

NSV 10892'nin Çok Renk Işıkkölçümü ve Işık Eğrisi Analizi

Can GÜNGÖR, Sena ÇELİK, Günay TAŞ, Serdar EVREN

¹Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 38039, İZMİR
cangungor@mail.ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada, NGC 6633 açık yıldız kümesinde bulunduğu belirtilen W UMa türü HD 170451 sisteminin kapsamlı ilk fotoelektrik fotometrisi yapılmıştır. Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 48 cm Cassegrain teleskop kullanılarak dört renkte ışık değişimleri elde edilmiştir. Elde edilen ışık eğrileri Wilson-Devinney programıyla analiz edilmiş ve sisteme ilişkin geometrik ve fizik parametreler elde edilmiştir. Bu çözümler ışığında, sistemin, W UMa türü çiftlerin W-alt grubu bir üyesi olduğu ve sistemin küme üyesi değil, bir önalın yıldızı olması gerektiği bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: NGC 6633: HD 170451

Abstract: In this study, we present photoelectric photometry of HD 170451 which is a W UMa type eclipsing binary and is a member of the open cluster NGC 6633. The light variations of the system for four colours were obtained with 48 cm Cassegrain telescope at Ege University Observatory. The light curves were analysed using Wilson-Devinney code and obtained the physical and geometrical parameters of the system. From these results, we found that HD 170451 is a member of W sub-type of W UMa type eclipsing binaries, and it should not be considered a member of the cluster. According to our calculations, it should be a foreground object.

Key words: NGC 6633: HD 170451

1. Giriş

Ophiuchus takımıyıldızında bulunan NSV 10892 (HD 170451)'in ilk gözlemi 1921'de Vogt tarafından yapılmıştır. Bu çalışma NGC 6633 bölgesinde bulunan yıldızların koordinatlarını belirlemek üzere yapılmıştır. Aynı bölge Kopff (1943), Hiltner vd. (1958) ve Schmidt (1976) tarafından da tayfsal ve fotometrik olarak gözlenmiştir. Yukarıda sözü geçen hiçbir çalışmada ne HD 170451 ne de gözlemler için seçilen mukayese ve denet yıldızları küme üyesi olarak işaretlenmemiştir. Ancak, SIMBAD veri tabanında bu üç yıldız da NGC 6633 açık yıldız kümesinin üyesi olarak gösterilmektedir.

Çizelge 1.1 HD 170451 ve gözlemlerde kullanılan mukayese yıldızlarına, farklı araştırmacıların çalışmalarında verdikleri isimler.

	Kopff (1943)	Hiltner vd. (1958)	Vogt (1921)	Latypov (1972)
Değişen	147	153	42	831
Mukayese	123	139	4	643
Denet	151	155	33	859

NGC 6633 kümesinin üyelerinin belirlenmesine ilişkin yapılan gözlemsel çalışmaların sonuçları pek çok farklı yazar tarafından yayınlandığı için HD

170451 değişik numaralarla kataloglanmıştır. Açık kümeler için hazırlanmış büyük bir veri tabanı olan WEBDA'dan alınan bu kodlar Çizelge 1.1'de gösterilmektedir.

Sisteme ilişkin ilk ve tek fotometrik çalışma Koppelman vd. (2002)'ye aittir. Bu amatör gözlemcilerle ait bir çalışmadır ve bu çalışmada, sistemin W UMa türü değişen bir yıldız olduğu belirtilmiştir. Işık öğeleri ise aşağıdaki gibi verilmiştir,

$$HJD (\text{Min } I) = 24\,52454.7107 (4) + 0^{\text{e}}.375296 (3) E \quad (1.1)$$

Sistem SIMBAD veri tabanında, B ve V parlaklıkları sırasıyla $9^{\text{m}}.97$ ve $9^{\text{m}}.44$ olan G tayf türünden bir sistem olarak verilmektedir. Bu parlaklıklardan hesaplanan renk ölçeği 0.53'tür ve F8 tayf türüne karşılık gelmektedir (Gray 1992). Hiltner vd. (1958) ise sistemi, $V = 9^{\text{m}}.5$ parlaklığında, $B-V = 0.6$ olan bir yıldız olarak belirlemiştir, bu renk ölçeği G1 tayf türüne karşılık gelmektedir. Farklı sonuçlar farklı aletsel özelliklerden kaynaklandığı gibi yıldızla ilişkin bünyesel bir değişimle de ilgili olabilir. Bu tür bir sonuç ancak gözlemlerin artmasıyla ve özellikle tayfsal gözlemlerle ortaya çıkarılabilecektir.

