



TW CrB, V839 Oph, WW Cyg ve XZ Per Çift Sistemlerinin Yörünge Dönemi Değişimi

Edanur Uzun¹, İpek Aleyna Ertürk¹, Gülben Şancı¹, Özlem Şimşir¹, Hakan Volkan Şenavcı², Mesut Yılmaz², Tolgahan Kılıçoğlu²

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

² Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara, Türkiye

Giriş

Yörünge dönemi değişim analizi, örten değişen yıldız sistemlerinin fiziksel ve dinamik yapıları hakkında önemli bilgiler sunar. Minimum zamanların uzun süreli takibinden elde edilen O–C (Observed–Calculated) diyagramları, sistemde etkili fiziksel süreçleri ortaya koyan güçlü bir araçtır. Dönem değişiminin başlıca nedenleri arasında bileşenler arası kütle aktarımı, sistemde ek bir cismin varlığı, manyetik aktivite ve eksen dönmesi yer alır; bunlar O–C diyagramında sırasıyla parabolik ve çevrimsel yapılar olarak belirir ve birden fazla mekanizma aynı anda etkili olabilir. Bu çalışmada bir Beta Lyrae sistemi olan TW CrB, bir W UMa sistemi olan V839 Oph ve iki Algol türü sistem olan WW Cyg ile XZ Per'in dönem değişimleri incelenerek olası mekanizmalar araştırılmıştır.

Veri Toplama ve Derleme

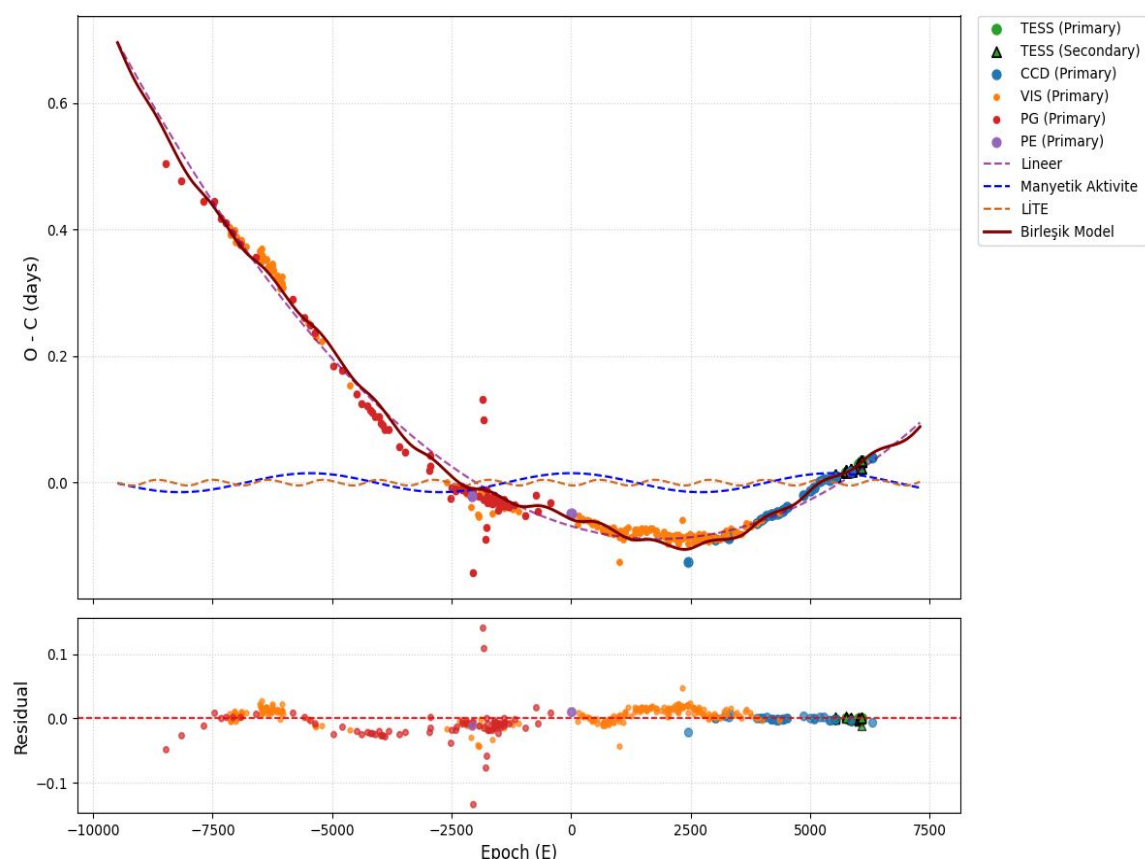
Çalışmada ele alınan dört sistem için minimum zamanların büyük çoğunluğu VarAstro veritabanından alınmıştır. Bu verilere ek olarak Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) uzay teleskobu tarafından elde edilen ışık eğrilerinden, Kwee-van Woerden [1] yöntemini temel alan Xtrema [2] yazılımı kullanılarak minimum zamanlar hesaplanmış ve BJD-HJD dönüşümü yapılarak verilere eklenmiştir. Ayrıca TW CrB sistemi için Ankara Üniversitesi Kreiken Rasathanesi (AUKR) T35 teleskobu ile gerçekleştirilen fotometrik gözlemlerden minimum zaman belirlenip veriyeye eklenmiştir. Sistemlere ait efemeris kullanılarak teorik minimum zamanlar(C) hesaplanmış ve gözlenen (O) değerlerden çıkarılarak sistemlerin O-C değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler, karşılık geldikleri çevrim sayılarına göre grafiğe geçirilerek analize tabi tutulmuştur.

