

HS Herculis Örtün Çift Yıldızının Dönem Analizi

Tolga Çolak¹, Zekeriya Müyesseroğlu¹

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

Özet: HS Herculis, 1.637 gün dönemli, Algol türü ışık eğrisi gösteren ayrık bir örtün çift yıldız sistemidir. Çiftin dönem değişimi pek çok araştırmacı tarafından çalışılmış ve değişimi oluşturan mekanizma için ışık-zaman etkisi, eksen dönmesi veya her iki etkinin birleşimi önerilmiştir. Bu çalışmada, HS Her'in literatürdeki minimumlarına Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde 2002-2003 yıllarında elde edilen beş adet minimum daha eklenerek dönem analizi yeniden yapılmış ve bunun sonucunda değişiminin 77 yıl süren bir eksen dönmesi ile meydana geldiği belirlenmiştir. Sistemde üçüncü cisim varlığına dair güvenilir bir kanıt ise rastlanamamıştır. Ayrıca çiftin birinci bileşeninin halen tartışmalı olan ışınım sınıfı incelenmiş ve iç yapı sabitinden hareketle bir dev olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: örtün çift yıldızlar: Algol – yıldızlar: çift yıldızlar: eksen dönmesi – yıldızlar: HS Her

Abstract: HS Herculis is a detached eclipsing binary with an Algol-type light curve and orbital period of about 1.637 days. The variability of its period has been studied by many authors and it was supposed that light-time effect, apsidal motion or combination of them is the mechanism of the period variability. In this study, we analyzed the period variation by using all the minima published in literature and five new minima observed at Ankara University Observatory in 2002 and 2003, and we have obtained that the mechanism of period variability is apsidal motion and its period is 77 years. We didn't find a reliable sign for a third body in the system. We also researched the luminosity class of the primary component which is controversial so far, and we classified it as a giant, on the basis of internal structure constant.

Key words: stars: eclipsing binary stars: Algol – stars: binary stars: apsidal motion – stars: HS Her

1. Giriş

HS Herculis (HD 174714, HIP 92478, $\alpha_{2000} = 18^{\text{sa}}50^{\text{da}}49^{\text{sn}}.77$, $\delta_{2000} = 24^{\circ}43'11''.9$), 1.6374341 gün dönemli Algol türü ışık eğrisi gösteren ayrık bir örtün çift sistemidir. Çiftin birinci bileşeni B5-6 tayf türünden olup, ışınım sınıfı değişik kaynaklarda III veya V olarak verilmektedir (Cesco ve Sahade 1945, Roman 1956, Hall ve Hubbard 1971, Trimble 1974, Giuricin ve Mardirossian 1981, Khopolov *vd.* 1985). İkinci bileşen ise A4 tayf türündendir (Hall ve Hubbard 1971). Maksimumlarda çiftin görsel parlaklığı $8^{\text{m}}.5$ olup, birinci ve ikinci minimumlarda ise sırasıyla $9^{\text{m}}.0$ ve $8^{\text{m}}.6$ 'dır.

Literatürde oldukça iyi bilinen HS Her'in dönem analizi pek çok araştırmacı tarafından yapılmış olmasına rağmen, dönem değişimine neden olan mekanizma hakkında otuz yılı aşkın süredir kesin bir görüş birliğine varılamamıştır. Bu konuda üç farklı öneri ortaya atılmıştır: Eksen dönmesi, ışık-zaman etkisi veya her iki etkinin birleşimi.

HS Her'in dönem analizi ilk olarak Hall ve Hubbard (1971) tarafından yapıldı. Hall ve Hubbard, çoğu görsel olan 10 adet birinci ve 1 adet ikinci minimum kullanarak, sistemde 15.5 yıl dönemli bir eksen dönmesi olduğunu belirlediler. Martynov ve Lavrov (1972), eksen dönmesi önerisini desteklemekle birlikte dönemi için çok daha büyük bir değer verdiler: 110 ~ 130 yıl. Yirmi yıllık bir aradan sonra, Todoran (1992), HS Herculis'in dönem analizini yeniden yaptı ve eksen dönmesi için 60 yıllık bir dönem belirledi. Khaliullina ve Khaliullin (1992), eksen dönmesini doğrulamakla birlikte Todoran'dan farklı bir dönem belirlediler: 92 yıl. Bastian (1993), diğer araştırmacılardan farklı olarak ilk kez HS Herculis sisteminde üçüncü cisim olabileceğini belirtti. Todoran'la aynı verileri kullanan Bastian, sistemde eksen dönmesi olmadığını, dönem değişimine neden olan mekanizmanın, dönemi 60 yıl olan ışık-zaman etkisi olduğunu belirtti. Todoran ve Agerer (1994), çok sayıda yeni minimum zamanı ekleyerek dönem analizini tekrarladılar ve sistemde üçüncü cisim olmadığını, açıkça bir eksen dönmesi görüldüğünü belirttiler. Son olarak Wolf *vd.* (2002), yeni minimum zamanları ile dönem analizini tekrarladılar ve daha önceki tüm araştırmacılardan farklı olarak çiftin dönem değişiminin, eksen

