

V566 OPH ÖRTEN ÇİFT YILDIZININ IŞIK EĞRİSİ ÇÖZÜMÜ

Gökhan GÖKAY¹, Rahşan KALCI², Yahya DEMİRCAN³, Ethem DERMAN⁴

Özet

V566 Oph sistemi, F4V tayf türünden olup çok iyi bilinen A-türü bir W Uma çift yıldızıdır. Bu çalışmada sistemin 21-23 Temmuz 2004 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Gözlemevinde U, B ve V bantlarında alınan ışık eğrisi, Phoebe arayüzü kullanılarak WD programı ile çözülmüştür. Ayrıca sistemin O-C analizi, bulduğumuz minimum zamanları kullanılarak Kalimeris yöntemi ile yapılmıştır. Sistemde ana dönem değişimi üzerine binmiş ikinci bir değişim görülmektedir. Bu değişimin manyetik etkinlikten kaynaklanıp kaynaklanmadığını araştırmak için yayınlanmış tüm ışık eğrileri tekrar çözüldü. Akı, sıcaklık, renk ve minimum derinlikleri arasındaki farkın zamana göre değişimi O-C'deki ikincil değişim ile karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler: *W Uma, Örtün Çift Yıldızlar, Dönem Analizi*

Abstract

V566 Oph is a well known A-type W-UMa star. Spectral type of system is FV4. In this study, the light curve of system observed in U, B, and V bands at Ankara University Observatory during 21-23 July 2004 was analysed with "Physics Of Eclipsing Binaries" program PHOEBE built on top of the widely used WD program. Additionally O-C analysis of this system using our derived minima times done with Kalimeris method. In this system, main and secondary period change is present. To allow understand this variability whether magnetic activity or not, published all light curves of this system again analysed. The variation of flux, temperature, color and differences of minima depths with time has been interpreted compared with secondary period change (O-C)₂.

Keywords: *W Uma, Eclipsing Binary Stars, Period Analysis*

1. Giriş

V566 Ophiucus (HD 163611, BD+5°3547) iyi bilinen A türü W-UMa sistemlerinden biridir. Ana bileşeni F4 V tayf türündendir. Sistemin V bandında gözlenen maksimum parlaklığı 7^m.6'dır. Hoffmeister tarafından 1935 yılında değişen yıldız olduğu keşfedilmiş, bu tarihten sonra da çok sayıda fotoğrafik ve fotoelektrik gözlemleri yapılmıştır. Bunların bazıları Bookmyer [1][2], Binnendijk [3], Purgathofer [4], AAVSO [5], Pop ve Todoran [6], Dawson [7], Niarchos [8], Lafta & Grainger [9]. Ayrıca sisteme ait gözlemler Ankara'da

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan Ankara (312)2126720/1350, ggokay@science.ankara.edu.tr

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan Ankara (312)2126720/1319, rahsan.kalci@pleksus.com.tr

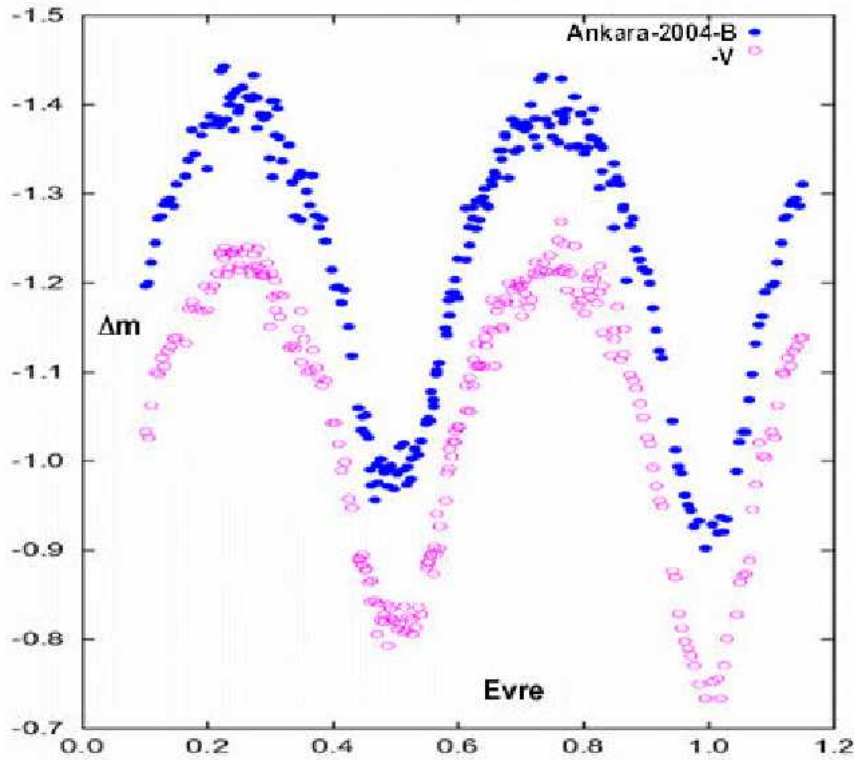
³ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan Ankara (312)2126720/1352, demircan@ankara.edu.tr

