

VV UMA'NIN ORTA VE GENİŞ BAND IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ

Ahmet DEVLEN¹

Özet

Bu çalışmada kısa dönemli Algol türü örten çift yıldız VV UMa'nın dönem değişimi incelenmiş ve ışık eğrisinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Kısa dönemli Algol türü örten çift yıldızların yapılarının belirlenmesi ve onların yıldız evriminin hangi aşamasında olduklarını belirlemek için dönem değişimleri ve çok renk analizi önem taşımaktadır. VV UMa'nın 1950 yılından bu yana yeni elde edilmiş dikine hız eğrisi yoktur. Dikine hız eğrisi Struve [1] dan alınmıştır. Literatürdeki minimum zamanları ve elde edilen yeni minimum zamanları kullanılarak dönem değişim analizi ve ışık eğrisinin çözümü yapılmıştır. Işıklıçüm gözlemleri Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde (geniş band UBVR süzgeçleri için) CCD kullanılarak yapılmıştır. Strömgren (uvby) ışık eğrileri Lazaro [2] den alınmıştır. Wilson-Devinney yöntemi ile ışık eğrilerinin analizi yapılarak sistemin parametreleri belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Örten Çiftler, Algol, VV UMa.

Abstract

In this study, we aimed to investigate the period change and also the analysis of the light curve of the short-period Algol type eclipsing binary star VV UMa. Investigation of the period changes and the multi-color analysis are very important tools in order to determine the structure and the evolutionary phase of these short-period algol type eclipsing binaries. There is no new radial velocity curve of VV UMa in the literature obtained since 1950. So, the radial velocity curve has been taken from Struve [1]. The analysis of the period change has been done by use of the minima times taken from literature and also the ones obtained during the course of this work. The light curve analysis has been done with the Wilson-Devinney code in order to obtain the parameters of the system based on the light curves obtained at Ege University Observatory using a Charge Coupled Device (CCD) (for BVR broad band filters). Strömgren light curves (uvby) have been taken from Lazaro [2].

Key words: Eclipsing binaries, Algol, VV Uma.

1. Giriş

VV UMa (BD +56°1395) kısa dönemli ve baş yıldızı A2V tayf türünden bir Algol türü örten çift sistemdir. Moskova gözlemevindeki fotoğraf plaklarında değişen yıldız olduğu Gitz [3] tarafından bulunmuştur (Lazaro ve ark., [4]). İlk minimum zamanı Kaho [5] tarafından yayınlanmıştır (Simon, [6]).

¹ Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Bornova, 35100, İzmir, Tel: 0232 – 3884000 / 2328, Faks: 2323881036, e-posta: ahmet.devlen@ege.edu.tr

Keşfedildiği günden bugüne kadar geniş bandda elde edilen ışık eğrileri; UBV süzgeçlerinde Wilson [7] ve BV süzgeçlerinde Broglia&Conconi [8] tarafından verilmiştir. Orta bandda Strömgren sistemindeki uvby ışıkölçümü Hilditch&Hill [9] tarafından yapılmış ancak uvby süzgeçlerindeki tam ışık eğrileri ilk kez Lazaro ve ark. [10] tarafından verilmiştir. Lazaro ve ark. [10] Strömgren indislerinden ve uygulanan fitlerden yıldızların sıcaklıklarını baş ve yoldaş yıldız için sırasıyla $T_{e1} = 9000-9600$ K ve $T_{e2} = 5300-5600$ K bulmuşlardır.

Struve [1] VV UMa' yı A0V tayf türünden tek çizgili tayfsal çift olarak tanımlarken Hill ve ark. [11] baş yıldızı A2V olarak sınıflandırmıştır. Struve [1] elde ettiği dikine hız eğrisinden $q \cong 0.23$, dikine hız eğrisinin yarı genliğini $K_1 = 59$ km/s ve sistemin kütle fonksiyonunu $f(M) = 0.015 M_{\odot}$ olarak bulmuştur. Struve, 0.69 gün gibi kısa dönemli bir çift yıldız sistemi için böylesi bir tayfin sıradışı olduğunu söylemiştir.