Analiz

Dört sistem için elde edilen veriler kullanılarak; Levenberg-Marquardt algoritmasına [3] dayanan,Python tabanlı 'Imfit' [4] kütüphanesi kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Her veri; gözlem yöntemine ve birinci veya ikinci minimum olmasına göre ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Analiz süresi boyunca ağırlıklandırmalar gözlem yöntemine göre yapılmıştır.Dönem değişimlerinin modellenmesinde, kütle aktarımı için parabolik model uygulanmıştır. İlave cisim kaynaklı ışık-zaman etkisi (LiTE) için Irwin(1952) [5] formülasyonuna dayanan sinüsoidal model, manyetik aktivite için ise Applegate (1992) [6] ve Lanza(2020) [7] mekanizmalarına dayanan model kullanılmıştır. Bu modeller kullanılarak dört sistemin O-C analizi gerçekleştirilmiştir.Dört sistemin mutlak ve yörünge parametreleri önceki literatür çalışmalarından alınarak modellere dahil edilmiştir. Uyumlanan modellerden; parabolik bileşen aracılığıyla kütle aktarım parametreleri, LiTE bileşeni aracılığıyla olası ilave cismin yörünge parametreleri ve manyetik aktivite bileşeni aracılığıyla yıldızların manyetik aktiviteye ilişkin parametreleri elde edilmiştir.