⁴ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan Ankara (312)2126720/1319, ethem.derman@ankara.edu.tr

1988, 1989 ve 2004 yıllarında da yapılmıştır. Sistemin 1985 yılına kadar elde edilen ışık eğrileri birbirlerine göre değişim göstermemekte ve dikkat çekecek derecede tutarlı, sabit görünmekteydi. Lafta ve Grainger [9], ikinci minimum derinliğinin değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca sistemin yörünge döneminin de 1952-1966 yılları arasında sabit, ancak bu tarihten sonra ani değişimler gösterdiği bir çok araştırmacı tarafından ifade edilmiştir.

2. Gözlemler

V566 Ophiucus sistemi, 21-23 Temmuz 2004 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Gözlemevinde 30cm Maksutov-Cassegrain teleskoba monte edilmiş Optec SSP-5A fotoelektrik fotometresi kullanılarak U, B ve V bantlarında gözlenmiştir. Gözlemler sırasında mukayese yıldızı olarak HD163697, denet yıldızı olarak da HD163592 kullanılmıştır.



Şekil 1. V566 Oph yıldızının 2004 yılında yapılmış B ve V bantı gözlemleri.

Mukayese ve denet yıldızlarının verilerinden gözlemlere ait hatalar B bandında $0^m.013$, V bandında $0^m.010$ hesaplanmıştır. Gözlemler sonucu iki tane ikinci, bir tane de birinci minimum zamanı elde edilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Gözlemlerden elde edilen minimum zamanları ve hataları.

HJD	Minimum Türü	Hata
2453208,33948	Min II	0,000323
2453209,36328	Min I	0,000208
2453210,38768	Min II	0,000260