Poster tam metni için : Tolga ÇOLAK
e-mektup: tolga@astro1.science.ankara.edu.tr

dönmesi ve ışık-zaman etkilerinin her ikisinin birleşimiyle açıklanabileceğini belirttiler. Wolf *vd.* (2002), eksen dönmesi ve ışık-zaman etkilerinin dönemlerini sırasıyla 78 ve 85.7 yıl, üçüncü cismin kütesini ise $1.08 M_{\odot}$ olarak belirlediler.

2. Dönem Analizi

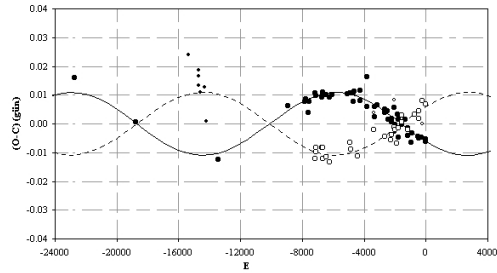
Literatürden alınan toplam 58 adet birinci ve 29 adet ikinci minimuma ek olarak bu çalışmada Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen beş adet yeni minimum zamanı kullanılmıştır.

Şekil 1'de çiftin O-C eğrisi ve Gimenez ve Garcia-Pelayo (1983) bağıntısı ile yapılan eksen dönmesi fiti görülmektedir. En küçük kareler yöntemiyle yapılan hesaplamalarda fotoelektrik, fotoğrafik ve CCD minimumların ağırlığı 1 ve görsel minimumların ağırlığı 1/10 alınmıştır. Eksen dönmesi fitinden kalan $(O-C)_{II}$ artıkları Şekil 2'de gösterilmiştir.

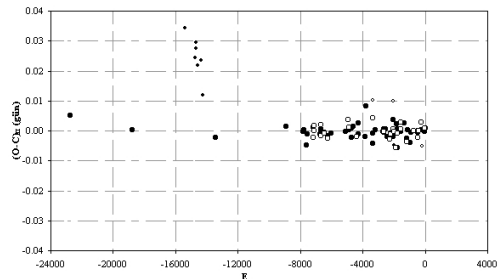
Kullanılan ışık elemanları:

$$\text{Min I} = 2452856.3646 + 1.6374341 E$$

dir.



Şekil 1. HS Herculis'in O-C eğrisi. Dolu ve boş daireler sırasıyla birinci ve ikinci minimumları düz ve kesikli çizgilerse eksen dönmesi fitini göstermektedir. Büyük simgeler ağırlığı 1, küçük simgeler ise ağırlığı 1/10 olan minimumları temsil etmektedir.



Şekil 2. $(O-C)_{II}$ artıkları. Simgelerin anlamı Şekil 1'dekiler ile aynıdır.

Eksen dönmesi analizi ile elde edilen parametreler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Eksen dönmesi parametreleri.

Parametre	Değeri
A (gün)	0.011 ± 0.001
T_o (HJD)	2452856.3646 ± 0.0002
P_s (gün)	1.6374341 ± 0.0000001
e	0.021 ± 0.002
ω_b ($^{\circ}$)	303 ± 3
$\dot{\omega}$ ($^{\circ}/\text{yıl}$)	0.0210 ± 0.0005
P_a (gün)	1.6375296 ± 0.0000014
U (yıl)	76.9 ± 1.9

