

YAKIN VE ETKİLEŞEN ÇİFT SİSTEM OO Aql'nın FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ ve EVRİM DURUMU

Tuğçe İÇLİ¹, Dolunay KOÇAK¹, G. Çisem BOZ¹, Kadri YAKUT¹

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova – İzmir

Özet: Bu çalışmada geri tür etkileşen örten bir çift sistem olan OO Aql'nın fotometrik çalışması detaylı olarak ele alınmıştır. Sistemin Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde yeni elde edilen VRI ışık eğrisi ve daha önce yayınlanmış dikine hız eğrileri eş zamanlı olarak çözülmüştür. Analizler sonucu sistemin yörünge ve fiziksel parametreleri hassas bir şekilde elde edilmiştir. Sistemin bizden olan uzaklığı 135 pc olarak bulunmuştur. Bileşen yıldızlara ilişkin çift yıldız evrim modeli yapılarak onların evrim durumu irdelenmiştir.

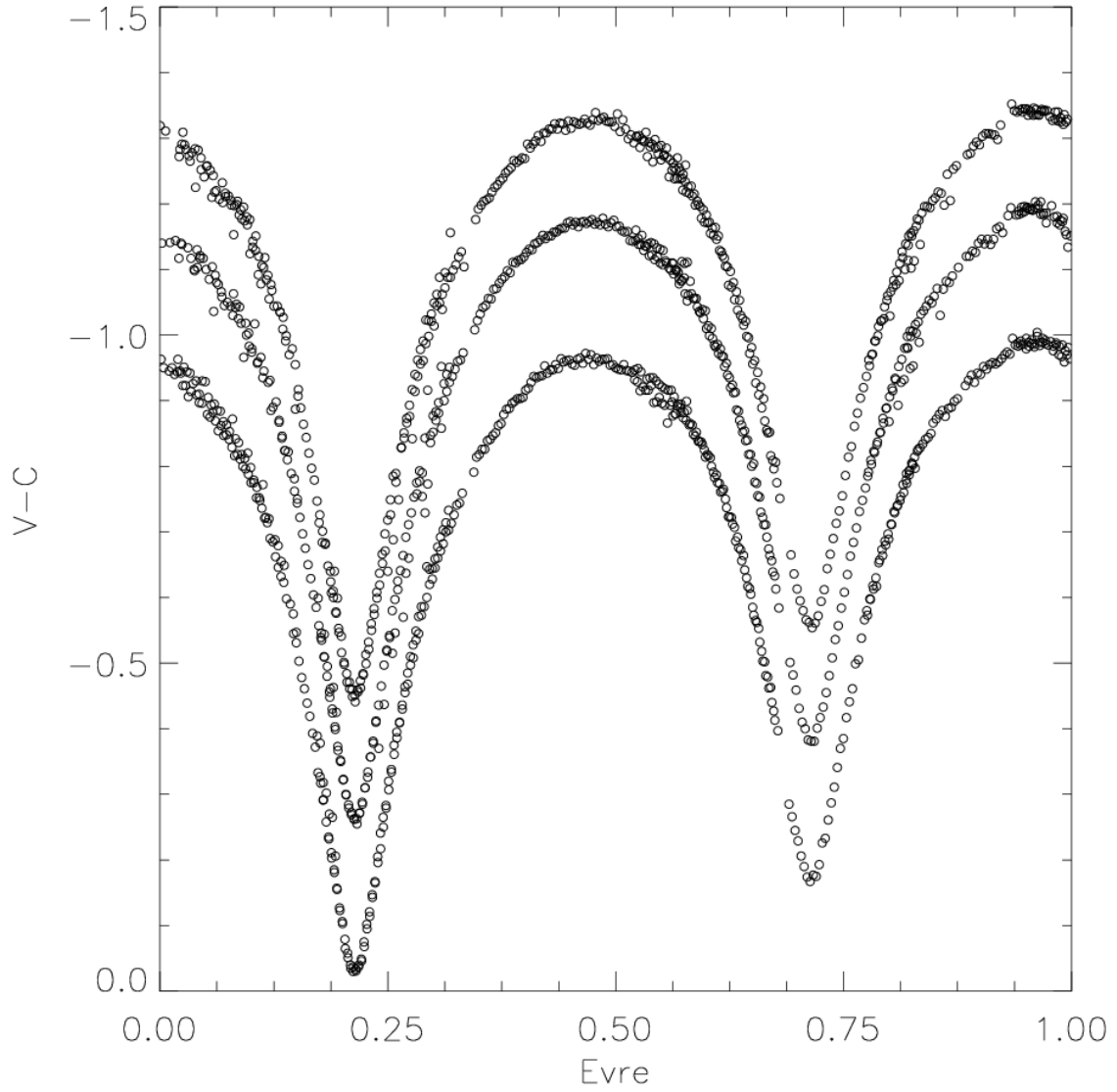
1. Giriş

Yıldızların yapısı ve evrimi modern astrofiziğin temel problemlerinden birini oluşturmaktadır. Güneş benzeri bir yıldızın evrimi ile karşılaştığımızda yakın çift yıldızların evrimi daha farklı fiziksel süreçlere bağlıdır. Yıldız akitvitesi kaynaklı yıldızdan kaçan plazmanın neden olduğu madde kaybı, bileşen yıldızlar arasındaki madde aktarımı ve açısal momentum kaybı bu süreçlerin başlıcalarıdır. Yıldızlardan detaylı bilgi elde etmenin yollarından biri onların fiziksel parametrelerini ve kimyasal yapılarını hassas bir şekilde belirlemektir. OO Aql bu çalışma kapsamında seçilmiş ve fiziksel parametreleri hassas bir şekilde elde edilmiş evrim durumu irdelenmiştir.

