

W UMA TÜRÜ DEĞEN SİSTEM OLAN V546 AND SİSTEMİNİN FİZİKSEL VE GEOMETRİK PARAMETRELERİ

Hande GÜR SOYTRAK¹, Yahya DEMİRCAN², Zahide TERZİOĞLU³, Abdullah OKAN⁴, Sonay CERİT⁵, Birol GÜROL⁶

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Beşevler, 06100 Ankara
(eposta: Hande.Gursoytrak@science.ankara.edu.tr)

²(eposta: demircan@ankara.edu.tr) ³(eposta: terzioglu@science.ankara.edu.tr)

⁴(eposta: sonaycerit@gmail.com) ⁵(eposta: Birol.Gurol@ankara.edu.tr)

Özet: Bu çalışmada, W UMa türü örten bir değişen olan V546 And sisteminin ilk ışık ve dikine hız eğrisi analizi yapılmıştır. Fotometrik gözlemler; 2010-2011 yılları arasında Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde bulunan Kreiken teleskobu (T40) kullanılarak Johnson BVRI bantlarında gerçekleştirilmiştir. Sistemin dikine hız eğrisi TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde; 2010 yılı Kasım ayında, 10BRTT150-31-0 no'lu proje kapsamında, RTT150 teleskobuna bağlı TFOSC tayfçekeri kullanılarak elde edilmiştir. W-türü bir W UMa olan V546 And sisteminin ilk fiziksel ve geometrik parametreleri hesaplanmıştır.

1. Giriş

V546 And (TYC2828-0018-1) sistemi ilk olarak Northern Sky Variability Survey (Wozniak vd. 2004) kapsamında gözlenmiş, fakat örten değişen olarak sınıflandırılması IBVS 5700 (2006)'de Değişen Yıldızlara İlişkin Rapor kısmında yayınlanmıştır. Aynı çalışmada sistemin yörünge dönemi 0.3831 gün olarak verilmiştir. Sistem, 2MASS kataloğunda J01511256+4349076 olarak tanımlanmıştır. Simbad veritabanında sistemin B ve V bandı parlaklıkları sırasıyla 11^m.92 ve 11.^m23 olarak verilmiştir.

2. Fotometrik ve Tayfsal Gözlemler

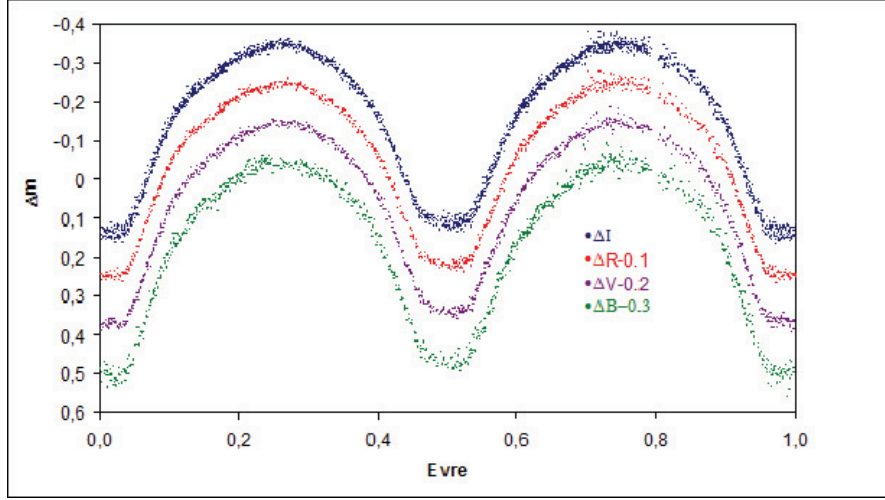
V546 And sistemi, Ankara Üniversitesi Gözlemevi (AÜG)'nde bulunan 40 cm'lik Kreiken Teleskobu'na bağlı Apogee ALTA U47 CCD'si kullanılarak 16 ve 27 Eylül 2010 ile 13 Eylül ve 19 Ekim 2011 tarihlerinde B, V, R ve I bantlarında gözlenmiştir. Gözlemler IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı kullanılarak bias, dark ve flat düzeltmesinin ardından açıklık fotometrisi uygulanarak indirgenmiştir. Mukayese ve denet yıldızı olarak TYC 2828-0825-1 ($m_V=10.^m12$) ve TYC 2828-2477-1 ($m_V=11.^m42$) yıldızları kullanılmıştır. Şekil 1'de V546 And sistemine ilişkin diferansiyel ışık eğrisi verilmiştir.