Rafert [12], Wilson [7] ve Broglia&Conconi [8] deki ışık eğrilerini Wilson-Devinney (1971) programını kullanarak tekrar analiz etmiş, üçüncü cisim içeren ve içermeyen olmak üzere iki sonuca ulaşmıştır. Rafert [12] çözümlerinde Struve [1] tarafından verilen kütle fonksiyonunu $f(M) = 0.015 M_{\odot}$ olarak kütle oranını $q = 0.298$, $M_1 = 0.97 M_{\odot}$, $M_2 = 0.29 M_{\odot}$, $T_{e1} = 9550$ K, $T_{e2} = 5000$ K olarak bulmuştur. Bu çözüm sonuçlarına göre üçüncü bir kaynağın küçük bir katkısı gerekmekte ve baş yıldızın ışıması kütlesine göre büyük çıkmaktadır (Rafert [12]).

VV UMa' nın aşağıdaki parametrelerle ikinci bileşenin tamamen Roche lobunu doldurmuş yarı ayrık bir çift olduğu sonucu çıkarılmıştır; $M_1 = 1.93 M_{\odot}$, $R_1 = 1.58 R_{\odot}$, $M_2 = 0.44 M_{\odot}$, $R_2 = 1.23 R_{\odot}$ (Broglia&Conconi [8]; Lazaro ve ark. [4]).

2. VV UMa'nın Fotometrik ve Tayfsal Çalışmaları

Sistemin ilk fotoelektrik ışık eğrisi Şubat - Nisan 1961' de Kitt Peak Ulusal Gözlemevinde UBV süzgeçlerinde Wilson tarafından elde edilmiştir. Wilson [7] ışık eğrilerini Russell-Merill yöntemiyle çözmüş, omuzlardaki bozulmaları soğuk bileşenin etrafında genişlemiş bir atmosfer olduğu varsayımıyla açıklamıştır. Çözümüne göre soğuk bileşenin yarıçapı (r_s) B süzgecinde U süzgecinden daha büyük çıkmasına rağmen atmosfer opasitesi kısa dalgaboyuna gittikçe artacağına azalmaktadır. Üçüncü cisim hipotezi, çözümlerinde Russell modelinin VV UMa için yetersiz olduğunu belirten Wilson tarafından ihmal edilmiştir (Wilson, [7]).

Broglia&Conconi [8] Wilson'dan sonra VV UMa' nın tam ışık eğrilerini elde eden ilk araştırmacılar olmuştur. Gözlemlerini 1965-1973 yılları arasında Merate Gözlemevinde B ve V süzgeçlerinde yapmışlardır. Işık eğrilerini Russell modeline ve Wilson-Devinney modeline göre çözmüşlerdir. Sonuçta; kısa dönemli VV UMa değişen yıldızının Roche lobunu hemen hemen doldurmuş bir ikinci bileşene sahip yarı-ayrık bir sistem olduğu sonucuna varmışlardır.

Rafert [12] VV UMa' nın Wilson [7] tarafından U, B, V süzgeçlerinde ve Broglia & Conconi [8] tarafından B, V süzgeçlerinde elde edilmiş olan ışık eğrilerini kullanarak Wilson-Devinney yöntemiyle analiz etmiştir. Çözümlerinde üçüncü cismin olduğu ve olmadığı durumları ayrı ayrı ele almıştır. Rafert [12] VV UMa' nın Wilson [7] tarafından U, B, V süzgeçlerinde ve Broglia & Conconi [8] tarafından B, V süzgeçlerinde elde edilmiş olan ışık eğrilerini kullanarak Wilson-Devinney yöntemiyle analiz etmiştir. Çözümlerinde üçüncü cismin olduğu ve olmadığı durumları ayrı ayrı ele almıştır. Rafert'in çözümlerine göre; baş ve yoldaş yıldızın her ikisi de anakola yakın yerde bulunmaktadır. Kısa dönemli algol olarak tanımlanan sistemler, kütle transferinden dolayı parabolik dönem değişimi gösteren oldukça evrimleşmiş ikinci bileşenlere sahip klasik algollerden farklıdır. VV UMa sistemi de kısa dönemli algoller sınıfına girmektedir.