Şekil 1 ve Şekil 2'den görüldüğü gibi, tüm fotoelektrik, fotoğrafik ve CCD minimumları teorik eğri ile oldukça iyi temsil edilebilmektedir. Buna karşılık olarak $E \approx -15000$ civarındaki yedi adet birinci minimum, teorik eğri ile uyuşmamaktadır. Bu noktalar görsel minimumlar olup, fotoelektrik, fotoğrafik ve CCD minimumlarına göre yalnızca 1/10'luk bir ağırlığa sahiptirler. Görsel minimumların ağırlıklarının (güvenilirliklerinin) bu kadar düşük olmasının nedeni bunların gözlem hatalarının çok büyük olduğunun ve genellikle büyük saçılma gösterdiklerinin bilinmesidir. Bu nedenle, sözü edilen yedi noktanın eksen dönmesi fitine uymamasının nedenini sahip oldukları büyük gözlem hataları ile açıklamak mümkündür.

Öte yandan, Wolf *vd.* (2002), bu yedi adet noktanın gösterdiği yapıya dayanarak sistemde bir üçüncü cisim bulunduğu düşüncesini ortaya atmışlarsa da, analizlerinde kullanmadıkları iki fotoğrafik minimum (Şekil 1 ve 2'deki ilk iki nokta), sistemde bir üçüncü cisim olduğu hipoteziyle tamamen ters düşmekte ve bizim önerimizi kuvvetle desteklemektedir.

Eğer 1934 – 1939 yıllarına karşılık gelen yedi adet görsel minimum gerçekten bir üçüncü cisim varlığına işaret ediyorsa, bunu kanıtlamak için ışık – zaman etkisinin tam bir çevriminin tamamlanmasını beklemek gerekmektedir. Diğer taraftan, sisteme ait yeterli sayıda tayfsal gözlem ve radyal hız eğrileri bulunmadığı için sistemdeki olası bir üçüncü cismi başka yöntemlerle belirlemek de şu an için mümkün olmamaktadır.

Öte yandan bu noktaların kendi aralarındaki parabolik benzeri yapısı bir kütle aktarımını akla getirir de yaklaşık sekiz yıllık sürede bu kadar büyük bir dönem değişimi meydana getirebilecek

bir kütle aktarımı HS Her sistemi gibi ayrık bir çiftte mantıklı görünmemektedir.

3. İç Yapı Sabiti

Dışmerkezli yörüngeye sahip çift sistemlerin gözlemlerinden, yıldız evrim modellerinin denetlenmesi için önemli bir parametre olan k_2 iç yapı sabiti hesaplanabilmektedir. Bu çalışmalar için en elverişli yıldızlar eksen dönmesi gösteren çiftlerdir. İç yapı sabiti;

$$k_2 = \frac{1}{c_{21} + c_{22}} \frac{P_a}{U} = \frac{1}{c_{21} + c_{22}} \frac{\dot{\omega}_{nat}}{360^\circ} \quad (1)$$

$$\dot{\omega}_{obs} = \dot{\omega}_{nat} + \dot{\omega}_{rel} \quad (2)$$

$$c_{2i} = \left[\left(\frac{\omega_i}{\omega_K} \right)^2 \left(1 + \frac{M_{3-i}}{M_i} \right) f(e) + \frac{15M_{3-i}}{M_i} g(e) \right] \cdot r_i^{-5} \quad (3)$$

$$f(e) = (1 - e^2)^{-2} \quad (4)$$

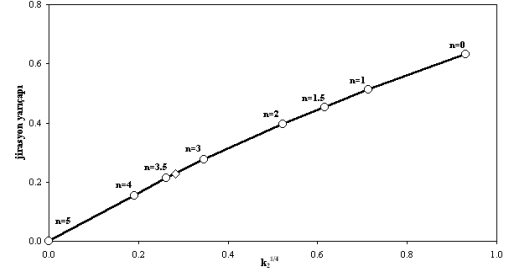
$$g(e) = \frac{(8 + 12e^2 + e^4) \cdot f(e)^{2.5}}{8} \quad (5)$$

bağıntıları ile verilir (Claret ve Gimenez 1992). Burada, e ; çiftin yörünge dışmerkezliği, $M_{1,2}$; birinci ve ikinci bileşenin $M_\odot$ cinsinden kütleleri, P_a ; çiftin kavuşum dönemi, U ; eksen dönmesinin dönemi; r_i ; bileşenlerin kesirsel yarıçapları, ω_i/ω_K oranı; yıldızların eksenleri etrafındaki açısız dönme hızları ile ortalama yörünge açısız hızlarının oranı ve $\dot{\omega}_{obs}, \dot{\omega}_{nat}, \dot{\omega}_{rel}$ sırasıyla gözlenen eksen dönmesi miktarı ile ona doğal ve göreceli katkılarıdır.

