

Erken Tür Bir W UMa Sistemi V535 Ara'nın Salt Parametreleri

Burcu Özkardeş^{1,2*} ve Ahmet Erdem^{1,2}

¹ Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

² Fen Edebiyat Fakültesi; Fizik Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

Özet Bu çalışmada, W UMa türü sistem V535 Ara'nın fotometrik ve yeni tayfsal gözlemlerinin analiziyle elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Yeni yüksek çözünürlüklü tayflar, 2007 yılında Mt. John Üniversite Gözlemevinde alınmıştır. Her iki bileşenin dikine hızları, Fourier analizine dayanan tayfsal ayıklama yöntemiyle belirlenmiştir. Tayfsal çözümden bulunan yörünge parametreleri; $a_1 \sin i = 0.0047 \pm 0.0001$ AU, $a_2 \sin i = 0.0146 \pm 0.0001$ AU, $M_1 \sin^3 i = 1.85 \pm 0.01 M_\odot$, ve $M_2 \sin^3 i = 0.59 \pm 0.01 M_\odot$ dir. Dört fotometrik veri seti (1967 BV, 1970 BV, Hipparcos ve ASAS), Wilson-Devinney yöntemiyle modellenmiştir. Fotometrik ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı analizi, sistemin mutlak parametrelerini $M_1 = 1.93 \pm 0.04 M_\odot$, $M_2 = 0.59 \pm 0.02 M_\odot$, $R_1 = 2.09 \pm 0.02 R_\odot$, $R_2 = 1.23 \pm 0.02 R_\odot$, $L_1 = 17.72 \pm 1.96 L_\odot$ and $L_2 = 5.89 \pm 0.85 L_\odot$ olarak vermektedir. Yıldızlararası soğurmanın dikkate alındığı uzaklık modülünden sistemin uzaklığı 147 ± 11 pc olarak bulunmuştur.

1 Giriş

V535 Ara (HIP 86306 = HD 159441, A8V), sadece Güney Yarımküre'den gözlenebilen ve görece parlak ($V = 7^m.35$) 0.629306 gün yörünge dönemine sahip bir W UMa türü yıldızdır. Sistemin parlaklık değişimi, Schöffel ve Köhler (1965) tarafından saptanmıştır.

Chambliss (1967), V535 Ara'yı Johnson BV filtrelerini kullanarak fotoelektrik yöntemle gözlemiş ve Russell-Merill yaklaşımıyla sistemin yörünge elemanlarını elde etmiştir. Leung ve Schneider (1978), üç degen çift yıldızın (V535 Ara, AU Pup ve V1073 Cyg) fotoelektrik gözlemlerini ele almışlar; V535 Ara için Chambliss'in fotometrik verisini kullanarak Wilson-Devinney (1971) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Fotometrik çözümlerine göre sistem, Chambliss'in önerisine uygun olarak birinci minimumu transit, ikinci minimum tam tutulma gösteren ışık eğrisine sahip $f=0.025$ ile marjinal degen durumunda bir degen çift yıldızdır. V535 Ara, ilk kez Schöffel (1979) tarafından tayfsal olarak gözlenmiş; $H\alpha$, $H\gamma$ ve Ca II K çizgilerini kullanarak sistemin tayfsal kütle oranını

* burcu@comu.edu.tr; aerdem@comu.edu.tr; Tel.: 0286 2180018/1820; Fax: 0286 2180533