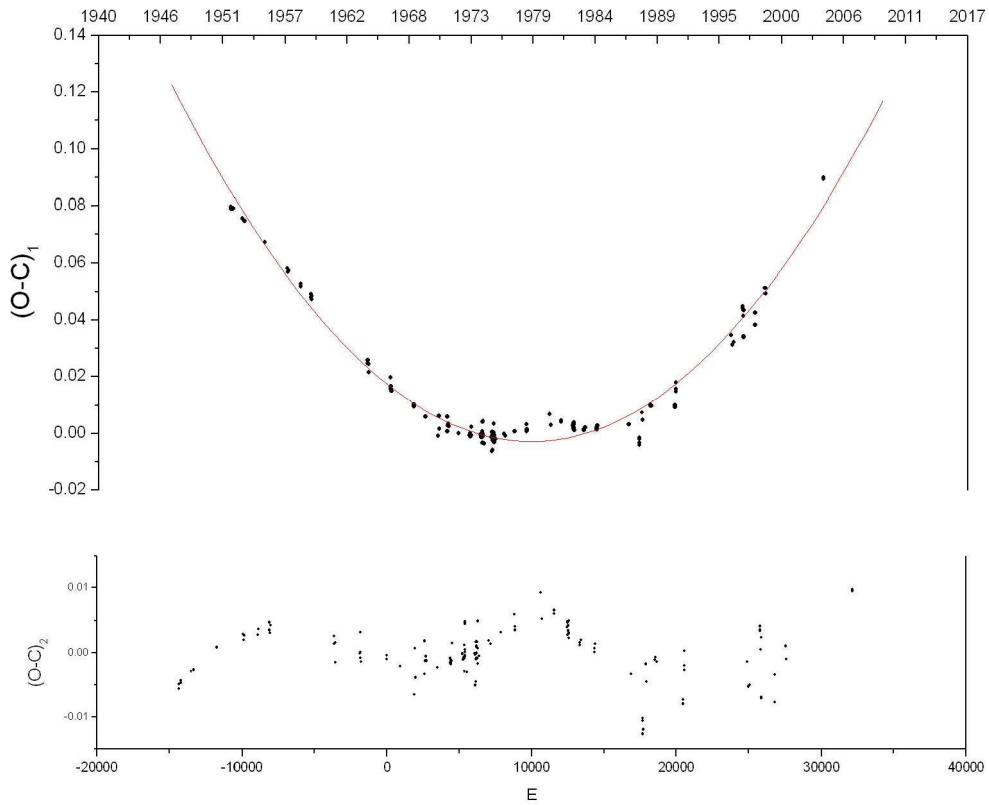
3. Dönem Değişimi

Gözlemler sonucu elde edilen üç yeni minimum zamanına ek olarak literatürden toplanan 56 tane ikinci, 90 tane birinci minimum olmak üzere toplam 146 minimum zamanı kullanılarak sistemin dönem analizi yapılmıştır. Literatürde yer alan minimum zamanları sayıca fazla olmasına karşın, dönem değişimi grafiğinde genel trendi bozması nedeniyle analizde çoğu kullanılmamıştır. Dönem analizi, Seeds ve Dawson [10]'un ışık elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Min I} = \text{HJD } 2440047,3478 + 0.40964600 \text{ E}$$

Gözlenen minimum zamanları (O) ve hesaplanan minimum zamanları (C) arasındaki fark alınarak O-C değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan O-C değerlerinin grafiği çizildiğinde (Şekil 2) sistemin döneminin arttığı görülmüştür. Bu durum ise sistemde yoldaş yıldızdan baş yıldıza doğru kütle aktarımının olduğunu göstermektedir. Dönem değişimi 2. dereceden parabol ile temsil edilmiş ve bu parabolden kalan artıklar hesaplanmıştır. Uygulanan parabolden elde edilen ikinci dereceden denklem aşağıda verilmiştir.

$$y = 1,577E^{-10}x^2 - 2,905E^{-06}x + 1,06E^{-02}$$



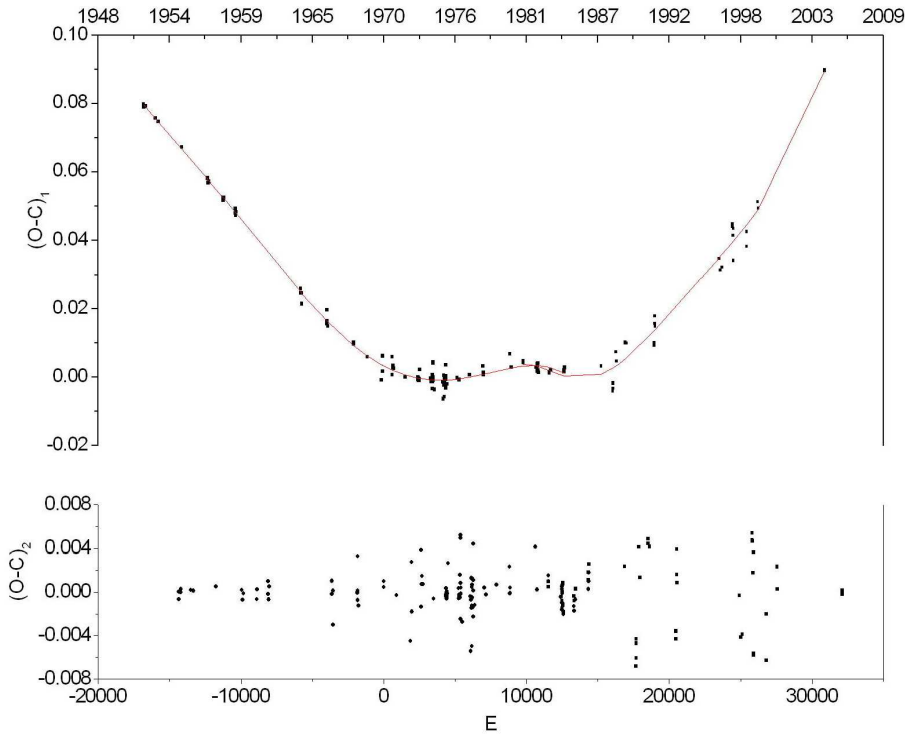
Şekil 2: V566 Oph'un O-C grafiğini temsil eden parabol ve parabolden kalan artıklar (O-C)₂ görülmektedir.

Elde edilen ikinci dereceden denklemde E^2 'li terimin katsayısından dönem değişim miktarı olan dP/dE değeri $2,81 \times 10^{-07}$ gün/yıl olarak elde bulunmuştur.