2. Gözlemler

HD 170451'in gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevi'nin 48 cm'lik Cassegrain türü

teleskobuna bağlı üç kanallı fotometre (HSTCP) ile yapılmıştır. Fotometrik gözlemlere ilişkin ayrıntılı bilgi Çizelge 2.1'de verilmiştir. Çizelgede ilk kolon gözlem gününe ilişkin güneş merkezine indirgenmiş JD'yi, ikinci kolon gözlem süresini ve üçüncü kolon gecelik gözlem nokta sayısını göstermektedir. Gözlemlerin ortalama gecelik hatası her bir süzgeç için (U, B, V ve R) sırasıyla $0^m.011$, $0^m.007$, $0^m.006$ ve $0^m.005$ olmuştur. Gözlemlerde kullanılan mukayese ve denet yıldızı, sırasıyla, HD 170291 ve HD 170472'dir. Bu yıldızlara ilişkin SIMBAD veri tabanından alınan bazı parametreler Çizelge 2.2'de listelenmiştir.

Çizelge 2.1 2003 Gözlem sezonuna ilişkin bazı bilgiler

HJD (24 00000+)	D (sa)	N (UBVR)
52794	3.2	73
52795	3.6	111
52798	2.6	92
52802	3.6	116
52821	2.3	62
52825	3.6	51

Çizelge 2.2 Değişen ve mukayese yıldızlarına ilişkin bazı parametreler

Yıldız	HD no.	B (mag)	V (mag)	TT
Değişen	HD 170451	9.97	9.44	G
Mukayese	HD 170291	8.08	7.65	F5
Denet	HD 170472	9.15	9.14	A0

Çizelge 2.3 HD 170451'e ilişkin minimum zamanları ve O-C değerleri.

O (gün)	Tür	S	E	O-C (I) (gün)	K
52434.8143 (3)	I	V	-53	-0.00567	1
52441.7572 (2)	II	V	-34.5	-0.00578	1
52453.7661 (2)	II	V	-2.5	-0.00635	1
52454.7052 (2)	I	V	0	-0.00548	1
52456.4926 (2)	II	V	5.5	-0.00450	1
52476.6577 (4)	II	V	58.5	-0.00782	1
52478.7254 (3)	I	V	64	-0.00430	1
52795.4926 (2)	I	B	908	0.01309	2
52795.4931 (2)	I	R	908	0.01359	2
52795.4933 (3)	I	V	908	0.01380	2
52795.4945 (8)	I	U	908	0.01507	2
52798.4943 (4)	I	R	916	0.01248	2
52798.4948 (4)	I	B	916	0.01296	2
52798.4949 (4)	I	V	916	0.01308	2
52798.4957 (8)	I	U	916	0.01390	2
52802.4346 (4)	II	B	926.5	0.01215	2
52802.4347 (2)	II	V	926.5	0.01229	2
52802.4349 (4)	II	R	926.5	0.01242	2
52802.4357 (5)	II	U	926.5	0.01328	2
52825.5168 (4)	I	R	988	0.01362	2
52825.5169 (10)	I	U	988	0.01375	2
52825.5175 (4)	I	B	988	0.01432	2
52825.5192 (22)	I	V	988	0.01609	2

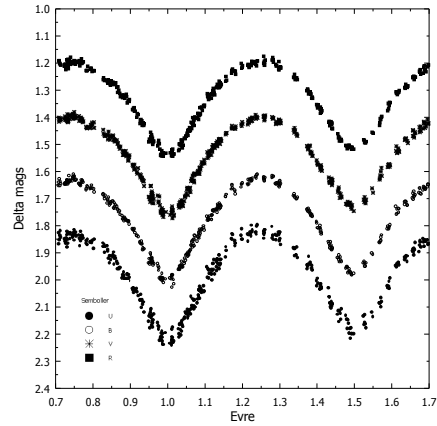
1: TASS (Koppelman vd. 2002), 2: Bu çalışma

Çizelge 2.3 de ise literatürden alınan ve bu çalışmada elde edilen minimum zamanları listelenmiştir. Bu minimum zamanlarına en küçük kareler yöntemi uygulanarak O-C analizi yapılmıştır. O-C (I) hesabında Koppelman vd.