OO Aql ilk olarak Hoffleit (1932) tarafından değişen olduğu rapor edilmiş sonrasında Binnendijk (1968), Pohl (1969), Pohl ve Kızıllırmak (1970, 1975), Djurasevic ve Erkapic (1999), Lafta ve Grainger (1985) tarafından çalışılmıştır. Djurasevic ve Erkapic (1999) sistemin ışık eğrilerini detaylı olarak ele almışlar ve 4 farklı zamanda elde edilmiş ışık eğrilerini analiz etmişlerdir. Analizleri sonucu sistemin yörünge eğim açısını 86 derece ve Roche lobunu doldurma oranını ise 0.08 olarak elde etmişlerdir. Yazarlar aynı çalışmada detaylı leke modeli yapmışlardır. Sistemin dikine hız çalışması Hrivnak ve d. (2001) ve Pribula ve d. (2007) tarafından yapılmıştır. Hrivnak ve d. (2001) kütle oranını 0.84, Pribula ve d. (2007) ise 0.85 olarak elde etmişlerdir.

2. Gözlemler

Bu çalışma kapsamında elde edilen yeni gözlemler Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde bulunan 40cm çaplı teleskop kullanılarak toplam 8 gecede elde edilmiştir. Gözlemler 20, 21, 22, 27, 28, 29 Temmuz ve 4, 5 Ağustos tarihlerinde VRI filtreleri kullanılarak yapıldı. Gözlemlerde 2048X2048 Apogee CCD kullanıldı. Mukayese yıldızları olarak TYC 1058-689-1 ve TYC 1058-409-1 olarak seçildi. Elde edilen gözlemler IRAF/APPHOT paketi kullanılarak indirilmesi yapıldı.



Şekil -1 : OO Aql sisteminin Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilmiş V (alt), R (orta) ve I (üst) gözlemleri.

Sistemin elde edilen VRI renklerindeki ışık değişimi (V-C) Şekil-1 de gösterilmiştir. Şekil-1'de görüldüğü gibi maksimum evrelerde küçük bir parlaklık farkı var fakat bu fark daha önce Djurasevic ve Erkapic (1999) tarafından elde edilen fark kadar belirgin değildir.