Gözlemlerden 2 adet birinci ve 3 adet ikinci minimum zamanı hesaplanmıştır. Literatürde bulunan minimum zamanları da dikkate alınarak (O-C) analizi yöntemi kullanılarak yeni ışık elemanları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Min I (HJD)} = 2455854.321919(0,000019) + 0.^s383020(0.000004) \times E$$

Sistemin tayfsal gözlemleri, 20, 21 Kasım 2010 tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nde bulunan 1.5 metre çaplı RTT150 teleskobu ve ona bağlı TFOSC (TUG Faint Object Spectrograph and Camera) tayfçekeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. TFOSC'a bağlı 9+11 numaralı optik ağ (grism) ile alınan verilerin çözünürlüğü ~5000

civarındadır. Toplam 17 adet tayfsal gözlemin her biri için 900 sn poz süresi verilmiştir. Tayfsal gözlemler yine IRAF programı aracılığıyla, aynı gözlem gecesinde alınan kalibrasyon görüntüleri kullanılarak indirgenmiş ve dalgaboyu kalibrasyonu FeAr lamba tayfları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil-1 V546 And sisteminin BVRI bantlarında elde edilmiş ışık eğrileri

Aynı gözlem gecesinde tayfsal gözlemleri gerçekleştirilen K2 tayf türünden HD12929 yıldızı dikine hız standardı olarak kullanılmış ve V546 And sisteminin dikine hız verileri Çarpraz Korelasyon (Statler 1995) yöntemine dayanan FXCOR (Valdes 1990) taskı kullanılarak elde edilmiştir. Toplam 11 basamaktan oluşan eşel türü tayfsal gözlemlerden özellikle atmosferik çizgilerin bulunmadığı ve gözlem kalitesinin iyi olduğu basamakların seçimine özen gösterilmiştir. Farklı basamaklar için elde edilen dikine hız değerlerinden ortalama hız ve hata değerleri elde edilmiştir.

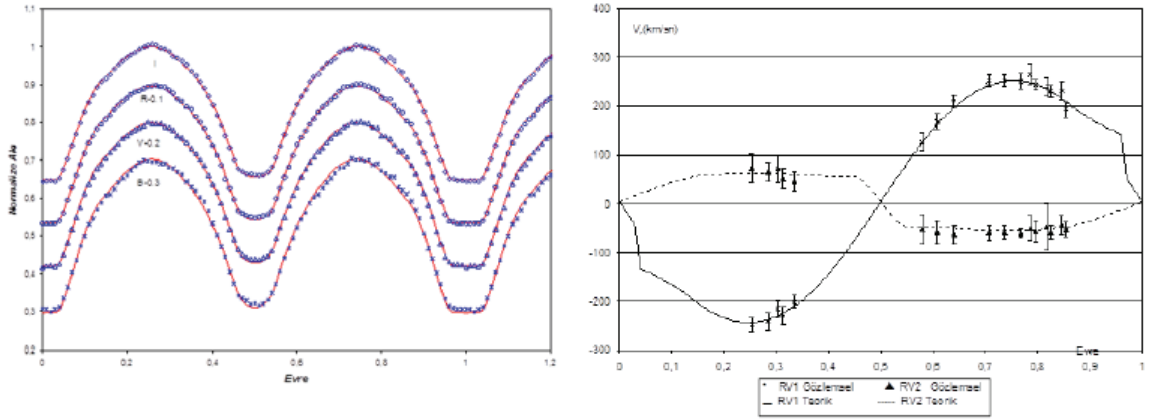
3. Işık Ve Dikine Hız Eğrilerinin Çözümü

Sistemin ışık eğrisi incelendiğinde tipik bir W UMa türü ışık eğrisine sahip olduğu görülmektedir. Birinci minimumda tam tutulma görülmesine rağmen ikinci minimumda hafif eğrisel bir yapıya rastlanmaktadır. Minimum derinliklerinin birbirine çok yakın olması bileşen yıldızların ışınım güçlerinin ve dolayısıyla sıcaklıklarının birbirine yakın olduğunu göstermektedir. Maksimum seviyeleri arasında belirgin bir farklılık bulunmamaktadır.