(2002)'den alınan ve (1.1)'de verilen ışık öğeleri kullanılarak C değeri hesaplanmış, T_0 ve P'deki hata düzeltilmiştir. Elde edilen yeni ışık öğeleri aşağıdaki gibidir;

$$\text{HJD (Min I)} = 24\ 52454.7050 (4) + 0^{\text{e}}.3753166 (6) E \quad (2.1)$$

Gözlem noktalarının evre hesabında (2.1) eşitliğindeki değerler kullanılmış ve Şekil 2.1'de bu evre değerlerine göre parlaklıklar noktalanmıştır. Şekilde, her bir süzgece ilişkin değişimlerin net olarak görülebilmesi için, B parlaklığından $0^m.15$, V parlaklığından $0^m.30$ ve R parlaklığından $0^m.45$ 'lik bir değer çıkarılmıştır. Baş minimumun derinliği U'da $0^m.385$, B'de $0^m.370$, V'de $0^m.355$, R'de $0^m.340$ 'ken, yan minimum derinlikleri aynı sırayla $0^m.365$, $0^m.355$, $0^m.335$ ve $0^m.320$ 'dir.



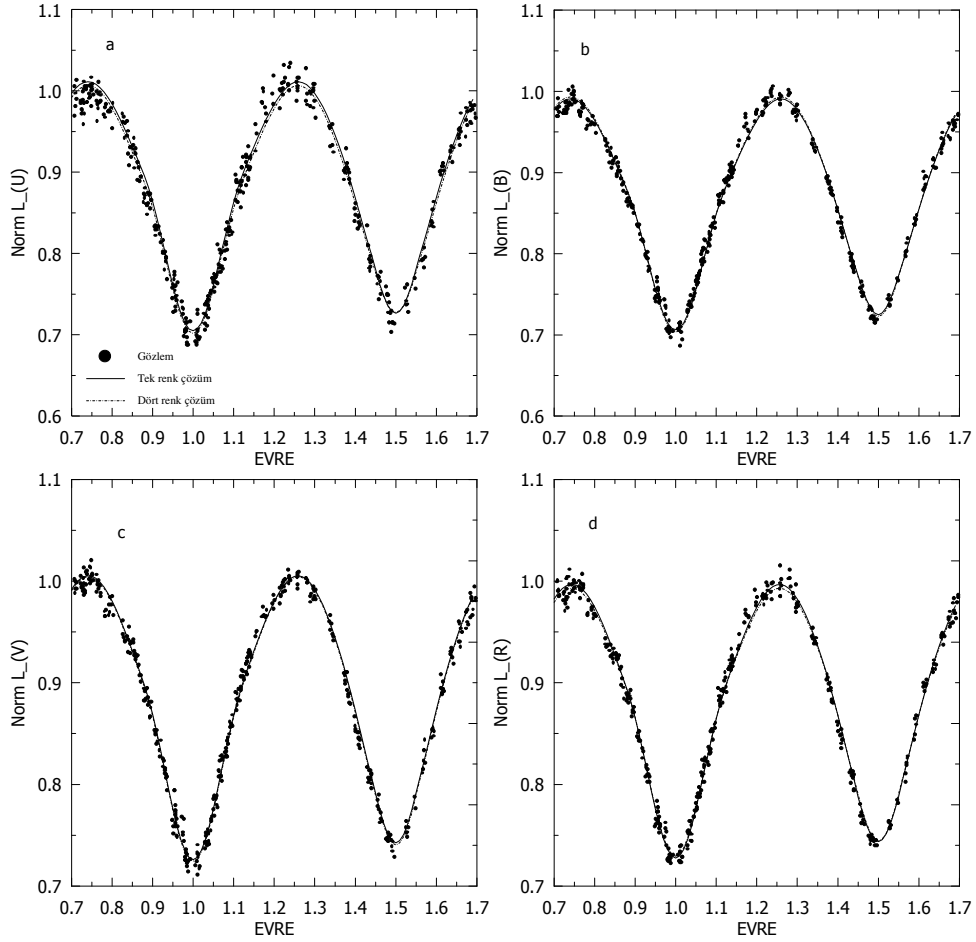
Şekil 2.1 HD 170451'in U, B, V, R ışık değişimleri.

