

U Cep Örten Çift Yıldızının Dönem Analizi

Ahmet DEVLEN

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İZMİR
e-mail: devlen@bornova.ege.edu.tr

ÖZET: U Cephei örten çift yıldızının Minimum zamanları literatürden toplandı ve Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde yapılan fotoelektrik gözlemlerden bulunan minimum zamanları da eklenerek (O-C) analizi yapıldı ve dönem değişimi hesaplandı. (O-C) eğrisine bir parabol ve onun üzerine binmiş küçük genlikli bir sinüs eğrisi fit edildi. Işık eğrilerinin analizi devam etmektedir.

1. Sistemin Dönem Analizi

Newton çekim kanununa göre fiziksel olarak birbirine bağlı olan ve ortak kütle merkezi etrafında kepler denkleminde uygun olarak yörünge hareketi yapan iki yıldızdan oluşmuş sistemlere çift yıldız diyoruz. Yörünge düzleminin, gözlemcinin bakış doğrultusuyla yaptığı açı ve sistemi oluşturan yıldızların bileşenler arası uzaklık cinsinden yarıçaplarına bağlı olarak; $|\sin(90-i)| \leq \frac{R_1 + R_2}{a}$ koşulunu

sağlayan çift yıldızlarda, yıldızların birbirlerini örtmesi sonucu tutulmalar meydana gelir ve dönemli ışık değişimleri oluşur. Bu dönem genellikle çift yıldız sisteminin yörünge dönemiyle çakışmıştır. Bu tür sistemeler örtme ve örtülme olaylarından ve ışık değişiminden dolayı örten değişen yıldızlar olarak adlandırılır.

Sistemin gözlenen parlaklığının zamana göre değişimi bize ışık eğrisini verir. Elde edilen ışık eğrisinde ışık kaybının en fazla olduğu tutulma baş minimum, diğerine ise yan minimum adı verilir (sistemi oluşturan yıldızların fiziksel özelliklerine bağlı olarak minimum derinlikleri eşit de olabilir). Gözlenen minimum ortasındaki zaman Minimum Zamanı olarak adlandırılır.

Sistemin yörünge dönemi (P) ve iyi belirlenmiş, bir baş minimumdan geçme zamanı (T_0 : Epok) biliniyorsa minimum zamanları,

$$C = T_0 + P \times E \quad (1)$$

denklemlerle önceden tahmin edilebilir. Burada E: çevrim sayısı olup baş minimum için tamsayı, yan minimum içinse E+0.5 alınır. P ve T_0 sistemin ışık elemanları olarak adlandırılır. Fakat sistemin yörünge döneminin her hangi bir nedenle değişmesi halinde hesaplanan minimum zamanı gözlemlerle elde edilen minimum zamanıyla uyuşmaz. Gözlenen minimum zamanı-Hesaplanan

minimum zamanı (O-C) değerlerini yeteri kadar çok sayıda elde edilirse, bu farklar kullanılarak olası dönem değişimleri incelenebilir. Elde edilen (O-C) farkları çevrim sayısına göre (E) işaretlendiğinde elde edilen grafiğe (O-C) grafiği adı verilir. (O-C) analizini yaparak sistemin ışık elemanlarındaki düzeltmeleri bulabiliriz. Kısa zaman aralıkları için (O-C) değişimini doğrusal kabul edebiliriz ve $(O-C) = \Delta T_0 + \Delta P \times E$ denkleminde en küçük kareler yöntemiyle ΔT_0 ve ΔP düzeltmelerini bulabiliriz. Burada ΔT_0 minimum zamanını belirleme hatasıdır ve genellikle çok küçüktür. ΔP düzeltmesi ise dönemin (P) belirlenmesindeki hatayı ve aynı zamanda dönemin zaman içindeki değişimini de içerir. ΔE aralığının çok uzun olması halinde (O-C) değişimi doğrusallıktan ayrılır ve P değişiminin (O-C) eğrisindeki toplam etkisi

$$O - C = \Delta T_0 + \sum_{i=0}^{E-1} (E-i) \Delta P_{(i+1)} \quad (2)$$

denklemlerle verilebilir. Bu durumda sürekli olduğu varsayılan (O-C) değişimini n. dereceden ortogonal polinomlarla ifade edebiliriz;