Sistemin tam tutulma gösteren bir örten değişen yıldız olması dikkate alınarak ışık eğrisi çözümü için başlangıç parametrelerinin elde edilmesi amacıyla i-q taraması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Wilson-Devinney (WD) (1971)'de Mod-3'e karşılık gelen "Overcontact binary not in thermal contact" mod seçilmiştir. Yapılan i-q taraması sonucunda $i=85^\circ$ ve $q=3.55$ değerlerinde en küçük fark kare değerlerine ulaşılmıştır.

Sistemin ışık ve dikine hız eğrisi analizi Wilson-Devinney kodlarını kullanan Phoebe 0.29d (Prsa vd. 2005) arayüzü ile gerçekleştirilmiştir. Baş bileşenin sıcaklığı J-H ve H-K renklerine karşılık gelen sıcaklıkların ortalaması olan 5700 K olarak alınmıştır. Bu sıcaklık değerine Cox (2000) tarafından yayınlanan Allen'e ait renk-sıcaklık değerleri kullanılarak ulaşılmıştır. Kenar kararım katsayıları, Phoebe programı tarafından Van Hamme (1993) tablolarından otomatik olarak alınmaktadır. Konvektif atmosfer kabulü altında çekim kararım sabitleri $g_{1,2}=0.32$ Lucy (1967)'den ve yansıma katsayıları $A_{1,2}=0.5$ Rucinski (1969)'den alınmıştır. Kısa dönemli sistemlerde yörüngenin genel olarak dairesel olması ve ışık eğrisinde birinci ile ikinci minimumların tam olarak birbirlerinden $\frac{1}{2} P$ kadar

uzaklıkta bulunması nedeniyle yörünge dışmerkezliği $e=0$ olarak alınmıştır. Ayrıca bu tür sistemlerde bileşen yıldızların dönme-dolanma kilitlenmesinin yani senkronizasyonun sağlanmış olduğu kabul edilerek $F_{1,2}=1$ olarak alınmıştır.



Şekil-2 Solda: V546 And sistemi için elde edilen gözlemsel ve teorik ışık eğrisi
Sağda: V546 And sistemi için elde edilen gözlemsel ve teorik dikine hız eğrisi

Şekil 2’de solda verilen ışık eğrisi, çözümlerde işlem zamanından kazanmak ve ışık eğrilerinde farklı kalitedeki gözlem gecelerinden kaynaklanan bazı kötü gözlemlerin etkilerini en aza indirebilmek amacıyla 0.01 evrelik aralıklarla gözlemsel verilerin ortalaması hesaplanarak elde edilmiştir. Ayrıca bu evre aralıklarına düşen gözlemsel verilerden hesaplanan standart hata değerleri ışık eğrisi çözümünde ağırlık olarak kullanılmıştır.

V546 And sistemi için kabul edilen başlangıç parametreleri dikkate alınarak gerçekleştirilen dikine hız ve ışık eğrilerinin eş zamanlı çözümü, fark kareleri toplamı minimum oluncaya kadar tekrarlanmıştır. Sisteme ilişkin ulaşılan sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge-1 Işık ve dikine hız eğrisi analizine ilişkin parametre ve sonuçlar

Parametreler	BVRI	Parametreler	BVRI
T_1 °K	5700	$L_{1R}/(L_1+L_2)$	0.2609
T_2 °K	5473±8	$L_{2R}/(L_1+L_2)$	0.7391
$A_1=A_2$	0.5	$L_{1V}/(L_1+L_2)$	0.2555
$F_1=F_2$	1	$L_{2V}/(L_1+L_2)$	0.7445
$g_1=g_2$	0.32	r_1 (pole)	0.259
q	3.86± 0.002	r_1 (side)	0.271
i	85.06±1.23	r_1 (back)	0.311
$\Omega_1=\Omega_2$	7.5969±0.0081	r_2 (pole)	0.475
f(%)	22	r_2 (side)	0.515
$L_{1B}/(L_1+L_2)$	0.2820	r_2 (back)	0.542
$L_{2B}/(L_1+L_2)$	0.7180	$\Sigma(O-C)^2$	0.0067 (B)
$L_{1V}/(L_1+L_2)$	0.2685	$\Sigma(O-C)^2$	0.0026 (V)
$L_{2V}/(L_1+L_2)$	0.7315	$\Sigma(O-C)^2$	0.0021 (R)
		$\Sigma(O-C)^2$	0.0022 (I)

