

Algol Türü Çift Sistem IO UMa'nın Fotometrik ve Tayfsal Analizi

Çağdaş Kanvermez^{1,2*}, Faruk Soyduğan^{1,3}, ve Esin Soyduğan^{1,3}

- ¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üni., Astrofizik Araştırma Merkezi ve Gözlemevi
² Çanakkale Onsekiz Mart Üni., Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı
³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fizik Bölümü, Çanakkale

Özet Bu çalışmada, HIPPARCOS uydusu tarafından keşfedilmiş klasik Algol türü bir çift yıldız sistemi olan IO UMa'nın tayfsal ve fotometrik analiz sonuçları sunulmaktadır. İlk olarak, IO UMa'nın Catania Astrofizik Gözlemevi'nde (İtalya) alınan yüksek çözünürlüklü tayf verileri incelenmiştir. Başlangıçta, sistemin bileşenlerine ilişkin dikine hız değerleri, çapraz eşleştirme (cross correlation) yöntemiyle ölçülmüş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Ayrıca, IO UMa'nın Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen ışık eğrileri, bu çalışmada ölçülen dikine hız değerleri ile birlikte çözümlenerek sistemin ilk kez mutlak parametreleri belirlenmiştir. Bunun yanında, kütle aktarımına kanıt aramak için sıcak bileşenin dönme hızı da ölçülerek eş-dönme değeri ile karşılaştırılmıştır.

1 Giriş

Klasik Algol türü sistemler, bileşenlerinden küçük kütleli olanın Roche lobunu doldurduğu yarı-ayrık dizgelerdir. Sıcak bileşenler, genellikle B-A tayf türünden anakol yıldızı iken, soğuk bileşen G-K tayf türünden alt-dev veya dev yıldızlardır. Küçük kütleli bileşen yıldız evrimleşmiştir ve L_1 Lagrange noktasından büyük kütleli bileşene doğru kütle aktarmaktadır. Ancak bu aktarım farklı evrim durumundaki sistemler için farklı hızlarda ve yoğunluklarda olmaktadır. Buna bağlı olarak, sıcak bileşen etrafındaki toplanma yapıları da değişimler göstermektedir. Algol türü sistemler; kütle/açısal momentum aktarımı ve/veya kaybı, toplanma yapıları, manyetik etkinlik, yörünge dönem değişimleri gibi çok önemli süreçler içerirler. Bu nedenle, öncelikle ışık ve dikine hız değişimlerinin analizleri ve bu yoldan mutlak parametrelerinin belirlenmesi bu önemli fiziksel süreçlerin anlaşılmasında önceliğe sahiptir. Bunun da ilerisinde, özellikle klasik Algoller, yıldız evrimi sürecinin anlaşılmasında önemli bir yere sahiptirler.

IO UMa (HD 115268 = HIP 64636), HIPPARCOS uydusu (ESA, 1997) tarafından keşfedilmiş, 5.52 gün dönemli, klasik Algol türü bir örten çift sistemdir. Görünür parlaklığı $V=8.2$ kadir olup uzaklığı 282 pc olarak verilmektedir (ESA 1997). Sistemin rengi $(B-V)=0.24$ kadir verilirken tayf türü de A3 olarak rapor edilmiştir (SIMBAD Veritabanı). IO UMa'nın veritabanlarında yer

* kanvermez.c@gmail.com

alan bu bilgiler dışında yayınlanmış herhangi bir fotometrik ve tayfsal çalışması bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, IO UMa'nın yer tabanlı ilk fotometrik ve tayf gözlemleriyle bunların analizleri ve elde edilen sonuçları verilerek tartışılacaktır.