3. Işık Eğrisi Analizi

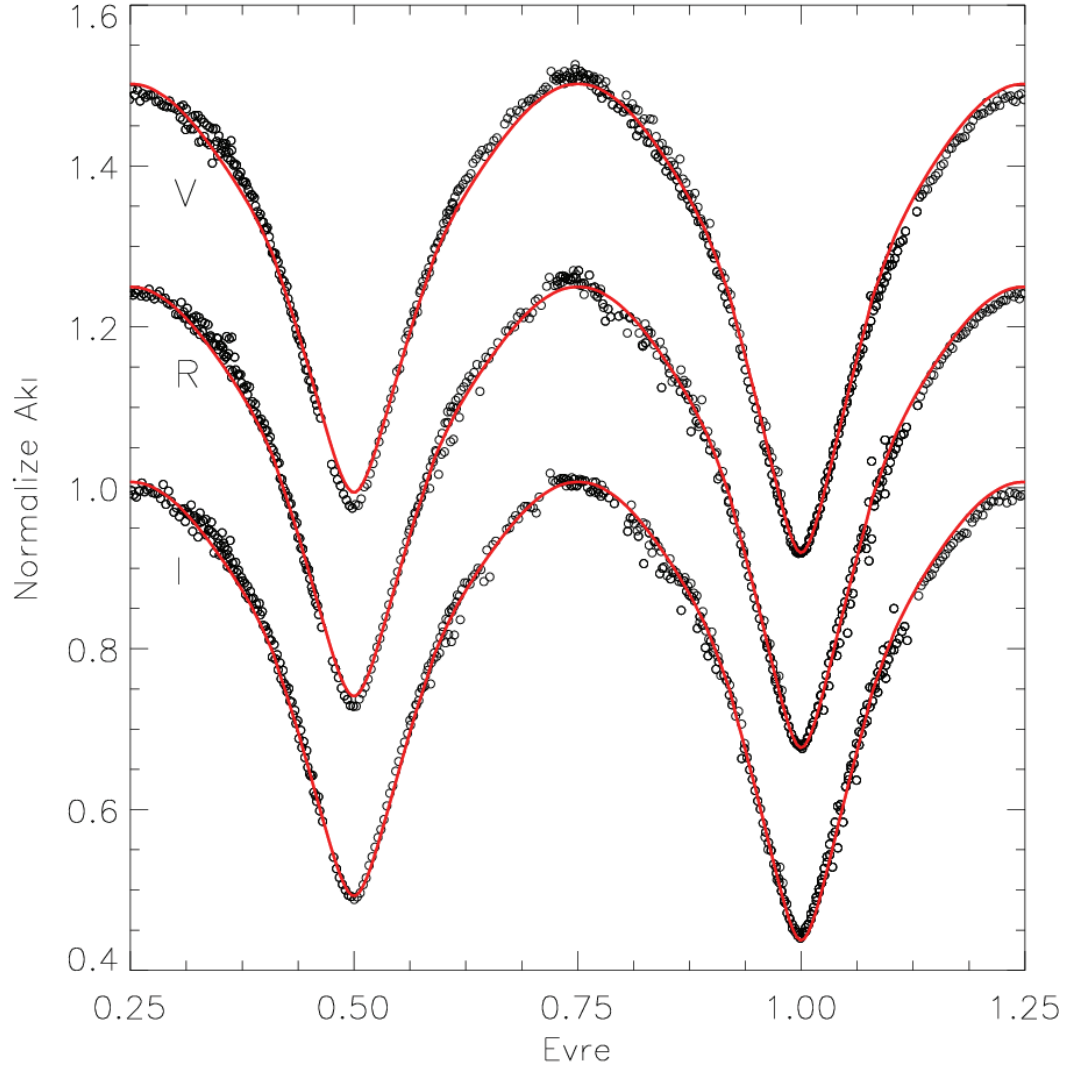
V, R ve I süzgeçlerinde elde edilen parlaklıklar daha sonra ışık eğrisi analizi için normalize edilerek akıya dönüştürüldü. Elde ettiğimiz yeni ışık eğrileri daha önce Pribula ve d. (2007) tarafından elde edilen dikine hızlar ile birleştirilerek eş zamanlı olarak çözüldü. Albedolar Rucinski (1969) çalışmasından ve kenar kararmalar ise van Hamme (1993) çalışmasından alınmıştır. Çözümler sırasında her renk için farklı ağırlıklar kullanıldı. Çözümler Wilson-Devinney programını temel alan Phoebe (Prsa