HS Her için verilen $\omega_i/\omega_K = 0.88$ (Pan 1997), $r_1 = 0.250$, $r_2 = 0.142$, $M_1 = 6.5 M_\odot$, $M_2 = 1.9 M_\odot$ (Giuricin ve Mardirossian 1981) değerleri kullanılarak iç yapı sabiti $k_2 = 6.384 \times 10^{-3}$, $\log k_2 = -2.195$ olarak bulunmuştur. Bu değer, bileşenlerden herhangi birine ait olmayıp, bileşenlerin her ikisini birden temsil etmektedir. Bulunan değer, Wolf vd. (2002) tarafından hesaplanan $\log k_2 = -2.289$ ve Claret ve Gimenez (1992)'in verdiği $\log k_2(\text{teo}) = -2.31$ teorik değerleri ile uyumludur.

Çiftin eksen dönmesi çözümü ile elde edilen iç yapı sabiti, bizi bileşenlerin ışıyım sınıfıyla ilgili bilgilere götürebilir. Birinci bileşenin tayf türü ve ışıyım sınıfı literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından farklı verilmiştir: B5-8V (Cesco ve Sahade 1945), B5III (Roman 1956), B5V (Hall ve Hubbard 1971), B5-6III (Trimble 1974), B5V (Giuricin ve Mardirossian 1981) ve B6III (Khopolov vd. 1985). Çifte ait k_2 iç yapı sabiti bu konuda bir fikir verebilir. Ureche (1976), çift yıldız bileşenleri için k_2 iç yapı sabiti ile jirasyon yarıçapı

ve politrop indisi arasında bir bağıntı olduğunu belirlemiştir (Şekil 3).



Şekil 3. k_2 iç yapı sabitinin $1/4$. kuvveti ile jirasyon yarıçapı arasındaki bağıntı (Ureche 1976). Doğru üzerinde içi boş dairelerle politrop indisi n 'nin çeşitli değerleri işaretlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen değer ise eşkenar dörtgenle işaretlenmiştir.

n politrop indisi, yıldızda basınç ile yoğunluk arasındaki ilişkiyi belirleyen bir değerdir. Yıldızlar için politrop indisinin sadece $0 \leq n \leq 5$ değerleri anlamlıdır. Eddington standart modelindeki anakol yıldızları için (ısımasal dengedeki yıldızların yoğunluk dağılımı için) $n = 3'$ tür. n 'nin daha büyük değerleri yarıçapı gittikçe büyüyen ama tüm kütle merkezde toplanmış gibi alınan nokta kaynak modeline karşılık gelirken, daha küçük değerleri ise beyaz cüce, nötron yıldızı gibi daha sıkışık cisimlere uymaktadır. $n = 1.5$ değeri tamamen konvektif yıldızları temsil etmektedir.

Bu çalışmada elde edilen k_2 değeri grafikte yerine konduğunda sistemin politrop indisinin $n \approx 3.5$ olduğu görülmektedir. Buna göre sistemin evrim sürecinde anakoldan ayrıldığı söylenebilir ve verilen tayf türleri dikkate alınırsa, birinci bileşen B5-6 III olarak sınıflandırılabilir.

4. Sonuç

HS Herculis örtün çift yıldızı için literatürdeki mevcut minimumlara Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen yeni minimumlar eklenerek yapılan çalışma, sistemde bir dönem değişimi olduğunu doğrulamıştır. Bu değişimi meydana getiren olası mekanizmanın, çift sistemin yörüngesindeki $U = 77$ yıl dönemli eksen dönmesi olduğu görülmüştür. Çiftin O-C eğrisinde, üçüncü cisim varlığına dair yeterli bir kanıt ise raslanamamıştır. Eksen dönmesi fitine uymayan yedi adet görsel minimum, sahip oldukları muhtemel büyük gözlem hatası ile açıklanmıştır. Yine de düşük güvenilirlikteki bu minimumlara dayanarak yapılacak bir üçüncü cisim çözümü yapılabilirse de, bunun çok fazla gerçekçi olmayacağı, güvenilirlikleri çok daha büyük olan iki fotoğrafik minimum yardımıyla söylenebilir.