3. Işık Eğrisi Analizi

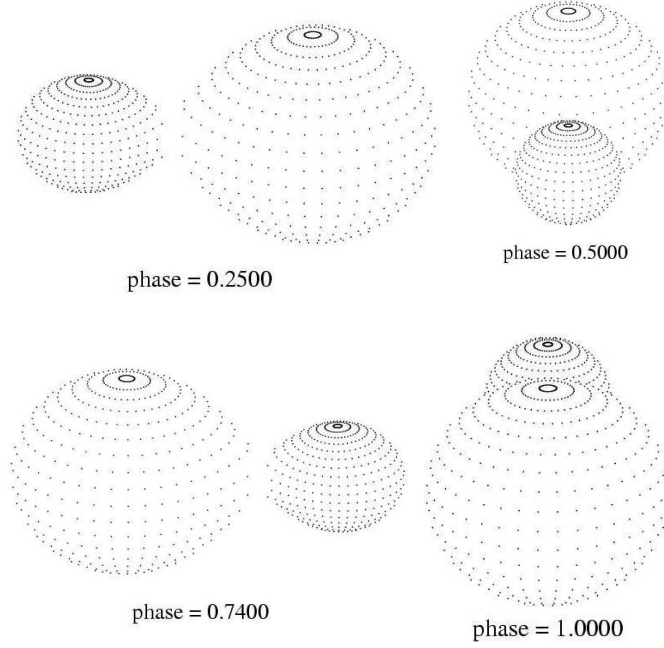
HD 170451'in tüm renklerdeki ışık eğrilerinin biçimi W UMa sistemlerin tipik görüntüsünü yansıtmaktadır. Benzer ışık değişimleri RRc türü yıldızlar, ellipsoid değişenler, Delta Scuti türü zonklayan yıldızlar ve aktif geri tür yıldızlar tarafından da gösterilebilir. Sistemin türünü belirleyebilmek için Rucinski (1997)'nin geliştirdiği Fourier tekniği kullanılarak gözlem noktaları üzerinden a2 ve a4 fourier katsayıları, sırasıyla, -0.17 ve -0.03 olarak belirlenmiştir. Aynı kaynaktan alınan diyagramda bu katsayılar işaretlendiğinde, HD 170451'in W UMa türü örten çiftlerin bölgesinde bulunduğu görülmüştür. Işık eğrisinin biçimi ve iki minimumda da rengin kırmızılaşması da HD 170451'in W UMa türü bir örten çift olduğunu desteklemektedir. Buradan yola çıkarak, sistemin ışık eğrisi analizi, Wilson-Devinney programındaki (Wilson 1994) değen çiftler için hazırlanmış olan Mode 3 kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Wilson-Devinney programıyla elde edilen ışık eğrisi analizinin sonuçları