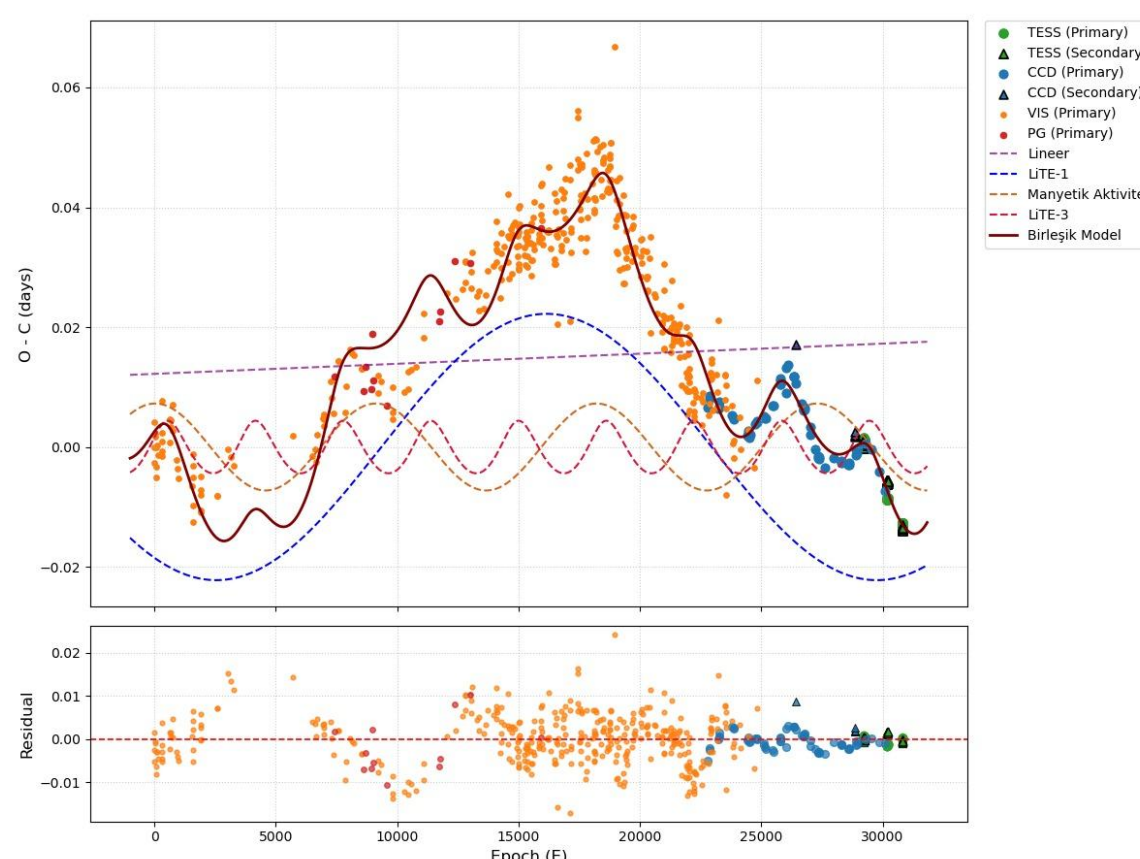
Sonuçlar

WW Cyg



Kütle Aktarımı			
dP/dt (yıl/yıl)	1.35 x 10 ⁻⁶		
dM/dt (M _☉ /yıl)	3.40 x 10 ⁻⁷		
LiTE			
e ₃	0.15		
ω ₃ (°)	346.12		
P ₃ (yıl)	10.49		
T ₃ (HJD)	2525613.496		
A ₃ (gün)	0.0045		
a ₁₂ sin i(AB)	0.7876		
a ₃ (AB)	8.75		
f(M ₃)(M _☉)	0.0044		
M ₃ (M _☉)	0.65		
Manyetik Aktivite			
P (yıl)	49.51		
A (gün)	0.015		
ΔP (s/cyc)	1.494		

Model	Parametre	Bileşen-1	Bileşen-2
Applegate(1992)	ΔJ (gr cm ² s ⁻¹)	4.62 x 10 ⁴⁹	2.73 x 10 ⁴⁸
	ΔE (ergs)	9.83 x 10 ⁴³	6.36 x 10 ⁴¹
	ΔL (ergs s ⁻¹)	1.98 x 10 ³⁵	1.28 x 10 ³³
	B (Gauss)	17749	3067
	ΔE (ergs)	-1.5 x 10 ⁴⁰	-1.3 x 10 ⁴¹
Lanza(2020)	ΔE/L [years]	0.00034	0.04599
	ΔE/E [-]	0.00001	0.00093



Yapılan analiz sonucunda XZ Per sistemi üç çevrimsel yapı ile modellenmiştir. Birinci ve üçüncü çevrimsel yapılar ilave cisim varlığına, ikinci çevrimsel yapı ise sistemdeki yıldızların F2/F5-K1 tayf türünden olması ve TESS ışık eğrilerindeki O'Connell etkisi dikkate alınarak manyetik aktiviteye atfedilmiştir.