ve Zwitter 2005) programı kullanılarak yapılmıştır. Analiz sırasında T_0 , P , i , q , V_0 , a , T_2 , $\Omega_{1,2}$, L_2 parametreleri serbest parametreler olarak belirlenmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar Tablo-1 de gösterilmiştir.

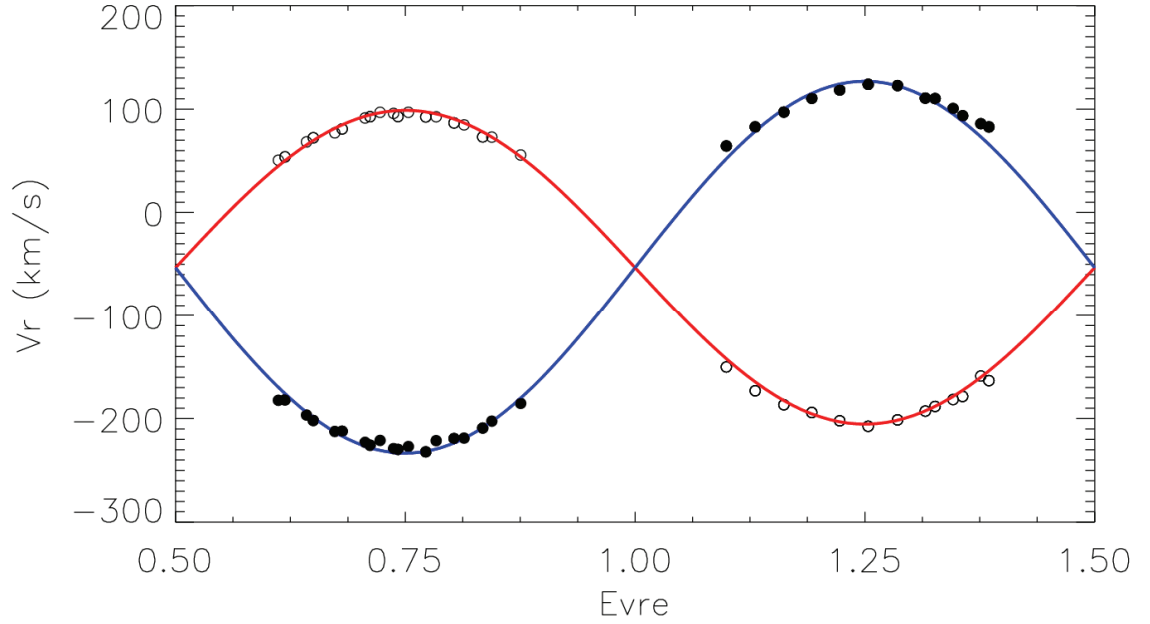
Şekil-2 de çözüm sonuçları grafik olarak gösterilmiştir. Şekilde görülen içi boş daireler gözlemleri, düz çizgi ile temsil edilen ise kuramsal olarak elde edilen çözümü göstermektedir. Aynı çözümde elde edilen dikine hız sonuçları ise Şekil-3 de gösterilmiştir. Işık değişimi analizi sonucu elde edilen eğri gözlemler ile uyum içindedir. Bununla beraber V renginde yaklaşık 0.65 evre civarında bir uyumsuzluk görülmektedir. Bu uyumsuzluğun bir nedeni yıldız aktivitesi sonucu ortaya çıkan leke olabilir.