Sistemin ışık ve dikine hız eğrisi çözümü ile ulaşılan parametrelerin, i-q taraması sonucu elde edilen parametrelere çok yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuç tam tutulma gösteren sistemlerde i-q taramasının başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermektedir. Çizelge 2’de ise V546 And sistemine ilişkin mutlak parametreler verilmiştir.

Çizelge-2 V546 And sistemine ilişkin mutlak parametreler

Parametre	Değer	Parametre	Değer
$M_1 (M_{\odot})$	0.264	M_{bol1}	5.69
$M_2 (M_{\odot})$	1.021	M_{bol2}	4.58
$R_1 (R_{\odot})$	0.680	Log g_1	4.20
$R_2 (R_{\odot})$	1.230	Log g_2	4.27

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada; V546 And sisteminin Ankara Üniversitesi Gözlemevi’nde gerçekleştirilen fotometrik gözlemlerinden yeni minimum zamanları elde edilmiş ve literatürde yer alan minimum zamanı ve dönem bilgilerinden de yararlanılarak yeni ışık elemanları hesaplanmıştır. Sistemin ışık eğrisinden birinci minimumda tam tutulma gösteren tipik bir W UMa türü sistem olduğu görülmüştür. Literatürde hakkında çok fazla veri bulunmayan V546 And sisteminin dikine hız eğrisi, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’nde bulunan RTT150 teleskobu ve ona bağlı TFOSC tayfçeki kullanılarak gerçekleştirilen tayfsal gözlemler sonucu elde edilmiş ve ilk kez bu çalışmada yayınlanmıştır.

AÜG gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi ile TUG gözlemlerinden elde edilen dikine hız eğrisi beraberce çözümlenerek sistemin mutlak parametreleri elde edilmiştir. Buna göre sistemin 3.86 kütle oranına sahip W türü bir W UMa olduğu anlaşılmıştır.

Bu çalışmada kullandığımız tayfsal ve fotometrik gözlemler için proje başvurusunda bulunduğumuz TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi’ne ve Ankara Üniversitesi Gözlemevi’ne bize gözlem zamanı verdikleri için teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

- Cox, A. N.2000, Allen’s Astrophysical Quantities (New York: Springer)
IAU Inform. Bull. Var. Stars, 2006, Reports on New Discoveries, 5700, 1-21
Kazarovets, E. V.; Samus, N. N.; Durlevich, O. V.; Kireeva, N. N.; Pastukhova, E. N., 2011, “The 80thName List of Variable Stars. Part I -- RA 0h to 6h”, 5969,1
Kwee, K.K., van Woerden, H., (1956), A Method For Computing Accurately The Epoch Of Minimum Of An Eclipsing Variable, *BAN*, V12, 327
Lucy L. B., 1967, ‘Gravity-Darkening for Stars with Convective Envelopes’ *Zeitschr. F. Astrophys.*,65, 89
Prsa, A., & Zwitter, T., 2005, ‘A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. Demonstrations and Perspectives’. *ApJ*, 628, 426
Rucinski S. M., 1969, ‘The Proximity Effects in Close Binary Systems. II. The Bolometric Reflection Effect for Stars with Deep Convective Envelopes’, *Acta Astr.*, 19, 245
Statler, T. S. 1995. Bringing The Cross-Correlation Method Up to Date. *AJ*, 109, 1371.
Valdes, F. 1990. Radial Velocity Measurements with IDENTIFY
Wilson, R.E., Devinney, E.J.,1971, ‘Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni’, *The Astrophysical Journal*, 166, 605
Wozniak, P. R., et al., 2004, *AJ*, 127, Northern Sky Variability Survey: Public Data Release
W. van Hamme,1993 ‘New Limb-Darkening Coefficients for Modeling Binary Star Light Curves’, *The Astronomical Journal*,106 (1993) pp. 2096-2117