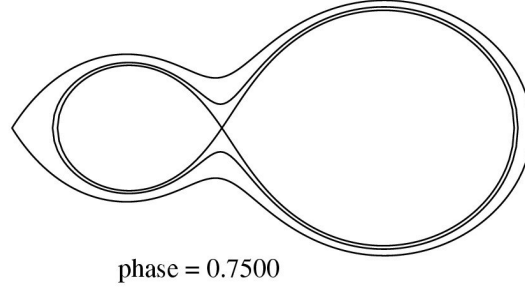
Parametre	U	B	V	R	UBVR			
q (M2/M1)	3.935 (11)	3.923 (13)	3.942 (5)	3.932 (2)	3.920 (1)			
g1=g2	0.320	0.320	0.320	0.320	0.320			
A1=A2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			
x1=x2	0.769	0.740	0.633	0.448				
i (°)	67.76 (31)	66.44 (20)	66.80 (21)	66.86 (23)	66.79 (12)			
T1 (K)	6226	6226	6226	6226	6226			
T2 (K)	6092 (21)	6056 (14)	6046 (17)	6030 (18)	6051 (9)			
$\Omega_1=\Omega_2$	7.674 (11)	7.630 (14)	7.656 (10)	7.615 (11)	7.622 (5)			
L1	3.035 (52)	2.993 (27)	2.990 (28)	2.980 (26)	3.132 (22)	3.014 (17)	2.996 (14)	2.938 (12)
L2	8.811	8.645	8.865	8.816	8.645	8.652	8.860	8.843
r1 (pole)	0.2588 (10)	0.2608 (12)	0.2603 (7)	0.2624 (7)	0.2611 (3)			
r1 (side)	0.2707 (12)	0.2731 (15)	0.2725 (9)	0.2750 (9)	0.2734 (3)			
r1 (back)	0.3118 (23)	0.3162 (31)	0.3154 (17)	0.3200 (17)	0.3167 (7)			
r2 (pole)	0.4776 (7)	0.4790 (8)	0.4792 (6)	0.4808 (6)	0.4792 (3)			
r2 (side)	0.5184 (9)	0.5205 (12)	0.5207 (8)	0.5229 (9)	0.5206 (4)			
r2 (back)	0.5454 (12)	0.5481 (15)	0.5482 (10)	0.5511 (11)	0.5483 (5)			



Şekil 3.1 Dört renk için elde edilen çözüm sonuçlarının gözlemlerle karşılaştırılması.



Şekil 3.2a HD 170451'in dört farklı evreye karşılık gelen yörünge geometrisi.



Şekil 3.2b HD 170451'in Roche geometrisi.

4. Sonuçlar

NGC 6633 kümesinin uzaklık modülü, $m-M = 7.77$ 'dir (Jeffries vd. 2002). Sistemin maksimum parlaklığı (0.25 evre) gözlemlerden $9^m.345$ olarak belirlenmiştir. Bu değer, uzaklık modülüne yerleştirildiğinde, sistemin salt parlaklığı $M_V = 1^m.58$ olarak bulunur. Gözlemlerden sistemin B-V renginin 0.25 evrede 0.505 olduğu belirlenmiştir. Bu renge karşılık gelen tayf türü $\sim F7$ 'dir. ZAMS kütle-ışınım gücü ilişkisinden bu tayf türünden bir anakol yıldızının sahip olması gereken salt parlaklık değeri $M_V = 3^m.96$ 'dır (Gray 1992). Kümenin renk artık değeri, $E(B-V) = 0.165$ (Jeffries vd. 2002), hesaplara eklendiğinde, sistemin kırmızılaşmamış rengi, $(B-V)_0 = 0.340$ olarak bulunur. Bu renk değeri $\sim F1.5$ yıldızı ve $2^m.85$ 'lik bir salt parlaklığa

karşılık gelir (Gray 1992). Hem $3^m.96$ hem de $2^m.85$ 'lik salt parlaklık değeri, küme uzaklığının kullanılmasıyla ulaşılan salt parlaklık değerinden çok büyüktür. Dolayısıyla, sistem, küme uzaklığından daha küçük bir uzaklıkta olmalıdır.

Rucinski (1994), gözlenen renge ve yörünge dönemine bağlı olarak W UMa türü sistemlerin salt parlaklıklarını belirlemek ve böylece W UMa türü sistemleri uzaklık belirteci olarak kullanmak üzere basit bir ilişki geliştirmiştir;

$$M_V = a_{P(B-V)} \log P + a_{BV} (B-V) + a_{0(BV)} \quad (4.1)$$

(4.1) eşitliğindeki katsayılar aşağıdaki gibidir;

