir. Güneş'teki manyetik aktivite çevrimini ve kromosferik aktif yıldızlardakini karşılaştıracak olursak, manyetik aktivitenin çevrim dönemi ve genliği bir çevrimden diğerine değişim göstermektedir. Bu nedenle manyetik aktivite çevrimi yarı-dönemli bir değişim göstermelidir. Gözlemsel verilerin kısa zaman aralığında olması nedeniyle TT Her'in O-C diyagramındaki çevrimsel değişime neden olan mekanizma tam olarak ayırt edilememektedir. Ancak uzun dönemli gözlemler bu duruma bir açıklık getirmemize olanak sağlayacaktır.

#### Kaynaklar

- [1] Pickering, E. C. (1907a), "15 New Variable Stars in Harvard Maps, Nos. 15, 18, and 27". Harvard Circ., 133, 1
- [2] Pickering, E. C. (1907b), "15 New variable stars in Harvard Maps", Nos. 15, 18 and 27, AN, 176, 297
- [3] Luizet, M., (1910), "Eléments provisoires de l'étoile variable 176.1907 Herculis (BD + 17°31'17)", AN, 183, 223
- [4] McLaughlin, D. B. (1927), "Some statistics of the eclipsing binaries", AJ, 38, 45
- [5] McLaughlin, D. B. (1928), "Note on two variable stars", AJ, 38, 175
- [6] McLaughlin, D. B. (1929a), "Notes on eclipsing variables", AJ, 39, 85
- [7] McLaughlin, D. B. (1929b), "Note on the period of TT Herculis", AJ, 40, 15
- [8] Kordylewski, K. (1930a), SAC, 8, 72
- [9] Kordylewski, K. (1930b), Cracow Circ., 26, 3
- [10] Lause, F., (1935), "Beobachtungen von Bedeckungsveränderlichen III", AN, 254, 373
- [11] Lause, F., (1938), "Beobachtungen von Bedeckungsveränderlichen XI", AN, 266, 17
- [12] Tsesevich, V. P. (1946), Astron. Circ. U.S.S.R., No.48, 8
- [13] Tsesevich, V. P. (1954), Publ. Odessa Obs., 4, 64
- [14] Tsesevich, V. P. (1957), Peremennye Zvezdy, 11, 410
- [15] Sanford, R. E. (1937), "Spectrographic Orbits of Five Faint Variable Stars", ApJ, 86, 153
- [16] Hogg, A. R., & Kron, G. E. (1955), "Photoelectric light-curves of the eclipsing star TT Her" AJ, 60, 100
- [17] van Genderen, A. M. (1962), "Discussion of photo-electric observations in blue light of the eclipsing variable TT herculis made by G. Westerhout and W.N. Brouw", BAN, 16, 151

- [18] Landolt, A. U., (1968), "*Photoelectric light elements for the eclipsing variable TT Her.*" *AJ*, 73, 705
- [19] Burchi, R., Dipaolantonio, A., Mancuso, S., Milano, L., & Vittone A. (1982), "*Three colour photoelectric observations of the eclipsing binary TT HER*" *A&AS*, 49, 129
- [20] Kwee, K. K., & van Genderen A. M. (1983), "*Photometric observations and elements of the eclipsing binary TT Herculis*", *A&A*, 126, 94
- [21] Lipari, S. L., & Sistero R. F., (1988), "*A note on thermally decoupled W Ursae Majoris systems*", *PASP*, 100, 377
- [22] Milano, L., Barone, F., Mancuso, S., Russo, G., & Vittone A. (1989), "*Search for contact systems among EB-type binaries. I - TT Herculis*", *A&A*, 210, 181
- [23] Wilson, R. E., Devinney, E. J. (1971), "*Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni*" *ApJ*, 166, 605
- [24] Kwee, K. K., & van Woerden, H. (1956), "*A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable*", *BAN*, 12, 327
- [25] Irwin, J. B. (1952), "*The Determination of a Light-Time Orbit.*", *ApJ*, 116, 211.
- [26] Ak, T., Albayrak, B., Selam, S. O., Tanriverdi, T. (2004), "*A new light-time effect study of TX Herculis*" *New Astronomy*", 9, 265
- [27] Yang, Y., Liu, Q. (2003), "*An abnormal radiant luminosity of the contact binary GZ Andromedae and its possible explanation*", *A&A*, 401, 631
- [28] ESA (1997), "*Hipparcos and Tycho Catalogs*", *SP-1200*
- [29] Demircan, O., Kahraman, G. (1991), "*Stellar mass-luminosity and mass-radius relations*" *Ap&SS*, 181, 313.
- [30] Applegate, J.H. (1992), "*A mechanism for orbital period modulation in close binaries*" *ApJ*, 385, 621