Lazaro ve arkadaşları 1994 yılından beri VV UMa alkol sisteminin kızılöte ve görsel fotometrik gözlemlerini yapmışlardır. Lazaro ve arkadaşlarının gözlemlerine göre yan minimum genellikle asimetrik ve fotometrik ölçümler yan minimumda baş minimuma göre daha geni ayrılma göstermektedir. En son olarak Lazaro ve ark. [10]nın da yapmış oldukları Strömngren fotometrik gözlemleri ile kısa dönemli parlaklık değişimleri ve bu değişimlerin olası periyodik doğasının varlığı ileri sürülmektedir. Strömngren uvby ve V süzgeci gözlemlerinin her ikisinde de periyodik değişim olduğunu belirlemişlerdir. Algollerin birçoğunda bilindiği gibi VV UMa'nın baş bileşeninin kapsamlı kütle transferi gerçekleştirmiş olsa bile anakol yıldızlarına çok yakın olması beklenir (Lazaro ve ark., [4]).

VV UMa'nın ilk tayfsal gözlemleri Struve [1] tarafından Aralık 1949 - Ocak 1950 tarihleri arasında yapılmıştır. VV UMa'nın literatürdeki ilk ve tek dikine hız eğrisi (Şekil 1) Struve [1] a aittir.

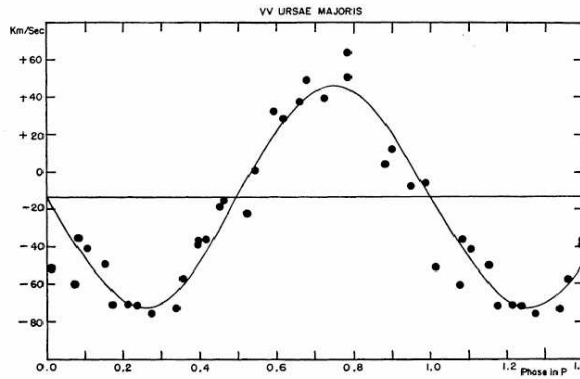


FIG. 5

Şekil 1. VV UMa'nın dikine hız eğrisi (Struve, 1950) [1]

Bu egrideki saçılma dikine hız ölçümlerinin yaklaşık 15 km s^{-1} lik bir hata içerdiğini ortaya koymaktadır. Dikine hız eğrilerinin yarı genliği (K_1) yaklaşık 75 km s^{-1} kadar ulaşabiliyor. Bu, gözlemsel veriler ile tam olarak uyuşmamaktadır. Ölçülen yarı genlik (K_1) çiftin kütesine kuvvetli bir şekilde aşağıdaki denklemle bağlıdır;

$$M_1 + M_2 = 1,0359 \times 10^{-7} P_d (1 - e^2)^{3/2} \left(\frac{(1 + q)K_1}{q \sin i} \right)^3 M_\odot$$

Burada e yörünge dışmerkezliği, $q = M_2/M_1$ kütle oranı, P_d gün biriminde yörünge dönemi ve i yörünge eğikliğidir. K_1 in gerçek değeri Struve [1] tarafından verilen 59 km s^{-1} den biraz büyük ve Struve' un veya Broglia&Conconi' nin [8] kastettiği gibi $q \approx 0.23-0.26$ kadar küçük ise sistemin toplam kütesini tayflarından beklenenden daha iyi bir şekilde elde edileceğini ve A0 - A2V tayfından baş yıldız için yaklaşık $2.0 - 3.0 M_\odot$ ve yoldaş için geç G tayfından yaklaşık $0.7 - 0.9 M_\odot$ aralığında olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir (Lazaro ve ark., [4]). Sistemin bileşenlerinin tayf türleri yıldızların kütesi ve etkin sıcaklığı hakkında bilgi verir. Bunlar örten çift sistemlerin ışık eğrilerinin analizi için önemli giriş parametreleridir.

3. Gözlemler ve İndirgeme

Kısa dönemli alkol türü örten çift yıldız VV UMa sisteminin fotometrik gözlemleri, Ege Üniversitesi Rasathanesinin 35 cm lik Meade LX200 teleskobu ve ona bağlı Apogee Alta U47 Yük Eşleme Cihazı (YEC) ile yapılmıştır. Gözlemlerde, geniş band U,B,V,R Bessel süzgeçleri (band genişlikleri UBVR standart sistemininki ile aynıdır) kullanılmıştır.

Gözlemlerde kullanılan süzgeçlerin geçirgenliklerinin maksimum olduğu dalgaboyları Çizelge 1 de verilmiştir.

Çizelge 1. Süzgeçlerin geçirgenliklerinin maksimum dalgaboyları.