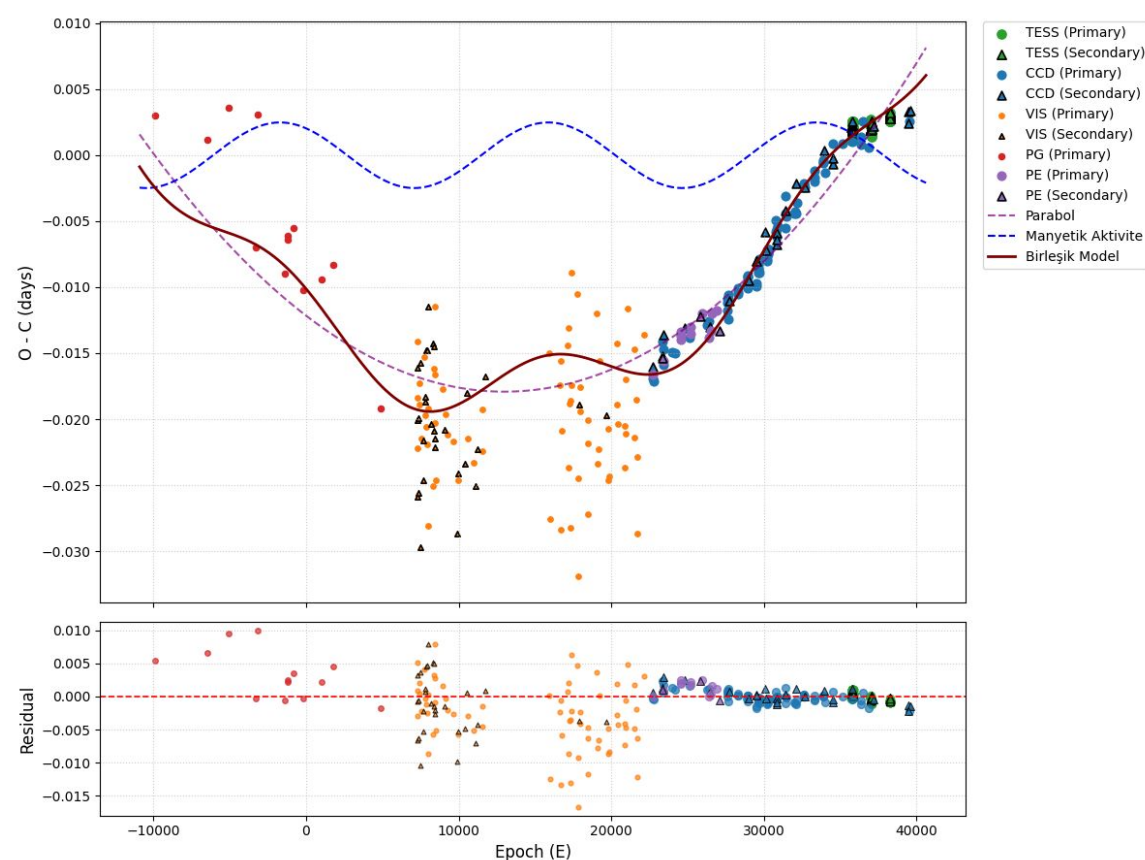
XZ Per

LITE-1		LITE-3	
e ₃	0.00001	e ₄	0.23
ω ₃ (°)	248.85	ω ₄ (°)	75.97
P ₃ (yıl)	85.79	P ₄ (yıl)	11.39
T ₃ (HJD)	2488916.1	T ₄ (HJD)	2454788.13
A ₃ (gün)	0.022	A ₄ (gün)	0.0044
a ₁₂ sin i(AB)	3.8476	a ₁₂ sin i(AB)	0.7608
a ₃ (AB)	23.24	a ₄ (AB)	6.55
f(M ₃)(M _☉)	0.0077	f(M ₄)(M _☉)	0.0034
M ₃ (M _☉)	0.3854	M ₄ (M _☉)	0.3151