$$O - C = \Delta T(E) = \sum_{j=0}^n c_j \left(\frac{E}{c}\right)^j \quad (3)$$

açılımını dikkate alırsak, burada c sabiti $|E/c| < 1$ şekilde baştan seçilen bir sabittir. Belli bir E değeri için dönem, E çevriminin süresi olur;

$$P(E) = O(E) - O(E-1) = P_c + \Delta T(E) - \Delta T(E-1) \quad (4)$$

burada P_c referans dönemidir. Çevrim başına dönem değişimi ise,

$$\left(\frac{dP}{dE}\right) = \sum_{j=0}^{n-1} \frac{(j+1)c_{j+1}}{c} \left[\left(\frac{E}{c}\right)^j - \left(\frac{E-1}{c}\right)^j\right] \quad (5)$$

olur. E_1 ve E_2 çevrimleri arasındaki toplam dönem değişimi

$$\Delta P = \Delta T(E) - 2\Delta T(E-1) + \Delta T(E-2) \quad (6)$$

olur.

Eğer (O-C) parabol ise (2) denklemi aşağıdaki gibi olur;

$$O-C = c_1 + c_2 E + c_3 E^2 \quad (7)$$

Buradan;

$$\frac{d(O-C)}{dE} = c_2 + 2c_3 E \quad (8)$$

$$\Delta P = \frac{d^2(O-C)}{dE^2} = \frac{dP}{dE} = 2c_3 \quad (9)$$

olur. Buradan da anlaşılacağı gibi (O-C) değişiminin parabol olması halinde dönem değişimi sabittir.

Örten çift yıldızlarda (O-C) değişimleri doğru, parabol, sinüs eğrisi veya bunların farklı kombinasyonları olabilir. Bu durumda genel (O-C) denklemi;

$$(O-C) = c_1 + c_2 E + c_3 E^2 + \sum_{j=0}^n c_{sj} \sin \left[2\pi \frac{E - T_{sj}}{P_{sj}} - \frac{\pi}{2} \right] \quad (10)$$

olur. Dönem değişimi bir çok fiziksel olaylara bağlanabilir; eksen dönmesi, n.cisim varlığı, enerji kaybı, manyetik etkinlik, kütle aktarımı ve sistemden kütle kaybı gibi. Son iki olayı göz önüne alacak olursak; eğer sistemde açısız momentum korunumu geçerliyse, o zaman $\dot{M}_1 = -\dot{M}_2$ olur ve dönem değişimi

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} \Delta M_1 \text{ olur.}$$

Eğer kütle aktarımı yoksa fakat sistemden madde kaçırıyorsa, o zaman

$$\frac{\Delta P}{P} = 3 \frac{2x-1}{x(1-x)} \frac{\Delta M}{M}$$

olur. Burada $x = q/(1+q)$ ve M çiftin toplam kütleleridir (Shore et al, 1994).

U Cephei (HD 005679=BD+81°0025=SAO 000168, B8Ve+G8III, $P=2^d.493$) tam tutulma gösteren Algol türü örten çift yıldızdır. Uzun yıllardır yapılan ışık ölçüm ve tayfsal gözlemleri (ışık eğrilerindeki ve tayflarındaki anormallikler),

sürekli fakat oldukça değişken bir kütle aktarımı olduğunu göstermektedir. Kütle aktarımını gerçek zaman ölçeğinde inceleyebileceğimiz çok nadir, kısıdönemli bir sistemdir (Burnett et al, 1993). U Cep bir kaç yıllık zaman dilimi içinde dahi düzensiz dönem değişimleri gösterdiğinden ışık öğelerinin sıkça belirlemek gerekmektedir.

U Cep sisteminin ortalama olarak çevrim başına dönem değişimi $\Delta P/P = 4.3 \times 10^{-9}$ alınabilir. Gözlenen (dP/P) değerleri $dM_1/dt = 1.76 \times 10^{-6} M_{\odot}/\text{yıl}$ 'lık kütle aktarımı vermiştir (Shore et al, 1994).