2 Gözlemler

IO UMa'nın tayfsal gözlemleri, İtalya'da yer alan Catania Astrofizik Gözlemevi'nde 2003-2004 yıllarında 91 cm çaplı Cassegrain türü bir teleskopa bağlı Echelle türü tayfçeker ile yapılmıştır. Tayfçekerin çözümü gücü H α yöresinde yaklaşık 22000 civarındadır. 19 tayf dizisi yaklaşık 4300-6700 Å aralığını kapsamaktadır. Standart yıldızlar için S/N (Sinyal/Gürültü) > 100 iken değişen yıldız için ise S/N, 40-80 arasındadır.

Tayf verilerinin indirgenmesinde IRAF paket programı kullanılmıştır. İndirgenmede izlenen aşamalar şu şekildedir: Bias düzeltmesi, saçılmış ışık düzeltmesi, görüntünün tayfa dönüştürülmesi, düzalan (flat) düzeltmesi, dalgaboyu kalibrasyonu (Th-Ar lamba tayfları kullanılarak) ve tayfin normalize edilmesi.

Sistemin fotometrik gözlemleri ise Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde yer alan 30 cm çaplı Schmidt-Cassegrain türü teleskopa bağlı STL-1001E CCD kamera ve BVR_c süzgeçleri kullanılarak yapıldı. Gözlemler, 3 Mart - 17 Temmuz 2010 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Gözlemlerde mukayese yıldızı olarak GSC 3849-59 ve denet yıldızı olarak GSC 3849-279 gözlemlendi. Gözlem duyarlılığı tüm süzgeçlerde ortalama $\pm 0^m.01$ olarak hesaplandı.

3 Dikine Hızlar ve Yörünge Çözümü

Dikine hız değerlerinin ölçümü, "çapraz korelasyon" yöntemiyle IRAF içinde yer alan *fxcor* programı kullanılarak yapılmıştır. Yöntem, temelde çift sistemin üyelerinin yörünge hareketi nedeniyle tayf çizgilerinin dönemli Doppler kaymalarının hız karşılığını ölçer. Dikine hız ölçümünde, IO UMa'nın her iki bileşeninin tayf türü ve ışınım gücü sınıfına uygun standart yıldızlar olan θ Leo ve α Boo'nun aynı gözlem sezonunda alınan tayfları kullanılmıştır.

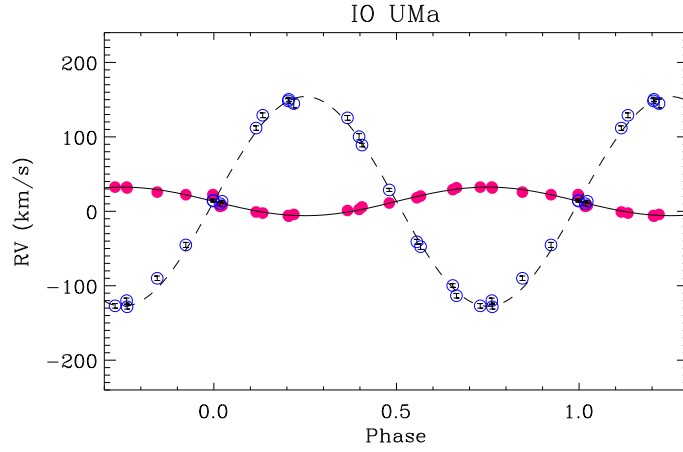
IO UMa'nın çapraz eşleştirme yöntemi ile her iki bileşen için ilk kez dikine hız değerleri ölçülmüş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Dikine hız değerlerinde yanlışlıklar birinci bileşen için 1-2 km/s, ikinci bileşen için ise 4-8 km/s yöresindedir. Yörünge çözümünden elde edilen parametreler Çizelge 1'de verilmiştir. Burada, sistemin kütle oranı (q), 0.136 olarak bulunmuştur. Dikine hız değerleri ile bulunan yörünge çözümüne ilişkin kuramsal eğriler ise Şekil 1'de gösterilmektedir.