Dönem analizi sonucu, V566 Oph sisteminin döneminin arttığı belirlenmiş, ancak bu dönem artışının dışında o değişimin üzerine binmiş hemen hemen dönemli ikinci bir değişimin de var olduğu (O-C)₂ grafiğinden görülmektedir (Şekil 2). Sistemin (O-C)₂

grafisinde görülen bu değişimin nedenleri, dönemin çevrimden çevrime değişimini belirlemede kullanılan Kalimeris ve ark. [11] yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. O-C eğrisinde sürekli bir değişim görüldüğü zaman Kalimeris yöntemini uygulamakta büyük yarar vardır. Bu yöntem, O-C eğrisini yüksek dereceden bir polinomla temsil ederek uygulanır.

O-C değişimine en küçük kareler yöntemi ile polinom fiti yapılırken O-C eğrisini tek bir polinomla temsil edilemediği görülmüştür. Bu nedenle büyük bir değişimin görüldüğü yaklaşık 1985 yılına kadar olan kısım 6. derece polinomla kalan kısımda yine bir başka 6. derece polinomla temsil edilmiştir. Şekil 3'te fark karelerin en küçük olduğu 6. derece polinomlarla temsil edilmiş O-C eğrisi görülmektedir. Uygulanan polinomların katsayıları aşağıda verilmiştir.



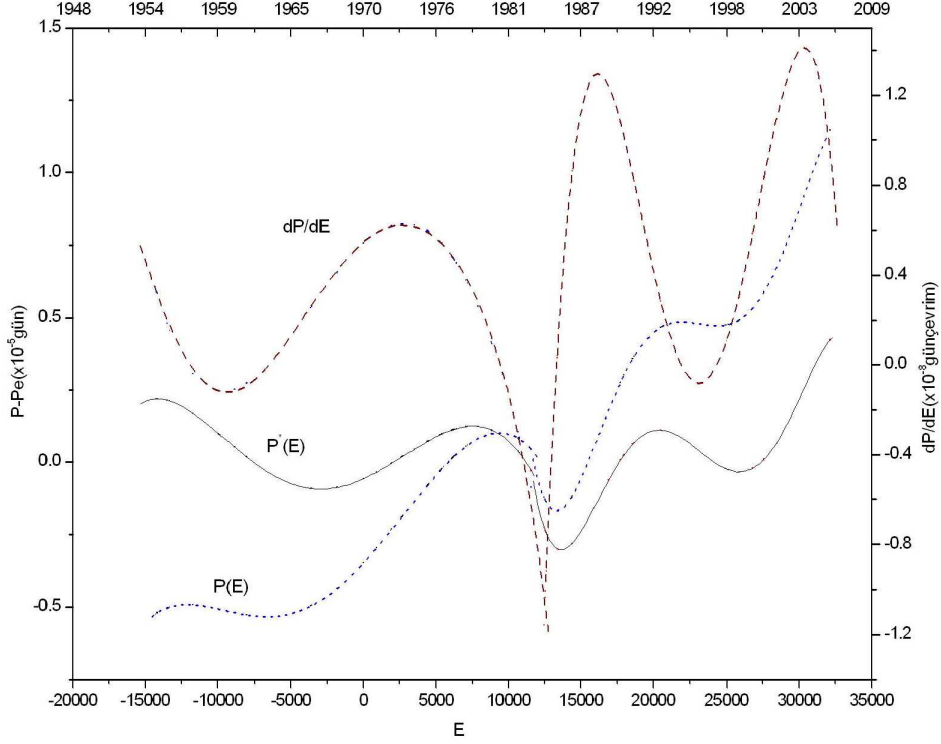
Şekil 3: Kalimeris yöntemi uygulanarak elde edilen polinom ve bu polinomdan kalan artıkların değişimi

$$O-C = 0,5448 E^6 - 1,1909 E^5 - 0,7979 E^4 + 0,3534 E^3 + 0,2973 E^2 - 0,1151 E + 0,0092$$

$$O-C = -24,92 E^6 + 104,73 E^5 - 177,67 E^4 + 155,29 E^3 - 73,279 E^2 + 17,637 E - 1,6885$$

4. Işık Eğrisi Analizi

V566 Oph'un bugüne kadar gözlenmiş ışık eğrileri literatürden toplam yeni gözlemsel veriler de eklenerek 11 yıla ait toplam 12 ışık eğrisinin analizi yapılmıştır. Analizler, Phoebe[16] arayüzü kullanılarak Wilson-Devinney (WD)[17] programı ile gerçekleştirilmiştir. Sistemin dikine hız ölçüm değerleri Hill ve ark.[15] ile McLean [14]'den alınmış ve ışık eğrisi ile birlikte çözülmüştür. Çözümlerde WD'de mod 3 kullanılmıştır. Elde edilen çözümlerle gözlemlerin uyuşumu Şekil 5'de gösterilmiştir. Burada sadece V bandı ışık eğrileri verilmiştir.