U	B	V	R
λ3750	λ4250	λ5250	λ6500

Sistem, 13 – 24 Aralık 2004, 06 – 08 – 09 – 11 – 12 Ocak 2005 gecelerinde U,B,V ve R süzgeçleriyle toplam 7 gece gözlenmiş ve her bir süzgeç için 1111 er tane gözlem noktası elde edilmiştir. Gözlemler fark fotometrisi şeklinde yapılmış ve BD +56°1396 yıldızı mukayese olarak gözlenmiştir. VV UMa ve mukayese yıldızına ilişkin bilgiler Çizelge 2 de verilmiştir (Akçalı [13]). Gözlemlerde üç adet baş minimum ve iki adet yan minimum elde edilmiştir. Elde edilen baş ve yan minimumlar Güneş merkezli zamana indirgenmiş olarak (Heliocentric Julian Date; HJD) aşağıda verilmiştir:

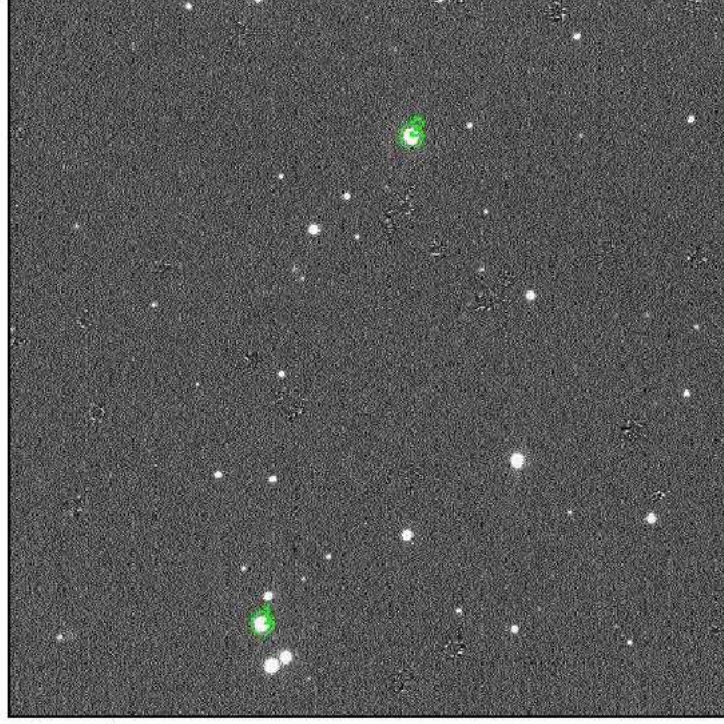
$$\begin{aligned} \text{MI (HJD)} &= 24\,53380.5908 \pm 0.0004 \\ \text{MI (HJD)} &= 24\,53382.6523 \pm 0.0003 \\ \text{MI (HJD)} &= 24\,53383.3398 \pm 0.0003 \\ \text{MII (HJD)} &= 24\,53364.4367 \pm 0.0004 \\ \text{MII (HJD)} &= 24\,53382.3086 \pm 0.0009 \end{aligned}$$

Çizelge 2. Gözlem yıldızlarına ilişkin bilgiler.

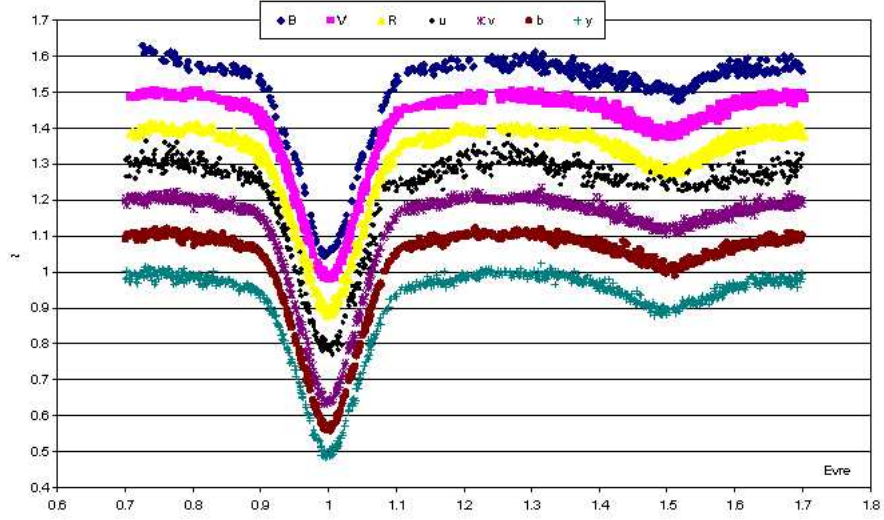
Yıldız	BD No	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	B-V	V	Tayf türü
VV UMa	+56°1395	09 ^{sa} 38 ^{dk} 07 ^s	+56°01'07"	0 ^m .255	10 ^m .13	A2V
Mukayese	+56°1396	09 ^{sa} 38 ^{dk} 32 ^s	+55°52'07"	0 ^m .46	10 ^m .15	-