0.300 ± 0.015 ve tayf türünü $A5 \pm 2$ olarak belirlemiş; sistemi fotoelektrik yöntemle gözlemiş buradan, fotometrik çözümle tayfsal sonuçları birleştirerek sistemin mutlak parametrelerini elde etmiştir: $M_1 = 1.52 \pm 0.15 M_{\odot}$, $M_2 = 0.46 \pm 0.05 M_{\odot}$, $R_1 = 1.92 \pm 0.06 R_{\odot}$ ve $R_2 = 1.13 \pm 0.05 R_{\odot}$. Eaton (1991), 1986 yılında IUE (International Ultraviolet Explorer) uydusuyla elde ettiği moröte ışık eğrilerini, Chamblis ve Schöffel'in BV bantlarındaki normal noktalarıyla birlikte analiz etmiş ve en iyi uyumun lekesiz konvektif zarf modelinde sağlandığını belirterek sistemin geometrik öğelerini $q = 0.34 \pm 0.005$, $f = 0.614 \pm 0.033$ ve $i = 81.82 \pm 0.36$ olarak vermiştir. Pribulla ve Rucinski (2006), ek bir bileşene sahip 151 değen sistemin bulunduğu listeye V535 Ara'yı dahil etmişler; sistemin fotometrik ve tayfsal verilerini göz önünde bulundurarak sisteme ilişkin çalışılmaların geliştirilmesi yönünde öneride bulunmuşlardır.

2 Tayfsal Gözlemler ve Verilerin İndirgenmesi

Sistemin yüksek çözünürlüklü tayfları, 2007 yılının Eylül ve Ekim aylarında, Yeni Zelanda'da Tekapo Gölü yakınlarındaki Mt. John Üniversite Gözlemevi (MJUO)'nde alınmıştır. Gözlemler süresince, HERCULES (High Efficiency and Resolution Canterbury University Large Echelle Spectrograph) tayfçekeri, 1 m çaplı McLellan teleskobu ve 4kX4k Spectrel Instruments 600 series (SI600s) CCD kamerası kullanılmıştır. Tayfçekerle, 380 nm ile 900 nm dalgaboyu aralığında 100 tayf dizisi elde edilmektedir. Gözlemlerde, Hearnshaw ve ark. (2002)'nin MJUO için verdikleri görüşüne göre, $R=41000$ çözünürlük gücünü veren Fiber 1 kullanılmıştır. Dokuz gözlem gecesi süresince V535 Ara'ya ait 34 tayf toplanmıştır. Dalgaboyu kalibrasyonu için Toryum-Argon lamba tayfı, yıldıza ait her bir pozun öncesinde ve sonrasında alınırken beyaz lamba tayfı, düz alan düzeltmesi yapmak amacıyla her gözlem gecesi alınmıştır. Elde edilen tüm tayflar, Canterbury Üniversitesi Fizik ve Astronomi Bölümünde geliştirilen HRSP (Hercules Reduction Software Package, HRSP: Skuljan ve Wright, 2007) programıyla indirgenmiştir.

3 Dikine Hızlar ve Yörünge Çözümü

Dikine hız ölçümleri, Fourier dönüşümleriyle bileşenlerin tayflarının ayrıştırılmasında başarılı bir yöntem olan KOREL (Hadrava, 1995) programı kullanılarak yapılmıştır. Sistemin tüm tayfları incelendiğinde, gözlenen dalgaboyu aralığında birinci bileşenin tayf çizgilerinin baskın olduğu görülmektedir. Öte yandan, sistemin tayf türü $A5V$ gözönüne alındığında, gözlenen tayflarda güçlü CaII H&K çizgileri ile Hidrojen çizgilerinin Balmer serisi baskın olmalıdır. Bu anlamda, bileşenlerin ayrıştırılması için, ikinci bileşenin tayfsal çizgilerinin de tespit edilebildiği, Balmer serisinin ilk dört çizgisi ile CaII K çizgisini içeren 5 tayfsal bölge kullanılmıştır. Seçilen 5 tayf dizisi KOREL programıyla eşzamanlı olarak analiz edilmiştir. Yörünge elemanlarına programın yaptığı en iyi fitin sonuçları Tablo 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. V535 Ara'nın tayfsal yörünge parametreleri