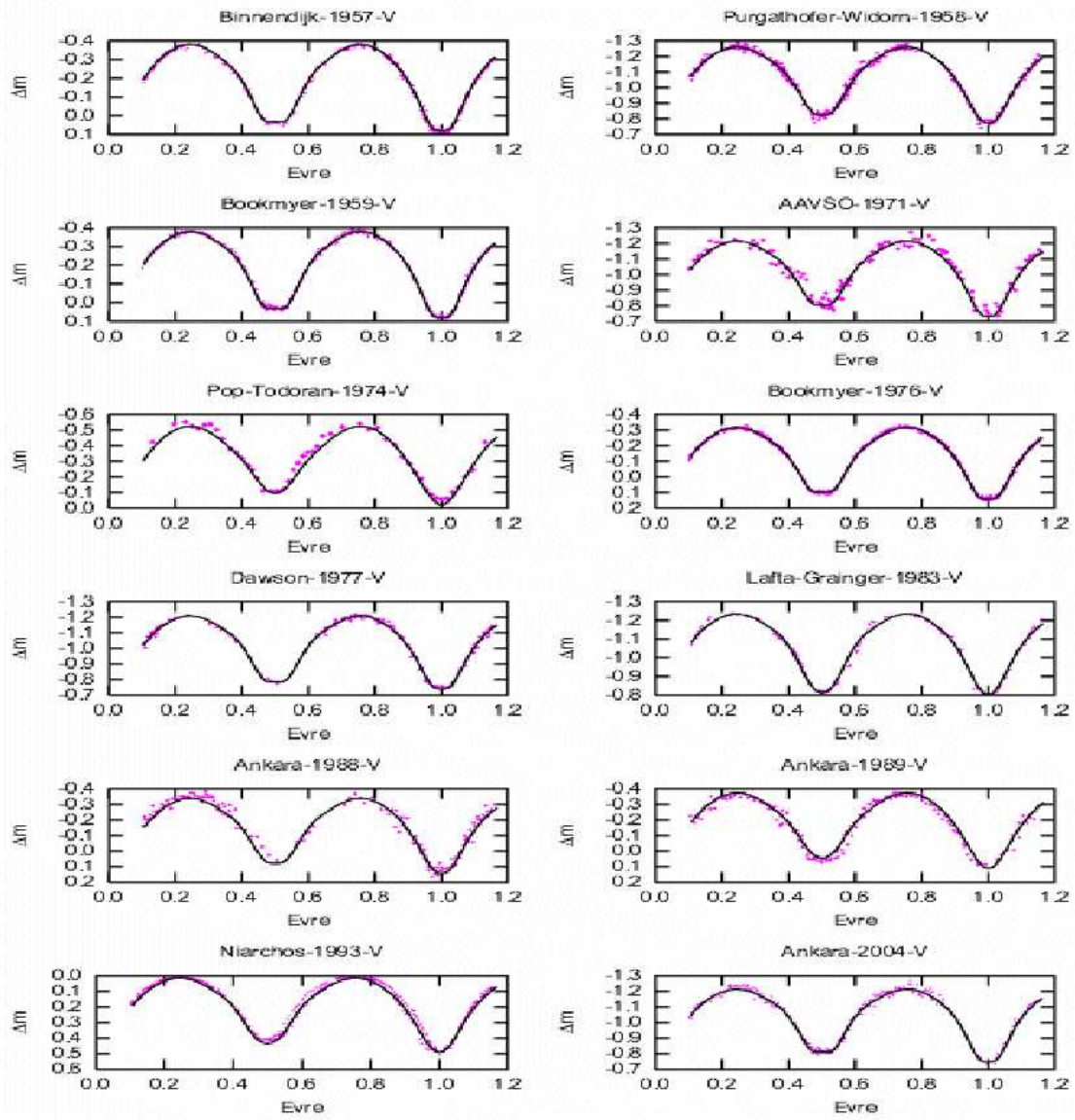


Şekil 4: Burada sürekli çizgi ile gösterilen, $P'(E)$, V566 Oph'nin Kalimeris yöntemiyle elde edilen dönem değişimi. Üstteki x ekseninde çevrim değerlerine karşılık gelen yıllar verilmiştir. Noktalı çizgilerle gösterilen $P(E)$ ise $P(E)$ 'den uzun dönemli dönem artışı etkisi çıkarıldıktan sonra elde edilen dönem değişimidir. dP/dE ise $P(E)$ nin zamana göre değişim oranıdır.