Tablo 1 : OO Aql çift sisteminin ışık eğrisi analizi sonucu elde edilen yörünge öğeleri.

Parametre	Değer
i	85.6 (1)
q	0.844(8)
a (R_{\odot})	3.337(16)
V_0 (km s^{-1})	-53.3(7)
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.391(3)
T_1 (K)	5700
T_2 (K)	5472(18)
Baş yıldızın görelî yarıçapı	0.4112(6)
Yoldaş yıldızın görelî yarıçapı	0.3815(6)
$A_1 = A_2$	0.6
$g_1 = g_2$	0.32
Işıtma oranı: l_1/l_T (%)	
V	58
R	58
I	57



Şekil- 2: OO Aql sisteminin ışık eğrisi analizi sonucu. Düz çizgi ile gösterilen Tablo-1 de elde edilen parametreler kullanılarak elde edilen kuramsal eğriyi göstermektedir.



Şekil-3 : OO Aql sisteminin dikine hız değişimi. Gözlem noktaları Pribula ve d. (2007)'nin çalışmasından alınmıştır.

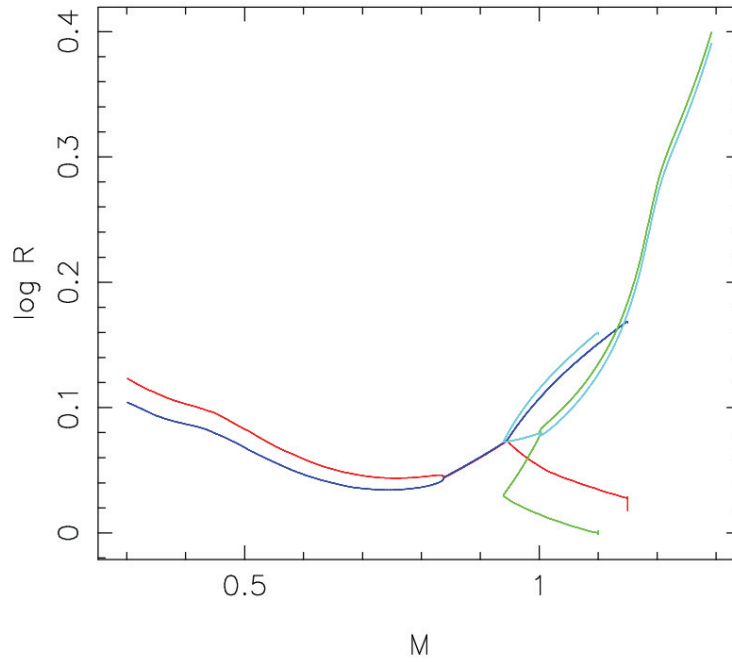
4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada OO Aql'nın Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde elde edilen VRI gözlemleri ile Pribula ve d. (2007) tarafından yayımlanmış olan dikine hız gözlemleri ortak çözülerek sistemin yörünge ve fiziksel öğeleri hassas bir şekilde elde edildi. Elde edilen sonuçlar Tablo-1 ve Tablo-2 de verilmiştir. Bileşen yıldızların fiziksel parametreleri hesaplanırken Güneş'in etkin sıcaklığı 5777 K, salt parlaklığı $4^m.732$ olarak alınmıştır. Baş yıldızın kütlesi $1.05 M_{\odot}$ ve yoldaş yıldızın kütlesi $0.89 M_{\odot}$ olarak elde edildi. Bu değerler daha önce literatürde elde edilen değerler ile uyumludur. Sistemin uzaklığı ise 135 pc olarak bulundu.

Tablo 2 : OO Aql sistemin fiziksel parametreleri.