Gözlemler Yük Eşleme Cihazı ile yapılmış olup, Değişen ve Mukayese yıldızı aynı görüntü karesinde yer almaktadır, Şekil 2 de gösterilmiştir. Her iki yıldız da aynı hava kütesinden etkilenmekte ve eşzamanlı gözlem yapıldığından, gözlemlere atmosfer sömükleştirme düzeltmesi uygulanmamıştır. Gözlem kareleri IRAF (Image Reduction and Analysis Facilities) paket programı ile indirgenmiştir.

Yıldızların parlaklık ölçümleri IRAF paketi içinde yer alan DIGIPHOT-APPHOT paketi ile yapılmıştır. Bütün gözlem noktaları Güneş merkezli zamana (Heliocentric) indirgenmiştir. Gözlem karelerinde yer alan yıldızlardan ikisi denet olarak kullanılmış ve mukayese yıldızının ışık değişimi gösterdiğine ilişkin bir kanıt bulunmamıştır. BVR süzgeçlerinde gözlemlerden elde edilen parlaklık farkları birim ışıtmaya dönüştürülmüş ve Lazaro [2] den alınan orta band uvby gözlemleri de birim ışıtmaya dönüştürülerek evreye göre değişimleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Geniş band U gözlemleri çok saçılmalı ve eksik olduğu için çözümlere katılmamıştır. Birim ışıtmalar çakışmaları önlemek için grafik üzerinde y-ekseni boyunca kaydırılmıştır. Elde edilen ışık eğrilerinin tutulmalar dışında hemen hemen düz olmaları nedeni ile sistemde yansıma ve basıklık etkileri oldukça zayıftır.



Şekil 2. Örnek bir gözlem karesi. 1- BD+56 1396, 2- VV Uma



Şekil 3. VV UMa' nın BVRuvby süzgeçlerindeki ışıtmı eğrileri.

3.1. Işık Eğrilerinin Çözümü

Örten çift yıldızların ışık eğrilerini çözmek için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden, günümüzde en çok kullanılanlardan biri Wilson ve Devinney [15] tarafından tanımlanan Wilson-Devinney bilgisayar programı olup, Wilson tarafından geliştirilmiştir. VV UMa' nın geniş band ve orta band ışık eğrileri Wilson-Devinney'in 1998 versiyonu

kullanılarak çözülmüştür. Çözümlerde normal noktalar kullanıldı. Bu amaçla tüm gözlem noktalarımızdan belli aralıklarda ortalamalar alınarak ortalama noktalar elde edildi.

Program, giriş parametrelerine diferansiyel düzeltmeler uygulamaktadır. Her çalıştırılıştta tek bir iterasyon yapmakta ve bu şekilde kullanıcıya her iterasyonda müdahale etme olanağı tanımış olmaktadır. Wilson-Devinney programı dikine hız eğrileri ile ışık eğrilerini ya da birden fazla ışık eğrisini (en fazla 15) ortak çözebilmektedir. Özellikle yörünge parametreleri e , ω , i , a ve bileşenlerin kütle oranı q nun kullanılan süzgeçten bağımsız olması bekleneceğinden, **bu parametreler için en iyi çözüm sonuçları, birden fazla ışık eğrisinin ve en iyisi, mümkünse dikine hız eğrileri ile ışık eğrilerinin ortak çözümü ile elde edilenler olacaktır.**

4. Sonuçlar

VV UMa' nın Yük Eşleme Cihazı ile yapılan gözlemleri sonucu elde edilen geniş band ışık eğrileriyle Lazaro [2] dan alınan orta band ışık eğrilerinden ortalama noktalar elde edildi. Bu noktalardan oluşan ışık eğrileri Wilson-Devinney programıyla ortak çözüm yapılarak sistemi oluşturan bileşenler için fiziksel parametreler elde edildi. Çözüm sonuçları Çizelge 3 te verilmiştir.