Manyetik Aktivite	
P (yıl)	28.66
A (gün)	0.0073
ΔP (s/cyc)	0.433

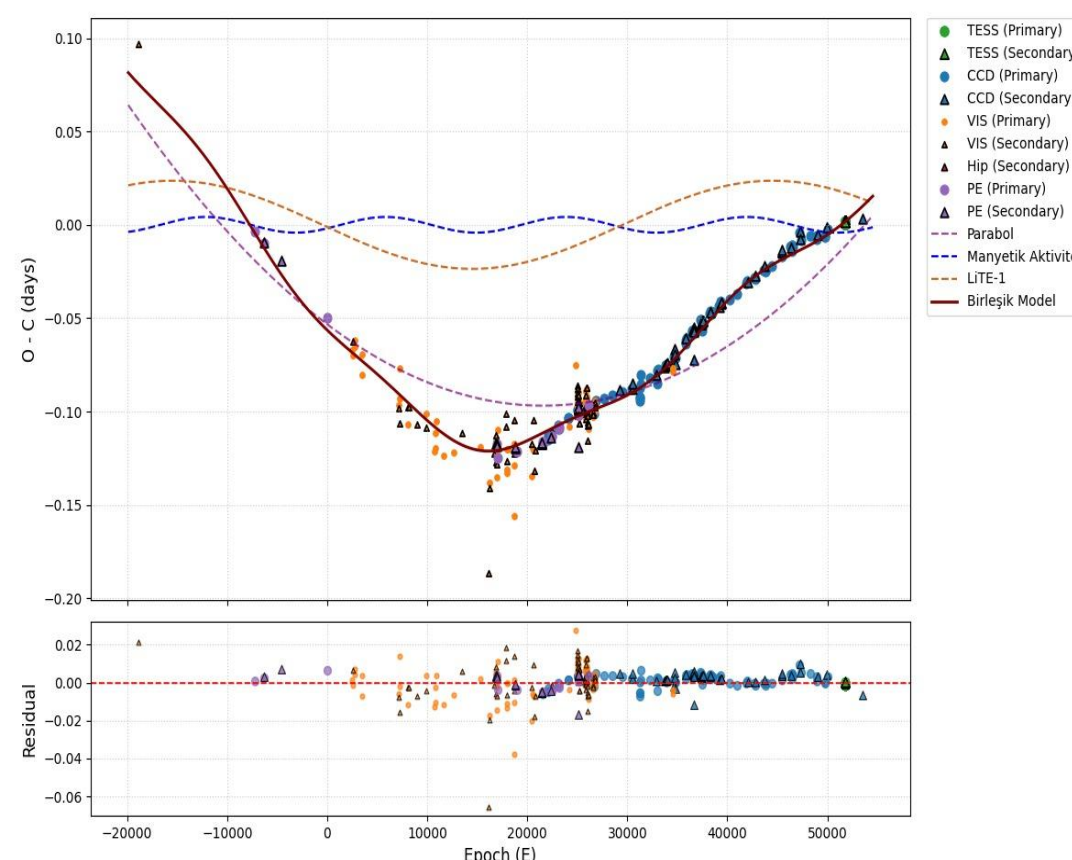
Model	Parametre	Bileşen-1	Bileşen-2
Applegate(1992)	ΔJ (gr cm ² s ⁻¹)	1.21 x 10 ⁴⁸	7.26 x 10 ⁴⁷
	ΔE (ergs)	1.06 x 10 ⁴²	6.88 x 10 ⁴⁰
	ΔL (ergs s ⁻¹)	3.68 x 10 ³³	2.39 x 10 ³²
	B (Gauss)	11824.7	4480.1
	ΔE (ergs)	-5.82 x 10 ⁴¹	-9.78 x 10 ⁴⁰
Lanza(2020)	ΔE/L [years]	0.8	0.66
	ΔE/E [-]	0.03	0.02