4 Işık Eğrisi Çözümü

IO UMa'nın BVR_c süzgeçlerinde elde edilen ışık eğrilerinden V ve R_c ışık eğrileri Wilson & Devinney (W-D) programının 2003 sürümü (van Hamme & Wilson 2003) ile çözüldü. Sistemin ikinci bileşeninin B filtresinde toplam ışığa katkısı

Çizelge 1. IO UMa'nın dikine hız eğrilerinin analizinden elde edilen yörünge parametreleri.

Parametre	Değer	Standart sapma
T_0 (HJD)	2453104.2805	0.0210
P_y (gün)	5.5055	0.0020
V_0 (km/s)	13.3	0.2
K_1 (km/s)	19.2	0.2
K_2 (km/s)	140.8	0.3
$q(= M_2/M_1)$	0.136	0.002
$m_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	2.06	0.04
$m_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	0.26	0.01
$a_1 \sin i$ (km)	1.45×10^6	1.6×10^4
$a_2 \sin i$ (km)	1.07×10^7	7.2×10^4



Şekil 1. IO UMa'nın birinci (içi dolu daire) ve ikinci bileşen (içi boş daire) dikine hız eğrileri ve yörünge çözümünden elde edilen kuramsal eğriler.

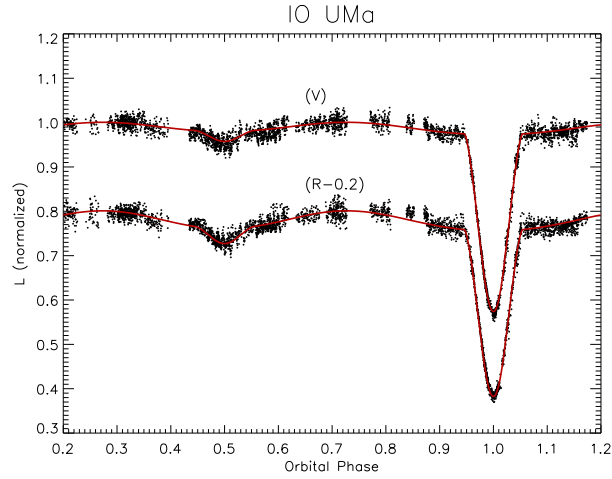
çok az olduğundan bu süzgeçte ikinci minimum oldukça sığdır (derinlik $\approx 0^m.05$ civarındadır). İlgili süzgeçteki verilerin saçılması da dikkate alındığında, B süzgeci daha duyarlı çözüme ulaşmak için, ışık eğrisi çözümünde kullanılmamıştır.

Sistemin ışık eğrilerinin önce ayrık mod kullanılarak çözülmesi denenmiş ancak ikinci bileşenin yüzey potansiyel değerlerinin kritik değerlere ulaşması nedeniyle çözüm yarı-ayrık mod ile sürdürülmüştür. Çözüm sırasında baş bileşenin sıcaklığı, tayf türüne (A3) uygun olarak, 8727 K olarak sabit alınmıştır (Cox, 2000). Bunun yanında, kütle oranı değeri de, önceki bölümde verilen ve yörünge çözümünden bulunan değer olan 0.136 olarak sabit alınmıştır. İkinci bileşen sıcaklığı (T_2), birinci bileşenin yüzey potansiyeli (Ω_1), yörünge eğikliği (i), evre kayması, görelî ışıtmalar ($L_{1,2}$), çözümde serbest parametreler olarak alınmıştır. V ve R_c ışık eğrileri eş-zamanlı çözülen sistemin çözüm sonunda bulunan parametreleri.

treleri Çizelge 2’de verilmektedir. Gözlemsel ışık eğrileri ile kuramsal eğrilerin uyumu ise Şekil 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. IO UMa’nın ışık eğrisi çözümünden elde edilen parametreler.