Çizelge 3. Wilson-Devinney yöntemi ile elde edilen sonuçlar
(Burada 1 ve 2 indisleri sırasıyla sıcak ve soğuk bileşenler için kullanılmıştır.).

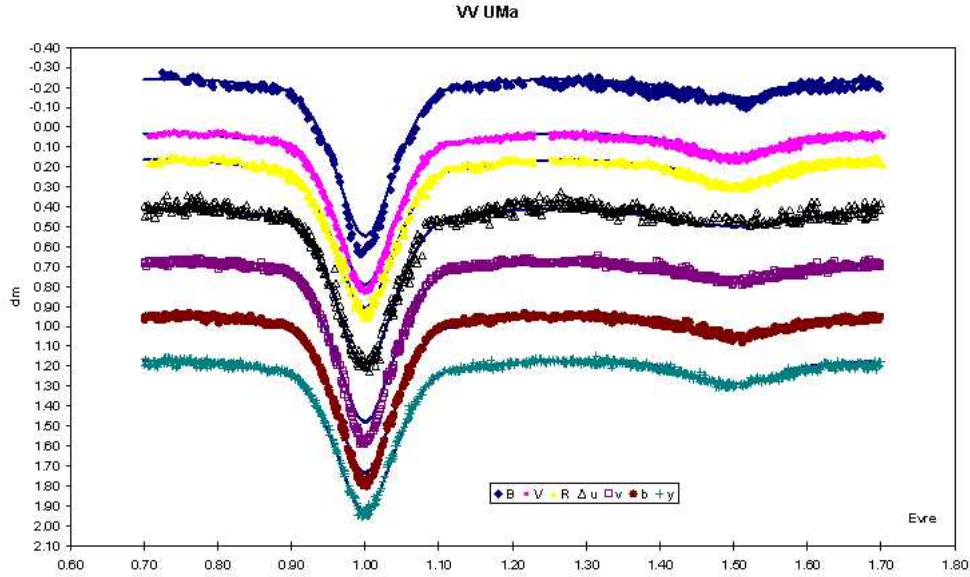
Parametre	BVRuvby
i	$82^{\circ}.385 \pm 0^{\circ}.171$
X_1	0.62, 0.52, 0.48, 0.69, 0.66, 0.60, 0.52
X_2	0.84, 0.71, 0.67, 0.87, 0.86, 0.78, 0.72
A_1	1.0
A_2	0.63
g_1	1.0
g_2	0.32
T_1	9555 K
T_2	5073 ± 73 K
Ω_1	2.9881 ± 0.0138
Ω_2	2.229
q	0.27
	0.9570 ± 0.0034 B
	0.9542 ± 0.0044 V
	0.9252 ± 0.0047 R
$L_1/(L_1+L_2)$	0.9999 ± 0.0025 u
	0.9841 ± 0.0027 v
	0.9713 ± 0.0031 b
	0.9432 ± 0.0035 y
	0.0430 B
	0.0458 V
	0.0748 R
$L_2/(L_1+L_2)$	0.0001 u
	0.0159 v
	0.0287 b
	0.0568 y
$r_1(\text{pole})$	0.366 ± 0.002
$r_1(\text{point})$	0.392 ± 0.002
$r_1(\text{side})$	0.378 ± 0.002
$r_1(\text{back})$	0.386 ± 0.002
$r_2(\text{pole})$	0.254
$r_2(\text{point})$	0.369
$r_2(\text{side})$	0.264
$r_2(\text{back})$	0.297
r.m.s	0.1648

Wilson-Devinney programının VV UMa'nın bileşenleri için hesapladığı salt ögeleri Çizelge 4 te verilmiştir.

Çizelge 4. VV UMa'nın Wilson-Devinney yöntemi ile elde edilen salt parametreleri.