Parametre	Birim	Baş yıldız	Yoldaş yıldız
Kütle (M)	M_{\odot}	1.05 (2)	0.89 (2)
Yarıçap (R)	R_{\odot}	1.37 (1)	1.27 (1)
Işıtma (L)	$\log (L_*/L_{\odot})$	0.251 (14)	0.116 (13)
Yüzey kütleçekimi ($\log g$)	cms^{-2}	4.19	4.18
Bolometrik parlaklık (M_b)	mag	4.10	4.44
Salt parlaklık (M_V)	mag	4.46	4.74
Yarı büyük eksen uzunluğu (a)	R_{\odot}	3.34 (2)	
Uzaklık (d)	pc	135 (8)	
Sıcaklık ($\log T_{\text{eff}}$)	K	3.756	3.738(4)

Yakın ve etkileşen çift yıldızların evrimi, nükleer evrim, madde transferi, madde kaybı ve açısal momentum kaybına bağlıdır. Anakola yeni gelmiş yakın ve ayırık bir çift sistem önce nükleer evrim ve dinamo kaynaklı açısal momentum kaybı ile evrimleşir. Daha sonra baş yıldızın Roche lobunu doldurması ile madde transferi onların evriminde etkili olur. Son olarak sistem degen duruma geçer ve bileşenler arasında madde ve enerji transferi devam eder. Yakın çift yıldızların bu evrim durumu ayrıntılı olarak Yakut ve Eggleton (2005) tarafından detaylı olarak ele alınmıştır. Yazarlar bu çalışmada degen sistemlerin nasıl evrimleştiğini irdelemişler ve yeni bir enerji aktarım süreci tanımlamışlardır. OO Aql sisteminin bugün gözlediğimiz koşullara nasıl geldiğini bulmak için farklı çift yıldız evrim modelleri yapıldı. Yapılan modeller içinde $1.15 M_{\odot} + 1.1 M_{\odot}$, 0.6 gün başlangıç koşullarına sahip model bugünkü koşulları başarılı bir şekilde vermektedir (Şekil-4).



Şekil- 4 : Kütle – Yarıçap diyagramında yıldızların evrim yolu. Baş yıldız kırmızı renk ile, yoldaş yıldız yeşil renk ile gösterilmiştir.

Şekil-4 kütle yarıçap diyagramını göstermektedir. Kırmızı ile gösterilen baş yıldız, yeşil ile gösterilen yoldaş yıldızın evrim yolunu göstermektedir. $1.15M_{\odot} + 1.1 M_{\odot}$ ve 0.6 gün yörünge dönemi ile anakolda evrimleşmeye başlayan sistem 8.5 milyar yıl sonra yarı-ayırık ve kısa bir zaman sonra da degen sistem durumuna geçmiştir. Sistem günümüz kütle ve yarıçap değerlerine 8.7 milyar yılda gelebilmiştir. Bu çalışmanın ayrıntıları İçli ve d. (2012) tarafından ele alınmıştır.

Bu çalışma 2209 TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmektedir.

5. Kaynaklar

- Binnendijk, L., 1968, AJ, 73, 32-41
Djurasevic G, Erkapic S., 1998, Ap&SS, 262, 305
Essam A., El-Bassuni A.A., Mahdy H.A., 1992, Ap&SS, 188, 127
Hoffleit, Dorrit, 1932, Harvard College Observatory Bulletin No. 887, pp.9-13
Hrivnak B.J., Guinan E.F., DeWarf L.E., Ribas I., 2001, AJ, 121, 1084
Lafta, S. J.; Grainger, J. F., 1985, Ap&SS, 114, 23
Lucy L.B., 1967, ZA, 65, 89
Prsa, A., Zwitter, T., 2005, ApJ, 628, 426
Pohl E., 1969, IBVS, 391, 1
Pohl E., Kızıllırmak A., 1975, IBVS, 1053, 1
Pohl E., Kızıllırmak A., 1970, IBVS, 456, 1
Pribulla T., Rucinski S.M., Conidis G., DeBond H., Thomson J.R., Gazeas K., Ogloza W., 2007, AJ, 133, 1977
van Hamme W., 1993, AJ, 106, 2096
Rucinski S.M., 1969, AcA, 19, 245
Yakut K., Eggleton P.P., 2005, ApJ, 629, 1055