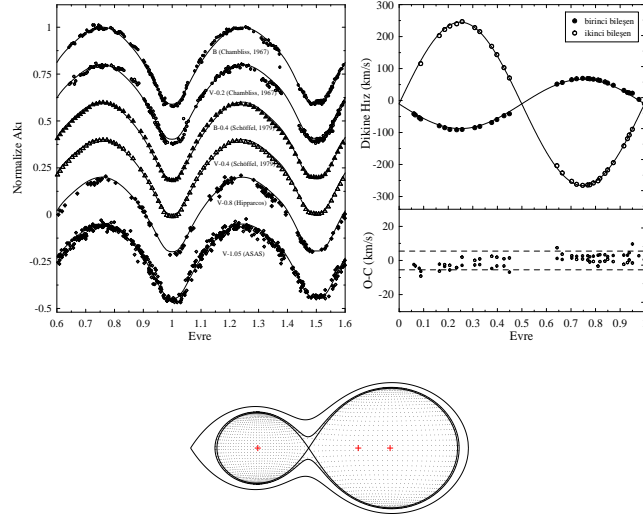
Parametre	Değer
P (days)	0.629306 (fixed)
T_0 (HJD+2454355)	0.9182 ± 0.0009
K_1 (km/s)	80.9 ± 0.5
K_2 (km/s)	253.6 ± 0.5
q	0.319 ± 0.002
V_γ (km/s)	-11.3 ± 3.4
$M_1 \sin^3 i$ (M_\odot)	1.85 ± 0.01
$M_2 \sin^3 i$ (M_\odot)	0.59 ± 0.01
$a_1 \sin i$ (AU)	0.0047 ± 0.0001
$a_2 \sin i$ (AU)	0.0146 ± 0.0001

4 Fotometrik Analiz

W UMA türü örten çift yıldız V535 Ara'nın literatürde yer alan altı ışık eğrisi (Chambliss (1967) BV ışık eğrileri; Schöffel (1979) BV ışık eğrileri; Hipparcos ışık eğrisi ve ASAS V bandı ışık eğrisi) Wilson-Devinney yöntemi (1973, 1996 versiyonu) kullanılarak bu çalışmada elde edilen dikine hız eğrileriyle eşzamanlı analiz edilmiştir. Sistemin ışık eğrilerinin maksimum düzeyleri arasında belirgin bir fark olmaması nedeniyle lekesiz model uygulanmıştır. Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümden elde edilen sonuçlar, Tablo 2'de verilmektedir. Sistemin literatürdeki fotometrik verilerinin normalize ışık eğrileri ve bunlara uydurulan kuramsal fitleriyle birlikte bileşenlerin dikine hız eğrileri ile Roche geometrisi Şekil 2'de gösterilmektedir.

Çizelge 2. V535 Ara çift yıldızının ışık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözüm sonuçları

Parametre	Schöffel (1979)	Chambliss (1967)	Hipparcos	ASAS
a (R_\odot)	4.21 ± 0.18	4.21	4.21	4.21
V_γ (kms^{-1})	-41.4 ± 0.5	-41.4	-41.4	-41.4
ϕ	-0.0002 ± 0.0003	-0.0008 ± 0.0003	0.0001 ± 0.0007	0.0011 ± 0.0006
i ($^\circ$)	79.9 ± 0.3	79.9	79.9	79.9
T_1 (K)	8200	8200	8200	8200
T_2 (K)	8129 ± 21	8148 ± 19	8158 ± 46	8139 ± 45
$\Omega_1 = \Omega_2$	2.429 ± 0.008	2.429	2.429	2.429
q (M_2/M_1)	0.302 ± 0.003	0.302	0.302	0.302
değme parametresi	0.22	0.22	0.22	0.22
$l_1/l_{total} - B$	0.716 ± 0.003	0.718 ± 0.002	-	-
$l_1/l_{total} - V$	0.708 ± 0.002	0.707 ± 0.002	0.700 ± 0.003	0.712 ± 0.004
r_1 (ortalama)	0.498 ± 0.001	0.498	0.498	0.498
r_2 (ortalama)	0.292 ± 0.004	0.292	0.292	0.292
$\Sigma W(O - C)^2 - RV1$			0.00208	
$\Sigma W(O - C)^2 - RV2$			0.00060	
$\Sigma W(O - C)^2 - B$	0.03126	0.03177	-	-
$\Sigma W(O - C)^2 - V$	0.05657	0.05811	0.02623	0.23539