Parametre	Baş Yıldız	Yoldaş Yıldız
m/m_{\odot}	2.04	0.55
R/R_{\odot}	1.69	1.23
M_{bol}	1.46	4.91
$\text{Log } g \text{ (cgs)}$	4.29	4.00

VV UMa'nın gözlemlerden elde edilen gözlem noktalarıyla Wilson-Devinney'in verdiği çözüm sonuçlarını kullanarak, Wilson-Devinney programının LC (Işık Eğrisi) alt programı kullanılarak kuramsal ışık eğrisi elde edildi. Gözlenen ışık eğrileri ve ortak çözümden elde edilen kuramsal ışık eğrileri Şekil 4 de gösterilmiştir. Bu şekilden de görüldüğü gibi kuramsal ışık eğrileri gözlem noktalarını oldukça iyi temsil etmektedir. Ancak sistemde üçüncü bir bileşenin varlığı ile çözümler denenmiş fakat tutarlı bir sonuç elde edilememiştir.

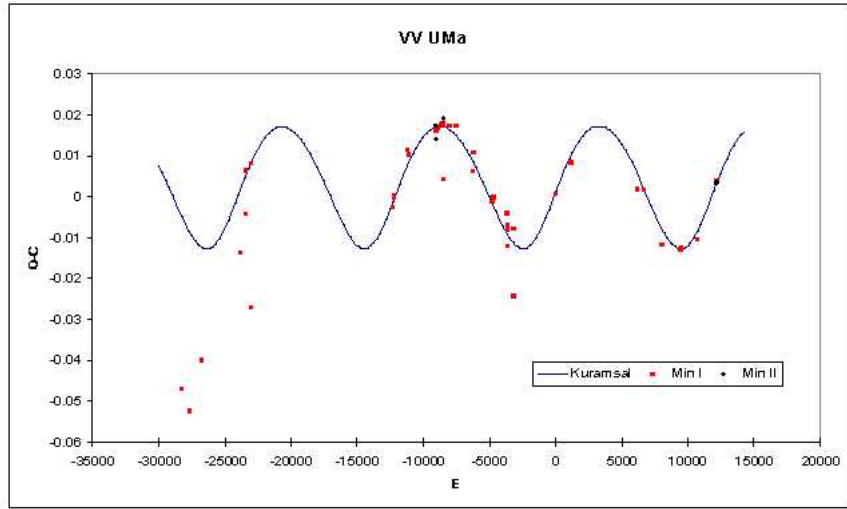
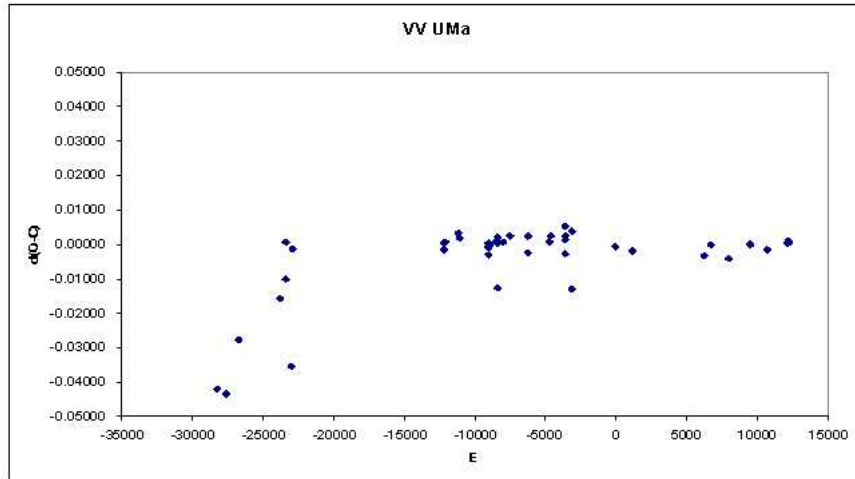


Şekil 4. Wilson-Devinney çözümü. Sürekli eğri: Çözüm sonucu elde edilen kuramsal eğrileri, Noktalar: Gözlemlerden elde edilen ışık eğrilerini temsil etmektedir.

VV UMa sistemi için yapılan O-C analizi için sonuçlar Çizelge 5' te, gözlem ile kuramsal O-C eğrileri Şekil 5 te ve farklar ise Şekil 6 da verilmiştir.

Çizelge 5. VV UMa' nın O-C analiz sonuçları.