Parametre	$V&R_c$
i (deg)	78.38(23)
T_1 (K)	8727
T_2 (K)	4485(26)
Ω_1	6.1241(229)
Ω_2	1.9765
Evre Kayması	+0.0003(1)
q ($=M_2/M_1$)	0.229(4)
l_3	0.0
e	0.0
g_1	1.0
g_2	0.32
$L_1/(L_1 + L_2) - V$	0.905(8)
$L_2/(L_1 + L_2) - V$	0.095(3)
$L_1/(L_1 + L_2) - R_c$	0.849(7)
$L_2/(L_1 + L_2) - R_c$	0.151(3)
r_1 (ort)	0.1673(16)
r_2 (ort)	0.2242(18)



Şekil 2. IO UMa’nın V ve R_c süzgeçlerindeki ışık eğrilerinin kuramsal eğrilerle uyumu.

5 Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, klasik Algol türü örten çift sistem IO UMa'nın ilk yer tabanlı ışıkölçüm ve tayf gözlemlerinin analizleri ve elde edilen sonuçlar verilmektedir. Çözümler sonucunda, IO UMa, çift çizgili yarı-ayrık bir klasik Algol türü örten çift yıldız sistemi olarak belirlenmiştir.

IO UMa'nın bu çalışma kapsamında elde edilen tayf verilerinden bileşenlerin dikine hızları ölçülmüş ve sisemin yörüngesi çözümlenmiştir. Bunun yanında, uygun tayf verisi yardımıyla θ Leo standart yıldızı kullanılarak vsin i - FWHM korelasyonu oluşturulmuş (bkz. Soydugan 2005) ve sıcak bileşenin dönme hızı 32 ± 2 km/s olarak ölçülmüştür. Sistemin kütle alan bileşeninin eş-dönme hızı ise 26 km/s olarak belirlenmiştir. Bu durumda, kütle alan bileşenin eş-dönmeden yaklaşık 1.2 kat daha hızlı döndüğü söylenebilir ki bunun da kütle aktarımının bir sonucu olduğu düşünülmektedir.

Sistemin yörünge ve ışık eğrisi çözüm sonuçları birleştirilerek bileşenlerin mutlak parametreleri hesaplanmış ve Çizelge 3'de listelenmiştir. Bu parametreler, klasik Algollerin diğer örneklerinde olduğu gibi (Budding ve ark. 2004), birinci bileşenin anakol, ikinci bileşenin ise anakoldan ayrılmış evrimleşmiş bir yıldız olduğunu göstermektedir. Ayrıca, mutlak parametrele kullanılarak IO UMa'nın uzaklığı 310 ± 14 pc olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3. IO UMa'nın bileşenlerinin mutlak parametreleri

Parametre	IO UMa
$M_1 (M_\odot)$	2.08 ± 0.05
$M_2 (M_\odot)$	0.28 ± 0.02
$R_1 (R_\odot)$	2.92 ± 0.04
$R_2 (R_\odot)$	3.91 ± 0.04
$\log g_1$ (cgs)	3.83 ± 0.02
$\log g_2$ (cgs)	2.70 ± 0.03
T_1 (K)	8727
T_2 (K)	84485 ± 150
M_{bol1} (mag)	0.63 ± 0.10
M_{bol2} (mag)	2.89 ± 0.11
$\log L_1 (L_\odot)$	1.65 ± 0.03
$\log L_2 (L_\odot)$	0.75 ± 0.05

6 Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK - 107T634 Nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Budding E., Erdem A., Çiçek C., Bulut, I., Soydugan, F., Soydugan, E., Bakis, V., Demircan, O.: Catalogue of Algol type binary stars, *A&A*, **417**, (2004), 263
- Cox, A.N.: *Allen's Astrophysical Quantities*, (2000), Springer-Verlag
- ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200. ESA, Noordwijk
- Soydugan, F.: *Algol Türü Örtün Çift Yıldızlarda Kütle Aktarımı*, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, (2005), Bornova-İzmir
- van Hamme, W., Wilson, R. E.: *Stellar Atmospheres in Eclipsing Binary Models*, ASP Conference Proceedings, Edited by Ulisse Munari., **Vol. 298**, (2003), p.323