Ayrıca bu çalışmada, çiftin eksen dönmesi analizi ile elde edilen iç yapı sabiti yardımıyla halen tartışmalı olan ışınım sınıfı konusunda da bir fikre ulaşılmıştır. Buna göre, literatürde verilmekte olan III ve V ışınım sınıflarından ilkinin daha muhtemel olduğu belirlenmiştir.

5. Kaynaklar

- Agerer, F. 1994. BAV Mitteilungen, 68, 5.
 Agerer, F., Dahm, M. ve Hübscher, J. 2001. IBVS, 5017.
 Agerer, F., Hübscher, J. 1996. IBVS, 4383.
 Agerer, F., Hübscher, J. 1997. IBVS, 4472.
 Agerer, F., Hübscher, J. 1999. IBVS, 4711.
 Applegate, J.H. 1992. ASP Conference series, 26, 343.
 Bastian, U. 1993. AN, 314, 39.
 Biro, I.B., Borkovits, T. 2000. IBVS, 4967.
 Blattler, E. 1992. BBSAG, 102, 6.
 Borkovits, T., Biro, I.B. 1998. IBVS, 4653.
 Borkovits, T., vd. 2002. IBVS, 5313.
 Caton, D.B., Burns, W.C. 1993. IBVS, 3900.
 Cesco, C.U., Sahade, J. 1945. ApJ, 101, 114.
 Claret, A., Gimenez, A. 1992. A&AS, 96, 255.
 Diethelm, R. 1984. BBSAG, 72, 3.
 Diethelm, R. 1986. BBSAG, 80, 3.
 Diethelm, R. 1988. BBSAG, 89, 7.
 Diethelm, R. 1994. BBSAG, 107, 6.
 Gimenez, A. 1985. AJ, 297, 405.
 Gimenez, A., Garcia-Pelayo, J.M. 1983. Ap&SS, 92, 203.
 Giuricin, G. ve Mardirossian, F. 1981. Ap&SS, 76, 111.
 Hall, D.S. 1967. Astronomical Society of the Pacific Notes From Observatories, 630.
 Hall, D.S. ve Hubbard, G.S. 1971. PASP, 83, 459.
 Hegedüs, T., vd. 1996. IBVS, 4340.
 Irwin, J.B. 1959. AJ, 64, 149.
 Jacchia, L. 1940. BharO, 912, 20.
 Khaliullin, Kh.F., Khaliullina, A.I. 1992. ATSir, 1552, 15.
 Kholopov, P.N., vd. 1985. General Catalogue of Variable Stars Volume II. Moscow Nauka Publishing House.
 Martignoni, M. 1995. BBSAG, 109, 5.
 Martynov, D.J. 1940. Bull. Astron. Obs. Engelhardta, 18, 38.
 Martynov, D.J. 1951. Izv. Astron. Obs. Engelhardta, 26, 47.
 Martynov, D.J., Lavrov, M.I. 1972. Peremennyje Zvezdy, 18, 269.
 Martynov, D.J. 1985. AC 1401, 1.
 Martynov, D.J. 1973. SoSht 185, 3.
 Mayer, P. 1990. BAICz., 41, 231.
 Müyesseroğlu, Z., Selam, S.O. 1994. IBVS, 4027.
 Müyesseroğlu, Z., Gürol, B., Selam, S.O. 1996. IBVS, 4380.
 Pan, K. 1997. A&A, 321, 202.
 Pohl, E., vd. 1987. IBVS 3078.
 Pohl, E., vd. 1983. IBVS, 2385.
 Pohl, E., Kızıllırmak, A. 1977. IBVS, 1358.
 Pohl, E., vd. 1985. IBVS, 2793.
 Roman, N.G. 1956. ApJ, 123, 246.
 Scarfe, C.D., Barlow, D.J. 1973. PASP, 86, 181.
 Todoran, I. 1992. AN, 313, 183.
 Todoran, I., Agerer, F. 1994. AN, 315, 349.
 Trimble, V. 1974. A&A, 34, 461.
 Ureche, V. 1976. IAU Symposium No.73, 351.
 Wolf, M. 1992. BBSAG, 99, 5.
 Wolf, M., vd. 2002. A&A, 383, 533.
 Yılmaz, M., Aksu, O. 2003, özel görüşme.