Burnett et al. (1993) ve Rafert et al. (1991) dan alınan parametreleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

	Burnett et al. (1993)	Rafert et al. (1991)
A	13.60 R_{\odot}	15.5 R_{\odot}
I	86°.3	82°.24
Q	0.522	0.663
Ω_1	6.69	6.98
Ω_2	2.92	3.17
T_1	11250 °K	11250 °K
T_2	4980 °K	4533 °K

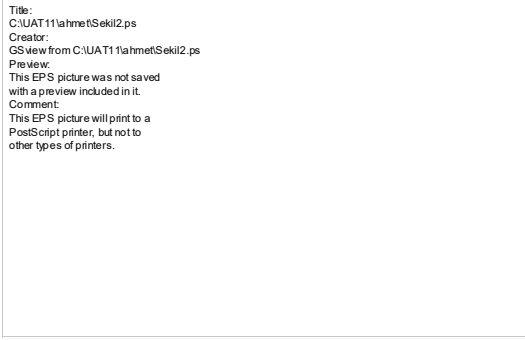
Burnett et al. (1993) den alınan kütleler:

	Fotometrik	Tayfsal
M_1	3.57 M_{\odot}	4.04 M_{\odot}
M_2	1.86 M_{\odot}	2.5 M_{\odot}

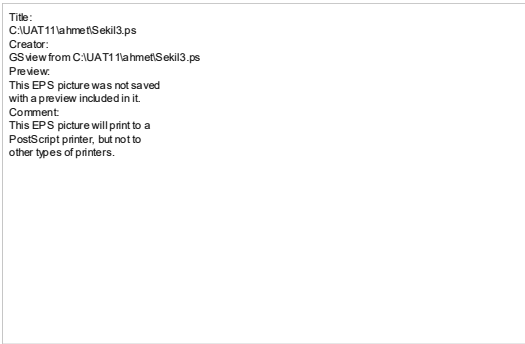
U Cep örten çift yıldızının (O-C) eğrisine çizildiği zaman kolları yukarı doğru olan ve küçük salınımlar gösteren bir parabol görülmektedir. Minimum zamanları literatürden toplandı, Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 1996 yılında ve 1998 yılında gözlenmiş olan minimum zamanları da eklendi ve (O-C) analizi yapıldı. (O-C) eğrisine önce bir parabol fit edildi. Farklar çizdirildiğinde sinüs benzeri bir değişim olduğu görüldü ve parabol üzerine binmiş bir sinüs eğrisi fit edildi. Şekil 1. parabol ve onun üzerine binmiş bir sinüs eğrisi fitini göstermektedir. Şekil 2. (O-C) eğrisinden parabolü çıkarttığımız zaman kalan farklara uygulanan sinüs fitini göstermektedir. Şekil 3. ise parabol ve sinüs fitinin teorik eğrisinin (O-C) eğrisinden farkları göstermektedir. (O-C)

Title:
C:\UAT11\AHMETSEKIL1.PS
Creator:
GSView from C:\UAT11\AHMETSEKIL1.PS
Preview:
This EPS picture was not saved
with a preview included in it.
Comment:
This EPS picture will print to a
PostScript printer, but not to
other types of printers.

Şekil 1.



Şekil 2.



Şekil 3.

analizine başlarken aşağıdaki ışık öğeleri kullanılmıştır (Burnett et al., 1993);

$$HJD(I)=2438291.4481+2.49308010 * E$$

Analiz sonuçları aşağıdadır:

Parametre	Analiz sonucu	Hatası
T_0	2438291.51088	0.00023
P	2.493019998	0.000000048
$a \sin i$	808312953.64	740231.41
e	0.047	0.001
w	-6.055	0.003
n	0.000355	0.000001
T_s	2440170.06	56.65

U Cephei sistemindeki bu dönem değişimi kütle aktarımı ve 3. bir cismin varlığını işaret etmektedir.

Kaynaklar

Batten A.H.,1973, *Binary and Multiple Systems of Stars*.

Burnett B.J, Etzel P.B., Olson E.C., 1993, *AJ*, **106**, 1627

Rafert J.B., Markworth N.L., 1991, *ApJ*, **377**, 278

Shore S.N., Livio M., van den Heuvel E.P.J., 1994, *Interacting Binaries*, p.41.