



# KEPLER ÖRTEN ÇİFT SİSTEMİ KIC 4921906' NİN FOTOMETRİK ANALİZİ

**Erkan YILAN, İbrahim BULUT, Osman DEMİRCAN**

**Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale**

**UAK**

**2016**

# GİRİŞ

- ✘ KIC 4921906 sistemi W UMa türü değen çift yıldız olup yörünge dönemi 0.2137324 gündür.

$$RA_{2000} = 19^h 24^m 48.8^s ;$$

$$DA_{2000} = 40^\circ 04' 45.8'' ;$$

$$K_{\text{mag}}=15.2) \text{ (Ecl. Vill., SİMBAD Dat.)}$$

# YÖRÜNGE DÖNEMİ

---

- ✘ Güneş tipi bileşene sahip değen çiftlerin çoğunun yörünge dönemi  $0.25 \text{ d} > P > 0.7 \text{ d}$  aralığındadır. Rucinski (1992) tarafından, kısa dönemli bileşenlerin sınırı yaklaşık  $0.22 \text{ d}$  olarak belirlendi. Bu sistemin yörünge dönemi bu sınırın altında olduğundan bu tür sistemler ultra kısa yörüngeli sistemler olarak adlandırılmaktadır.

# GÖZLEM VERİLERİ

---

- ✘ Son bir kaç yıldaki önemli projeler (KEPLER, GAIA, CoRoT, vb.) çift yıldızların istatistiğini yapmada çok büyük faydaları olmaktadır/olacaktır. Bu çalışmada KEPLER verileri kullanıldı.
- ✘ Kepler uydusunun ham verileri 17 çevrimden (Quarter) (Bir çevrim yaklaşık 90 gündür.) oluşmaktadır. Kepler örten çift yıldızları şu şekilde sınıflandırılmıştır. Bunlar; 1273 ayrık, 152 yarı-ayrık, 469 değen, 139 elipsoidal ve 144 sınıflandırılmamış ve diğerlerinden oluşmaktadır. Her geçen gün bu sayı değişmektedir (Prsa et al. 2011, Slawson et al. 2011).

# DÖNEM ANALİZİ

---

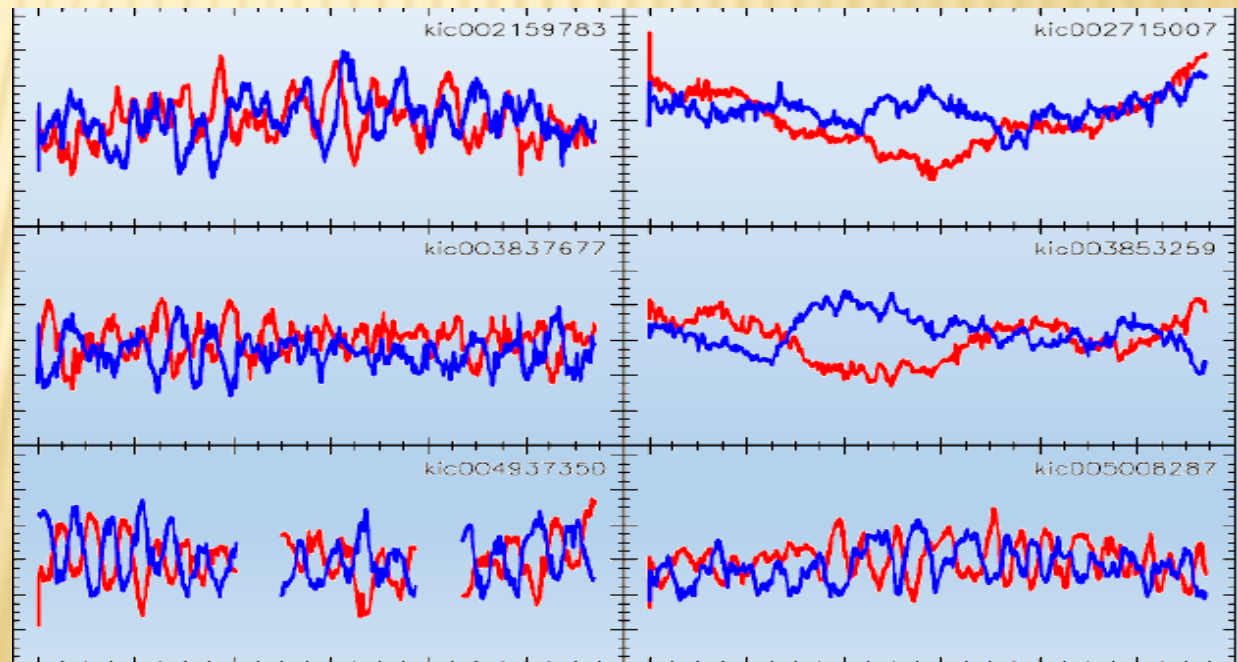
## *Minimum I ve II Zamanlarında Zıt Fazlı Değişimlerin Giderilmesi*