Parametre	Çözüm
T_0	$24\ 45006.2868 \pm 0.0019$ (HJD)
P	$0^g.68737586 \pm 8 \times 10^{-8}$
e	0.164 ± 0.087
w	$298^\circ \pm 37^\circ$
P_3	22.52 ± 0.23 yıl
A	0.0150 ± 0.0149
$a_1 \sin i$	2.598 ± 0.155 AB
$T_{0(3)}$	242736 ± 901 (HJD)
σ	0.01023498

**Şekil 5.** VV UMa sisteminin O-C analiz sonucu.**Şekil 6.** VV UMa sisteminin O-C analiz sonucu kalan farklar

O-C analiz sonuçlarından da görüleceği gibi sistemde 22.52 yıl dönemli bir üçüncü cisim ortaya çıkmaktadır (Akçalı [13]). Ancak 3.cisme ait parametrelerin hatalarının çok büyük olması bu olasılığı azaltmaktadır. Dönem değişiminin nedeni yoldaş yıldızdaki olası aktiviteden de kaynaklanabilir. Elde edilen 22 yıllık dönem Güneş'teki leke çevrim dönemine çok yakındır. Applegate, [14] konvektif zarflı yıldızlarda, güneş aktivite çevrimiyle

kıyaslanabilecek, yüzeyaltı manyetik alan değişimlerinin yıldızın çekirdeğiyle dış katmanının dönme hızları arasında fark doğurabileceğini göstermiştir. Sonuçta bu yıldızın açılma momentum dağılımını değiştirecek ve sistem de buna yörünge dönemini değiştirerek cevap verecektir. Bu algol türü çiftlerin çoğunda çevrimli dönem değişimlerini açıklayabilmektedir. VV UMa sistemindeki O-C değişiminin de bu nedenle olması mümkündür. Ayrıca sistemin ışık eğrisi analizlerinde 3.cismin etkisini belirlemek mümkün olmadı. Çözümlerde 3.cismin ışık eğrisine katkısını hesaplamak istediğimiz zaman çözüme ulaşamadık. Sistemde ayrıca baş yıldızın zonklama gösterdiği çeşitli yazarlar tarafından rapor edilmiştir (Lazaro ve ark., [10], [4]; Kim ve ark., [16]). Bu nedenle hızlı ve uzun dönemli fotometrik gözlemlerin yapılmasına ve yoldaş yıldızın aktivitesinin incelenmesi için uzun süreli gözlemlere ihtiyaç vardır. Sonuç olarak dalgaboyuna bağlı olmayan parametrelerin çok band ve çok renk ışık eğrilerinin ortak çözümü ile bulunması daha doğru sonuçlar vermektedir.

Kaynaklar

- [1] Struve, O. (1950), *Astrophysical Journal*, 112, 184.
- [2] Lazaro, C. (2005), Private comunication
- [3] Gitz, H., (1936), *Perem. Zvezdy*, 5, 65
- [4] Lazaro, C., Arevalo, M. J., Martinez-Pais, I.G., and Dominguez, R.M. (2002), ""*Astronomical Journal*, 123, 2733.
- [5] Kaho, S., (1939), *Tokyo Astron. Obs. Rep.*, 6, 97.
- [6] Simon, V., (1996), *Astronomy & Astrophysics*, 311, 915.
- [7] Wilson, R. E., (1965), *Astronomical Journal*, Vol.70, No.5, 368.
- [8] Broglia, P., Conconi, P., (1977), *Astronomy & Astrophysics Supplement*, 27, 285.
- [9] Hilditch, R. W., & Hill, G., (1975), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 79, 101.
- [10] Lazaro, C., Arevalo, M. J., Claret, A., Rodriguez, E., & Olivares, I., (2001), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 325, 617.
- [11] Hill, G., Hilditch, R.W., Younger, F., & Fisher, W.A., (1975), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 79, 131p.
- [12] Rafert, J. B., (1990), *Astronomical Journal*, 100, 1253.
- [13] Akçalı, M.M.,(2005),*Algol Türü Örtün Çiftlerde Yörünge Dönemi Değişimleri, (Yüksek Lisans Tezi, E.Ü.)*
- [14] Applegate, J.H., 1992, *Astrophysical Journal*, 385, 621p.
- [15] Wilson, R. E., ve Devinnay, E. J., 1971, *Astrophysical Journal*, 166, 605p.
- [16] Kim, S.L.,Lee, J.W., Lee,C.U.,Kang,Y.B.,Koo,J.,R.,Mkrichian,D.E., 2005, *IBVS* No:5598, p.1