Tablo 2'de söz konusu ışık eğrilerinin çözüm parametreleri görülmektedir. Gözlenen ışık eğrilerinin duyarlılığına ve gerçekten sistemde meydana gelen değişimlere bağlı olarak parametrelerin nasıl değiştiği tablo 2'de açıkça görülmektedir. Yaklaşık 50 yıllık zaman ölçeğinde sistemin geometrik parametrelerinin değişmeyeceği gerçeğinden hareketle fiziksel parametrelerin nasıl değiştiğine baktık. Bunun için de elde ettiğimiz 12 yıllık geometrik parametrelerin ortalamasını alarak ve bunları serbest bırakmayarak ışık eğrilerini dikine hız eğrisi ile birlikte tekrar çözdük. Tablo 3'de bu çözümün sonuçları verilmiştir. Ayrıca sistemin parlaklık değişimi de Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 2: V566 Oph yıldızının ışık eğrisi çözümleri

	Yıl	L1 B _(norm)	L1 V _(norm)	Ω_1	i	q	a	T2	V-gama
Binnendijk	1957	0,792166	0,789784	2,24	79,69	0,230	2,792	6632	-40,2368
Bookmyer	1966	0,792304	0,788936	2,29	80,33	0,242	2,805	6600	-40,5682
Pugathofer	1958	0,783506	0,779603	2,29	78,42	0,254	2,841	6587	-40,8821
AAVSO	1971	0,798583	0,791740	2,31	79,14	0,254	2,835	6493	-40,8904
Pop & Todoran	1974		0,771354	2,27	72,71	0,270	2,940	6489	-41,3375
Bookmyer	1973	0,792334	0,790020	2,24	79,56	0,229	2,792	6631	-40,2146
Dawson	1975	0,786933	0,784389	2,26	79,59	0,239	2,808	6627	-40,5031
Ankara	1988	0,795307	0,789816	2,27	78,31	0,246	2,830	6533	-40,6682
Ankara	1989	0,796093	0,788864	2,27	76,38	0,252	2,863	6481	-40,8653
Lafta	1983	0,773025	0,773350	2,31	75,66	0,249	2,866	6720	-40,7525
Niarchos	1988	0,792978	0,786977	2,30	76,95	0,255	2,859	6521	-40,9167
Ankara	2004	0,799082	0,793315	2,32	80,34	0,250	2,818	6525	-40,7906
Ağırlıklı Ortalama Değerleri:				2.28	78.26	0.250			



Şekil 5: V566 Oph sisteminin V bandı ışık eğrileri

Tablo 3: Sadece fiziksel parametrelerin serbest bırakılmasıyla bulunan çözümler

	Yıl	L2 B	L2 V	Ω_1	i	q	T2
Binnendijk	1957	0,217	0,220	2.28	78.26	0.250	6632
Bookmyer	1966	0,858	0,217	2.28	78.26	0.250	6600
Pugathofer	1958	0,217	0,220	2.28	78.26	0.250	6587
AAVSO	1971	0,202	0,209	2.28	78.26	0.250	6493
Pop & Todoran	1974	1,000	1,000	2.28	78.26	0.250	6489
Bookmyer	1973	0,216	0,219	2.28	78.26	0.250	6631
Dawson	1975	0,219	0,222	2.28	78.26	0.250	6627
Ankara	1988	0,199	0,207	2.28	78.26	0.250	6533
Ankara	1989	0,200	0,208	2.28	78.26	0.250	6481
Lafta	1983	0,231	0,231	2.28	78.26	0.250	6720
Niarchos	1988	0,205	0,211	2.28	78.26	0.250	6521
Ankara	2004	0,203	0,209	2.28	78.26	0.250	6525