✘Kepler katalogu incelendiğinde değen çift sistemlerin yaklaşık hepsinde zıt fazlı değişimler görölmektedir. Deęen çift sistemler çember yörünge olarak kabul edildiklerinden ötürü eksen dönmesi beklenmemektedir. Bu sebeple sistemlerin minimumlarında oluşan zıt fazlı değişimler leke etkisinin sebep olduğu düşünölüp leke etkisinin giderilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir.

# RANDOM WALK

CHARACTER (1) RANDOM WALK-LIKE VARIATIONS OF QUASI-PERIODICITIES, WITH TYPICAL AMPLITUDES OF  $\pm 200$ – $300$  s, AND (2) anticorrelations between the primary and secondary eclipse timing variations. We present a detailed analysis and results for 32 of these binaries with orbital periods in the range of  $0.35 \pm 0.05$  days. The anticorrelations observed in their  $O - C$  curves cannot be explained by a model involving mass transfer, which, among other things, requires implausibly high rates of  $\sim 0.01 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$ . We show that the anticorrelated behavior, the amplitude of the  $O - C$  delays, and the overall random walk-like behavior can be explained by the presence of a starspot that is continuously visible around the orbit and slowly changes its longitude on timescales of weeks to months. The quasi-periods of  $\sim 50$ – $200$  days observed in the  $O - C$  curves suggest values for  $k$ , the coefficient of the latitude dependence of the stellar differential rotation of  $\sim 0.003$ – $0.013$ .