TW CrB



Kütle Aktarımı			
dP/dt (yıl/yıl)	4.23x10 ⁻⁶		
dM/dt (M _☉ /yıl)	4.26x10 ⁻⁷		
Manyetik Aktivite			
P (yıl)	28.33		
A (gün)	0.001		
ΔP (s/cyc)	0.031		

Model	Parametre	Bileşen-1	Bileşen-2
Applegate(1992)	ΔJ (gr cm ² s ⁻¹)	5.11 x 10 ⁴⁶	5.22 x 10 ⁴⁶
	ΔE (ergs)	2.76 x 10 ³⁹	3.45 x 10 ³⁹
	ΔL (ergs s ⁻¹)	9.69 x 10 ³⁰	1.21 x 10 ³¹
	B (Gauss)	3077.2	3378
	ΔE (ergs)	-7.07 x 10 ⁴⁰	-8.13 x 10 ⁴⁰
Lanza(2020)	ΔE/L [years]	0.21	0.33
	ΔE/E [-]	0.007	0.02



Yapılan analiz sonucunda V839 Oph sistemi bir parabol ve iki çevrimsel yapı ile modellenmiştir. TESS verilerindeki değişken O'Connell etkisi ve sistemin F7V tayf türündeki bileşenleri nedeniyle, gözlenen ilk çevrimsel yapı manyetik aktiviteye atfedilmiştir. İkinci çevrimsel yapı ise ilave cisim varlığına atfedilmiştir. Sistemin WDS kataloğunda bulunması bu ilave cismin görsel çift olabileceğini desteklemektedir.

V839 Oph

Kütle Aktarımı			
d P / d T (yıl/yıl)	1.67 x 10 ⁻⁷		
d M / d T (M _☉ /yıl)	9.75 x 10 ⁻⁸		
LiTE			
e ₃	0		
ω ₃ (°)	0		
P ₃ (yıl)	67.186		
T ₃ (HJD)	2549547.992		
A ₃ (gün)	0.024		
a ₁₂ sin i(AB)	4.087		
a ₃ (AB)	19.142		
f(M ₃)(M _☉)	0.015		
M ₃ (M _☉)	0.498		
Manyetik Aktivite			
P (yıl)	20.19		
A (gün)	0.004207		
ΔP (s/cyc)	0.127		

Model	Parametre	Bileşen-1	Bileşen-2
Applegate(1992)	ΔJ (gr cm ² s ⁻¹)	3.54 x 10 ⁴⁷	8.66 x 10 ⁴⁶
	ΔE (ergs)	9.046 x 10 ⁴⁰	5.88 x 10 ³⁹
	ΔL (ergs s ⁻¹)	1.58 x 10 ³²	1.03 x 10 ³¹
	B (Gauss)	4538.5	1719.5
	ΔE (ergs)	-1.69 x 10 ⁴¹	-2.86 x 10 ⁴⁰
Lanza(2020)	ΔE/L [years]	0.234	0.193
	ΔE/E [-]	0.0041	0.0034

Referanslar

- [1] Kwee, K. K., & van Woerden, H. 1956, BAN, 12, 327
- [2] Bahar, E., Şenavcı, H. V., & Baştürk, Ö. 2015, ASPC, 496, 288
- [3] Levenberg, K. 1944, QAM, 2, 164
- [3] Marquardt, D. W. 1963, J. Soc. Ind. Appl. Math., 11, 431

- [4] Newville, M., et al. 2014, Zenodo, doi:10.5281/zenodo.11813
- [5] Irwin, J. B. 1952, ApJ, 116, 211
- [6] Applegate, J. H. 1992, ApJ, 385, 621
- [7] Lanza, A. F. 2020, MNRAS, 491, 1820