Tablo 4: Sisteme ait 12 gözlemdaki parlaklık ve renk değerleri

	Yıl	B	V	B-V
Binnendijk	1957	7,98	7,45	0,53
Bookmyer	1966	7,95	7,44	0,51
Pugathofer	1958	7,81	7,43	0,38
AAVSO	1971	7,79	7,50	0,29
Pop & Todoran	1974		7,48	
Bookmyer	1973	7,94	7,51	0,43
Dawson	1975	7,87	7,49	0,38
Ankara	1988	7,88	7,47	0,41
Ankara	1989	7,84	7,47	0,37
Lafta	1983	7,87	7,47	0,40
Niarchos	1988	7,90	7,84	0,06
Ankara	2004	7,87	7,47	0,40

5. Sonuç

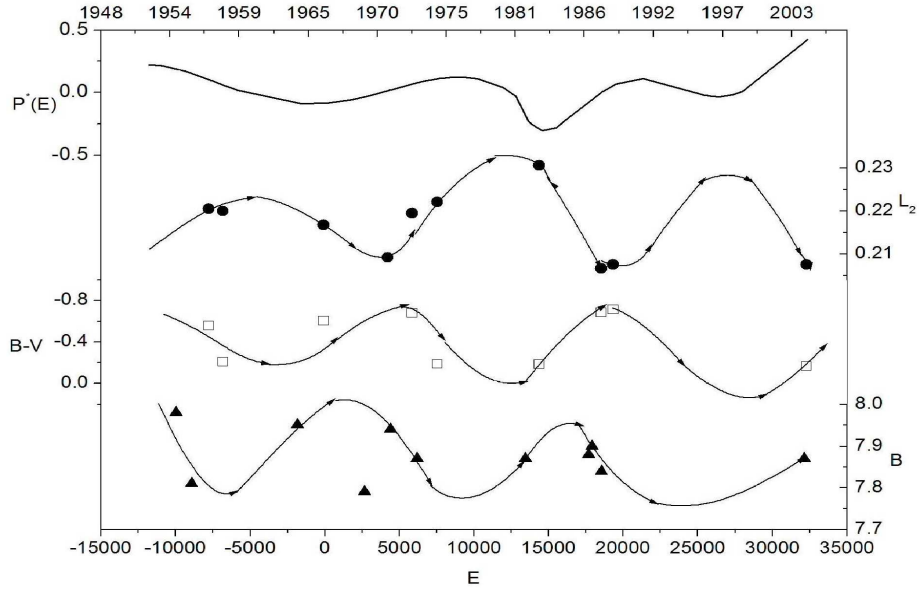
3. cisim varlığı ve geç tayf türünden yıldızlarda çevrimli manyetik etkinlik, O-C eğrilerinde aynı karaktere sahip dönemli değişimler şeklinde kendini göstermektedir. Bu iki mekanizmanın birbirinden ayrılması çok kesin olmamakla beraber 3. cisim varlığı ile ortaya çıkan çevrimsel yapıllı değişimlerin, hem genlik hem de dönem açısından daha düzenli olması beklenir, oysa çevrimli manyetik etkinlik olgusunun, özellikle genlik açısından fazla düzenli olmadığı, bir çevrimden diğerine değişimler gösterdiği gözlemlerden bilinmektedir. 3. cisimden kaynaklanan O-C eğrilerindeki değişim düzenli simetrik olabilirken, manyetik çevrimlerden kaynaklanan O-C değişimlerinde beklenmemektedir. Manyetik etkinlik çevrim dönemlerinin istatistiksel olarak 5-25 yıl aralığına dağıldığı Maceroni ve ark. [12] ve Bianchini [13] tarafından vurgulanmıştır.

V566 Oph'ın (O-C)₂ değişimi incelendiğinde, bu etkinin manyetik kökenli olma ihtimali artmaktadır. Bu etkinin manyetik etkinlik kökenli olduğu ihtimalinden yola çıkarak, manyetik etkinlik gösteren yıldızlarda Applegate kuramını sağlayıp sağlamadığını kontrol edelim.

Applegate göre bir çift yıldız manyetik etkinlik nedeniyle dönem değişimi gösteriyorsa;

1. O-C değişiminin, ışınım gücü değişiminin ve renk değişim dönemleri aynı olmalı,
2. Değişimlerden birindeki maksimum veya minimum, diğerindeki maksimum veya minimum ile çakışmalı,
3. Sistemin ortalama parlaklığı artarken, sistem mavileşmelidir.