- ❖ Kütle Alış verişi
- ❖ Eksen Dönmesi
- ❖ Üçüncü Cisim
- ✓ Yıldız leke varlığı



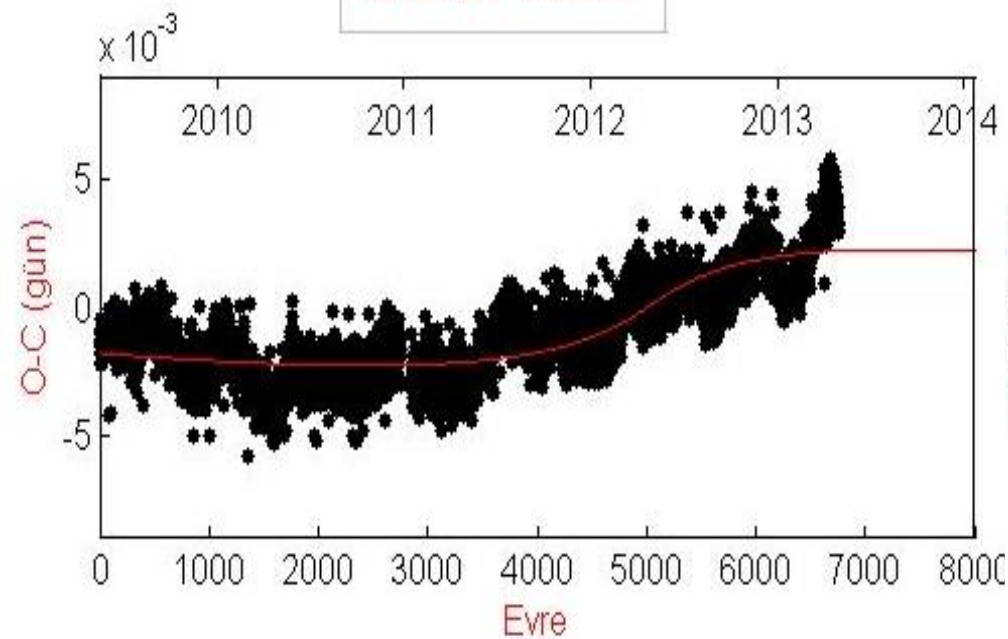
# DÖNEM ANALİZİ

✘ Bu yöntemde gözlenen minimum zamanlarının ortalaması alınıp kuramsal minimum I ve II zamanlarının farkının bu ortalamadan çıkarılması ile leke etkisi minimize edilmiştir. Örnek olarak aşağıda KIC 4921906 sisteminin ayrı ayrı minimum I , minimum II, minimum I ve II ve leke etkisi minimize edilmiş şekilde olan *O-C* diyagramı verildi

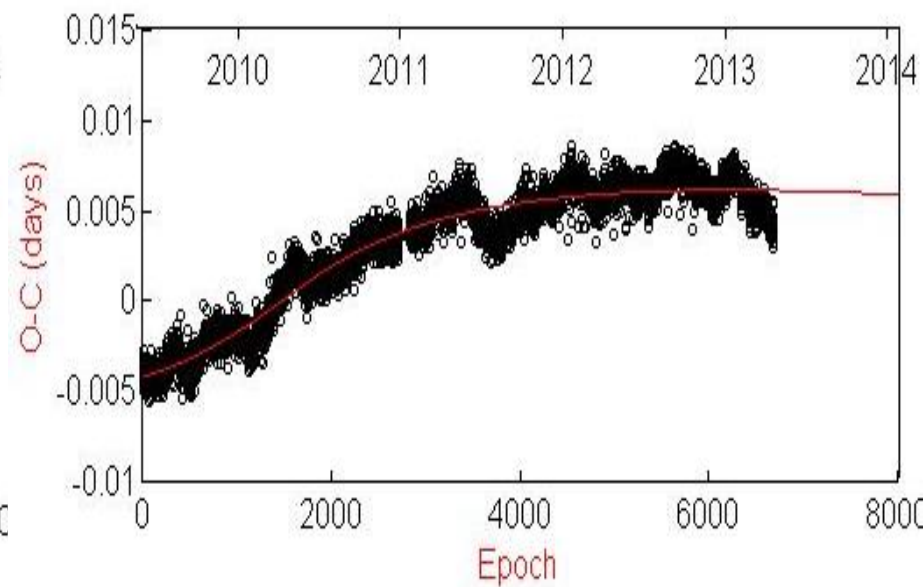
Çizelge 1. 1072765 (V2280 Cyg) sistemine ait minimum zamanlarının bir kısmı.

Minimum Zamanı	Min.türü	Hata	Minimum Zamanı	Min.türü	Hata
54964.62006	1	0.00056	54953.74	2	0.00036
54964.83382	1	0.00066	54954.09	2	0.00048
54965.04723	1	0.00058	54954.8	2	0.00055
54965.26043	1	0.00039	54955.15	2	0.00071
54965.47461	1	0.00021	54955.5	2	0.00038
54965.68909	1	0.00041	54955.86	2	0.00055
54965.90338	1	0.00016	54956.21	2	0.00033
54966.11626	1	0.00043	54956.56	2	0.00036
54966.32983	1	0.00041	54956.92	2	0.00082
54966.54414	1	0.00041	54957.27	2	0.00044
54966.75712	1	0.00052	54957.62	2	0.00072