Şekil 1. V535 Ara'nın literatürde yer alan ışık eğrileri ve eşzamanlı çözümden elde edilen en iyi teorik fitleri (solda);dikine hız eğrileri ile Kepler yörünge fiti (sağda); sistemin Roche geometrisi (altta)

5 Sonuçlar

Güney Yarımküreye ait değen çift yıldız V535 Ara'nın 2007 yılının Eylül-Ekim aylarında tayfsal gözlemleri yapılarak yüksek çözünürlüklü échelle tayfları elde edilmiştir. Tayfsal ayıklama yöntemi (KOREL programı) kullanılarak, sistemin dikine hızları belirlenmiş ve yörünge çözümü yapılmıştır. Bu çözümden sistemin tayfsal kütle oranı 0.319 ± 0.002 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3. V535 Ara'nın salt parametreleri

Parameter	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
a (R_{\odot})		4.20 ± 0.02
P_{orb} (days)		0.629306 ± 0.000005
M (M_{\odot})	1.93 ± 0.04	0.59 ± 0.02
R (R_{\odot})	2.09 ± 0.02	1.23 ± 0.02
$\log g$ (cgs)	4.08 ± 0.01	4.03 ± 0.01
T (K)	8200 ± 200	8129 ± 221
M_{bol}	1.63 ± 0.13	2.82 ± 0.16
M_V	1.75 ± 0.12	2.94 ± 0.16
L (L_{\odot})	17.72 ± 1.96	5.89 ± 0.85
M_V		1.44 ± 0.17
d (pc)		147 ± 11

Sistemin ışık eğrilerinin analizi için Wilson-Devinney yöntemi kullanılmıştır. Işık eğrisi çözümü, V535 Ara'yı 0.22'lik değme oranına sahip A alt sınıfı W UMa türü degen çift sistem olarak tanımlamaktadır. Işık ve dikine hız eğrilerinin eşzamanlı çözümüyle sistemin mutlak parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, hatalarıyla birlikte Tablo 3'de verilmektedir.

Kaynaklar

- Chambliss, C.R.: The eclipsing binary system BV 419. *Astronomical Journal* **72** (1967) 512–517
- Eaton, J.A: Ultraviolet light curves of V535 Arae. *Astrophysics and Space Science* **186** (1991) 7–20
- Hadrava, P.: Orbital elements of multiple spectroscopic stars. *Astronomy and Astrophysics Supplement* **114** (1995) 393–396
- Hearnshaw, J. B., Barnes, S. I., Kershaw, G. M., Frost, N., Graham, G., Ritchie, R., Nekivell, G. R.: The Hercules echelle spectrograph at Mt. John. *Experimental Astronomy* **13** (2002) 59–76
- Leung, K.-C., Schneider, D. P.: Evolved contact systems of spectral type A - AU Puppis, V535 Arae, and V1073 Cygni. *Astrophysical Journal* **222** (1978) 917–923
- Pribulla, T., Rucinski, S.M.: Contact binaries with additional components. I. The extant data. *Astrophysical Journal* **131** (2006) 2986–3007
- Schöffel, E.: Absolute characteristics of the W UMa system V535 Arae. *Astronomy And Astrophysics Supplement Series* **36** (1979) 287–296
- Skuljan, J., Wright, D.: HRSP Hercules reduction software package (vers. 3). Univ. Canterbury, New Zealand
- Wilson, R.E., Devinney, E.J.: Fundamental data for contact binaries: RZ Comae Berenices, RZ Tauri, And AW Ursae Majoris. *Astrophysical Journal* **182** (1973) 539–547