Sistemin rengindeki ve minimum derinlikleri arasındaki farkın değişimi Şekil 6'da (O-C)₂ değişimi ile birlikte gösterilmiştir. Aynı şekilde ikinci bileşenin akı değişimi de verilmiştir. İkinci bileşenin sıcaklık değişimi akı değişimi ile aynı olduğu için çizilmemiştir. Şekil 6 yakından incelendiğinde V566 Oph'un (O-C)₂, renk ve ikinci bileşenin akı değişim dönemlerinin yaklaşık olarak birbirine yakın olduğu görülmektedir. Yine değişimlerde maksimumlar ve minimumlar yaklaşık olarak birbirleriyle çakışmaktadır. Bu değişimler bize yaklaşık 21 yıllık bir dönem vermektedir. Sistemin parlaklık değişimi farklı mukayase yıldızları kullanıldığı için elde etmek mümkün olmadı. Ama ikinci bileşenin parlaklık değişimi maksimum olduğunda sistemin renginin mavileşmediği açıkça görülmektedir. Applegate'in ilk iki öngörüsü sağlanmakta ancak 3. öngörüsünün sağlanıp sağlanmadığı konusu ise tartışmalıdır.



Şekil 6: V566 Oph sisteminin renk, parlaklık, sistem parlaklığı ve dönem değişimi

Diğer taraftan, sözü edilen üçüncü öngörü üzerinde tartışmalar sürmektedir. Zira, bu kurama göre sistem parlaklaştıkça leke miktarı azalmakta ve sistemin ışınım gücü artmaktadır. Bu nedenle de sistemin rengi mavileşmektedir. Ancak güneş benzeri manyetik etkinlik gösteren yıldızlarda yapılan gözlemler, farklı bir sonuç vermektedir. Buna göre sistemde leke miktarı arttıkça, lekeler çevresindeki parlak alanlar nedeniyle ışınım gücü artmaktadır. Sonuç olarak, V566 Oph sisteminin O-C eğrisindeki ikincil değişimin nedeni büyük olasılıkla manyetik etkinliktir.

Kaynaklar

- [1] Bookmyer, B. B., (1976), "Photoelectric Light Curves Of V566 Oph", *PASP*, 88, 473
- [2] Bookmyer, B. B., (1959), "Photoelectric Light Curves Of V566 Ophiuchi And AB Andromedae", *AJ*, 64, 65
- [3] Binnendijk, L., (1957), "W Ursae Majoris Type Systems", *JRASC*, 51, 83
- [4] Purgathofer, A., Widorn, Th., (1959), "Lichtelektrische Beobachtungen Des Bedeckungsveränderlichen V566 Ophiuchi", *Mitt. Univ. Sternw. Wien.*, 10, 119
- [5] <http://www.aavso.org>
- [6] Pop, V.; Todoran, I., (1977), "The Eclipsing Binary System V566 Ophiuchi", *AN*, 298, 117
- [7] Dawson, D.W.; Narayanaswamy, J., (1977), "Period Change In The Eclipsing Binary V566 Ophiuchi", *PASP*, 89, 47
- [8] Niarchos, P.G.; Rovithis-Livaniou, H., (1993), "A Photometric Study Of V566 Ophiuchi", *Ap&SS*, 203, 197
- [9] Lafta, S.J.; Grainger J.F., (1985), "New Photoelectric Observations Of Four W UMa Systems: OO Aql, V839 Oph, V566 Oph, and SW Lac", *Ap&SS*, 114, 23
- [10] Seeds, M.A.; Dawson, D.W., (1985), "A Further Update On The Period Of V566 Ophiuchi", *IBVS*, 2836
- [11] Kalimeris, A.; Rovithis-Livaniou, H.; Rovithis, P., (1994), "On The Orbital Period Changes In Contact Binaries", *A&A*, 282, 775
- [12] Maceroni, C.; Bianchini, A.; Rodono, M.; van't Veer, F.; Vio, R., (1990), "Magnetic Cycles In Solar-Type Single And Close Binary Stars", *A&A*, 237, 395
- [13] Bianchini, A., (1990), "Solar-Type Cycles In Close Binary Systems", *AJ*, 99, 194
- [14] McLean, B.J., (1983), "Radial Velocities For Contact Binary Systems III – V566 Ophiuchi", *MNRAS*, 204, 817
- [15] Hill, G.; Fisher, W.A.; Holmgren, D., (1989), "Studies of Late Type Binaries III – A Spectroscopic Study of V566 Ophiuchi", *A&A*, 218, 152
- [16] Prsa, A.; Zwitter, T., (2005), "A Computational Guide To Physics of Eclipsing Binaries I Demonstrations and Perspectives", *ApJ*, 628, 426
- [17] Wilson, R.E.; Devinney, E.J., (1971), "Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni", *ApJ*, 166, 605