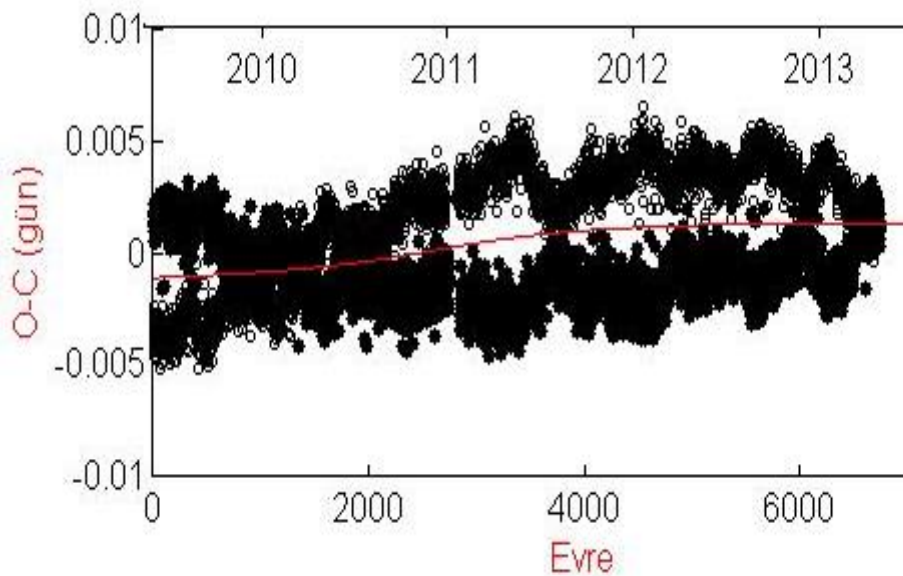
KIC 4921906 I. Minimum



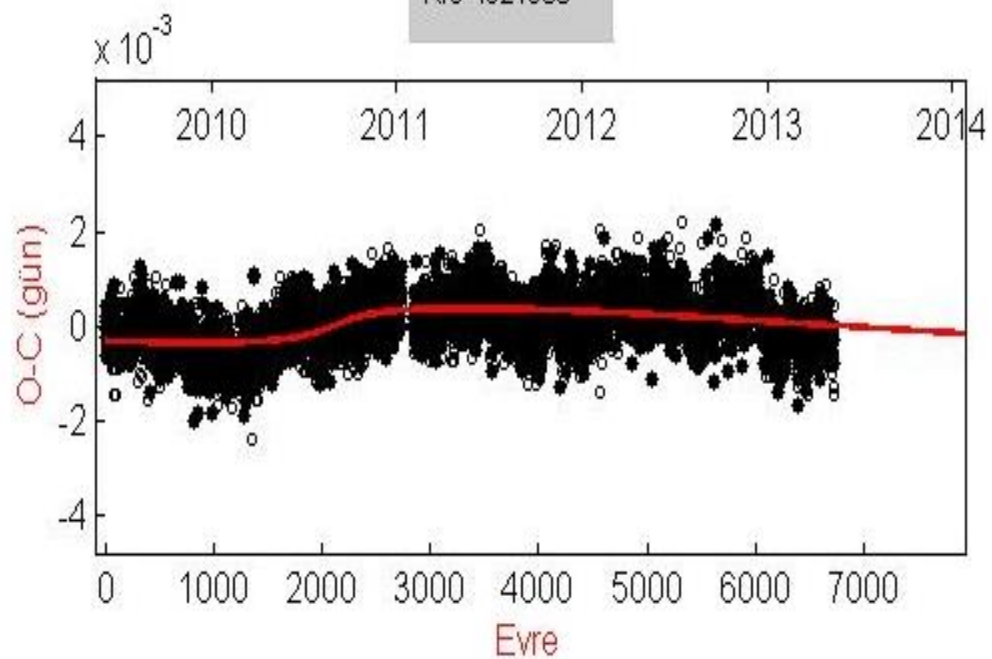