$$a_{P(BV)} = -2.38 \pm 1.20$$

$$a_{(BV)} = +4.26 \pm 0.87$$

$$a_{0(BV)} = +0.28 \pm 1.01$$

Bu eşitliği kullanarak Rucinski (1994), yaşlı açık kümeler olan NGC 6791, Be 39 ve To 2 kümelerindeki W UMA'ların küme üyesi olup olmadıklarını belirlemiştir. Aynı yöntem HD 170451'e uygulandığında, sistemin evrim etkilerinden arındırılmış, düzeltilmiş salt parlaklık değeri $M_V = 3^m.44$ olarak bulunur. Rucinski (1994) bir ΔM_V tanımı yapmıştır; $\Delta M_V = M_V(\text{gözlem}) - M_V(\text{hesap})$. ΔM_V 'nin negatif olduğu sistemler ön alan yıldızı olduğunu, pozitif olduğu sistemler ardalan yıldızı olduğunu göstermektedir. HD 170451 için $\Delta M_V = -1.869$ gibi büyük bir fark bulunur. Bu fark, Rucinski (1994)'ün ifade ettiği hata sınırlarının çok dışında kalır. Dolayısıyla, *HD 170451, NGC 6633'ün üyesi olamaz, bir ön alan yıldızı olmalıdır.* Buradan bulunan düzeltilmiş salt parlaklık değeri, yıldızlararası kızıllaşma olmadığı kabulüyle, 0.25 evredeki görünür parlaklık değeriyle birlikte uzaklık modülüne (4.2 eşitliği),

$$m - M = -5 + 5 \log d \quad (4.2)$$

yerleştirildiğinde sistemin gerçek uzaklık değeri, $d = 151$ pc olarak hesaplanır. HD 170451 küme için ifade edilen 358 pc'lik uzaklıktan çok daha yakın bir bölgededir.

Gözlemlerden ulaşılan çözüm sonuçları ve kümeye ilişkin literatürden alınan veriler birleştirilerek, sisteme ilişkin daha ileri hesaplamalar yapmak olasıdır. Bu hesaplardan sonra sistemin bileşenlerine ve yörüngesine ilişkin ulaşılan fiziksel parametreler, çözümden alınan sonuçlarla beraber Çizelge 4.1'de listelenmiştir.

Çizelge 4.1 Sistemin bileşenlerine ve yörüngesine ilişkin hesaplanan fiziksel parametreler.

	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$a (R_{\odot})$	2.92439	
$i (^{\circ})$	66.8	
e	0.0	
q	3.92	
f	0.287	
$m (m_{\odot})$	0.483	1.902
$R (R_{\odot})$	0.815	1.488
$L (L_{\odot})$	0.871	2.582
$T (K)$	6226	6046
$\text{Log } g$	4.299	4.372
	Birinci bileşen	İkinci bileşen
$d (pc)$	151	
$m_V (mag)$	10.841	9.661
$M_V (mag)$	4.940	3.760
$B-V (mag)$	0.474	0.502

Çözümler ve yapılan hesaplar HD 170451 sisteminin W UMA türü örten çiftlerin W alt türünün bir üyesi olduğunu göstermiştir. Bulunan fotometrik kütle oranının tayfsal gözlemlerle denetlenmesine mutlaka gereksinim vardır.

Teşekkür: *Bu çalışma, EBİLTET (Ege Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Topluluğu) tarafından araştırma projesi olarak desteklenmiştir. Yazarlar, EBİLTEM Bilim ve Teknoloji Topluluğu'na çok teşekkür eder.*

5. Kaynaklar

- Gray, D., 1992, in "The observation and analysis of stellar photospheres", Cambridge University Press.
- Hiltner, W.A., Iriarte, B., Johnson, H.L., 1958, ApJ, 127, 539.
- Jeffries, R.D., Totten, E.J., Harmer, S., Deliyannis, C.P., 2002, MNRAS, 336, 1109.
- Kopff, E., 1943, AN, 274, 69.
- Koppelman, M.D., West, D., Price, A., 2002, IBVS, No. 5327.
- Rucinski, S.M., 1994, PASP, 106, 462.
- Rucinski, S.M., 1997, AJ, 113, 407.
- Schmidt, E.G., 1976, PASP, 88, 63.
- SIMBAD, Centre de Données astronomiques de Strasbourg, France.
- WEBDA, A Site Devoted to Stellar Clusters, Switzerland.
- Wilson, R.E., 1994, PASP, 106, 921.