KIC 4921906 II. Minimum



KIC 4921906 I. ve II. Minimum



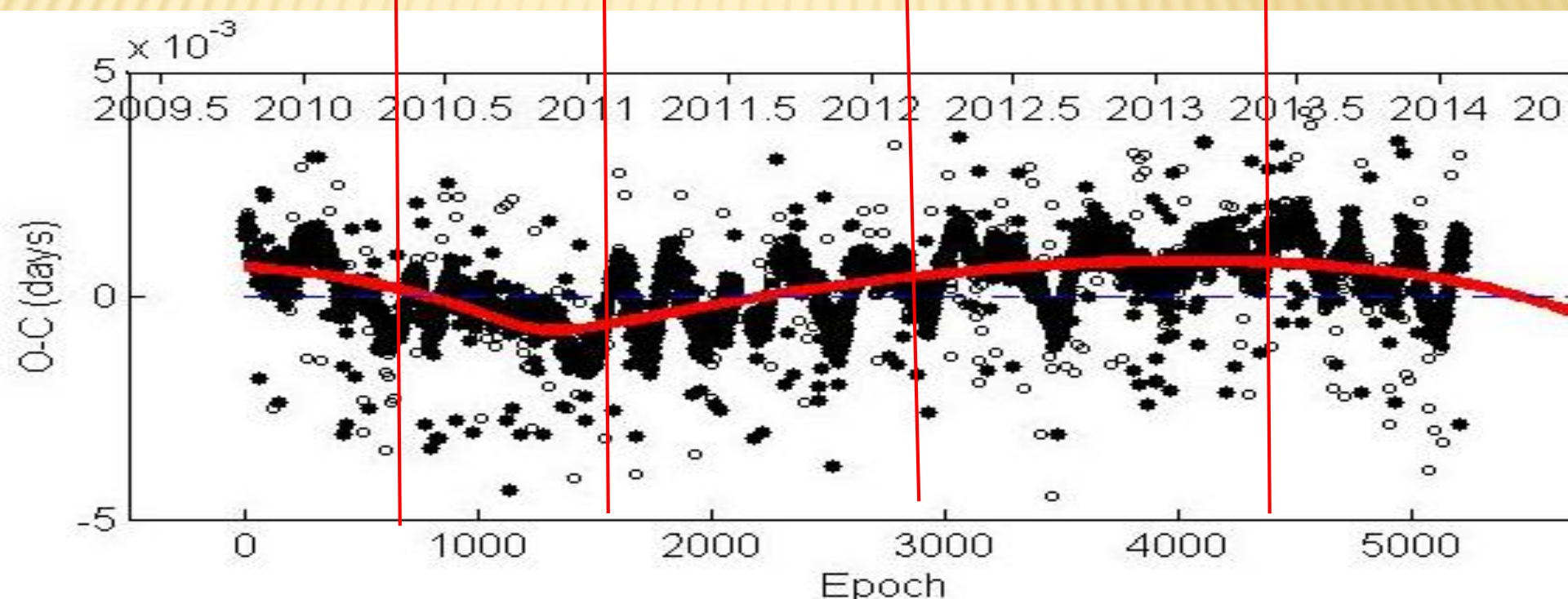
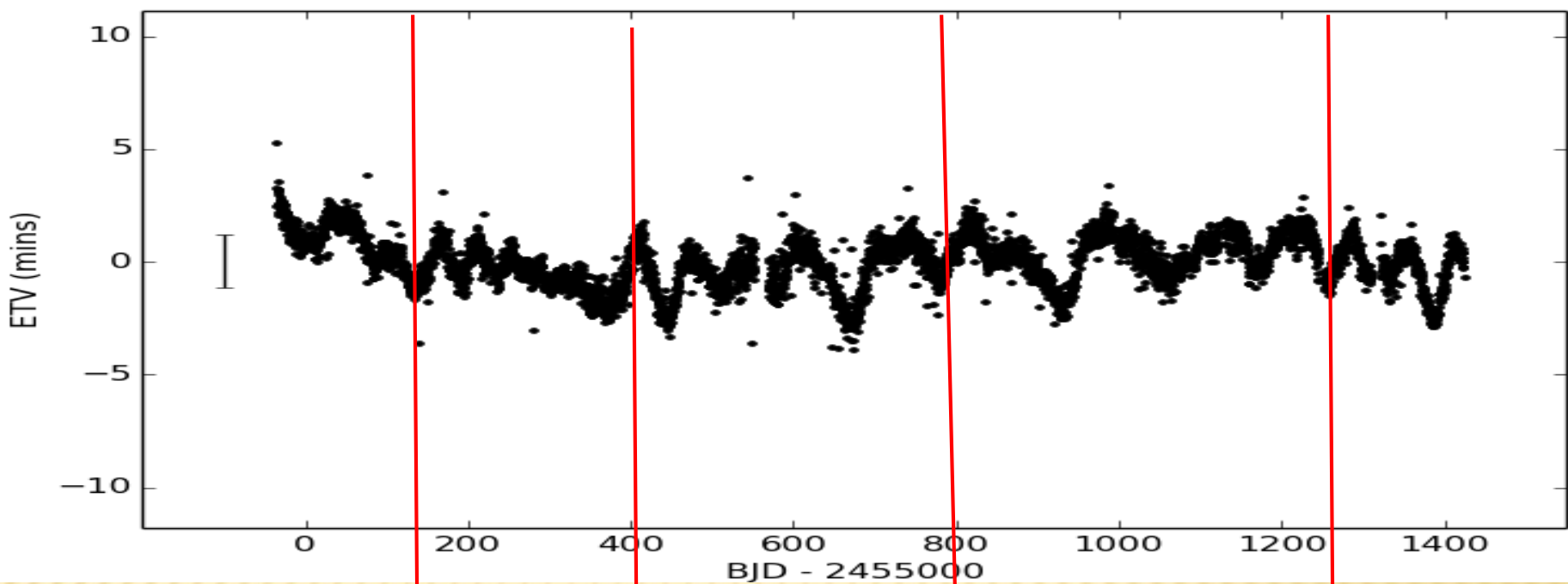
KIC 4921906





---

✘Leke etkisinin minimize edilmesi için kullandığımız metodun doğru olup olmadığını denetlemek için kepler katalogundaki KIC 2570289 sistemine ait ETV eğrisi ile karşılaştırıldı.



# DÖNEM ANALİZİ

- ✘ Kepler teleskobunun yaklaşık 4 yıllık (65000 gözlem noktası) gözlem verilerinden minimum zamanları belirlemek için Kwee van Woerden yöntemi kullanılarak 5934 tane birinci minimum ve 5934 tane ikinci minimum hesaplandı. Bu minimum zamanları ile O-C eğrisi oluşturuldu.
- (O-C) farkları, Kepler katalogunda (Ecl.Vill) yer alan aşağıdaki ışık ögeleri kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{HJD Min I} = 24549640.617446 + E \cdot 0^{\text{g}}.2137324$$

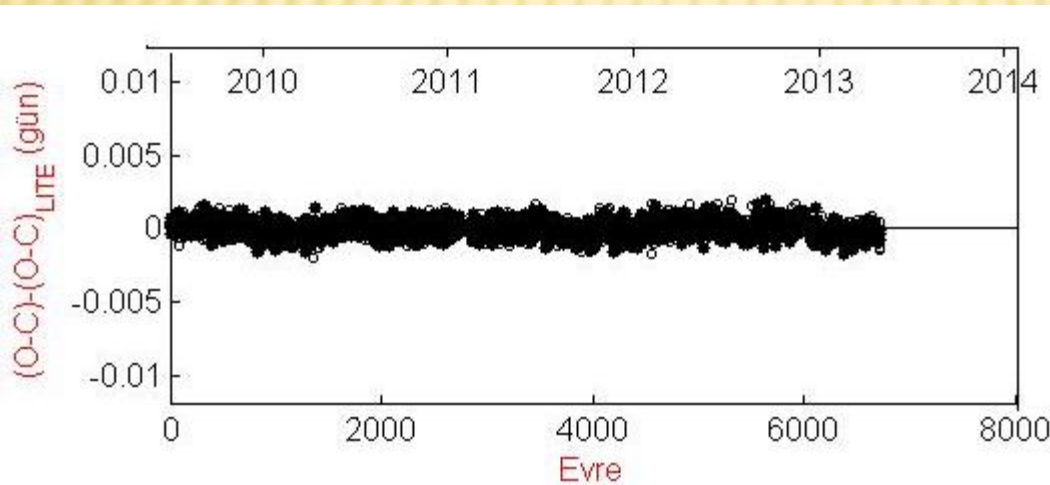
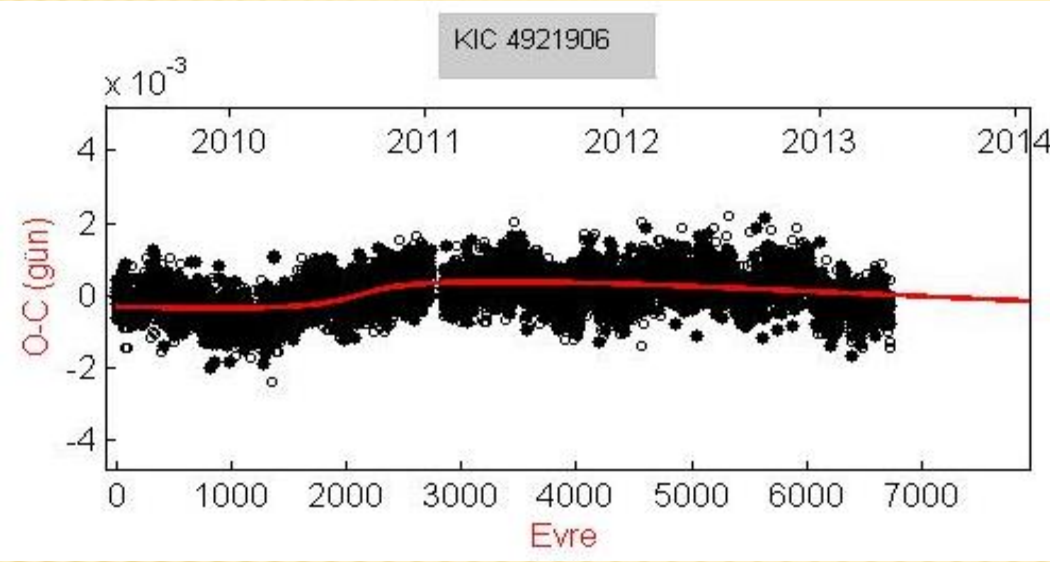
# DÖNEM ANALİZİ

---

✘ Işık zaman etkisi parametreleri, Irwin (1952)'in Işık zaman etkisi denklemleri kullanılarak hazırlanan matlab kodu (Zasche,2009) ile hesaplandı.

✘ Aşağı doğru bir çevrimsel yapı olduğu belirlenmiştir. Sistemdeki çevrimsel değişimi; geniş bir yörüngede olan üçüncü bir bileşen nedeniyle bir ışık zaman etkisinin küçük bir kısmı olabileceği düşünülüp üçüncü cisme ait yörünge parametreleri hesaplandı Tablo 1.

# DÖNEM ANALİZİ SONUÇLARI



Parametre	Birim	3. Cisim
$T$	HJD	$2454964.6178 \pm 0.0003$
$P$	day	$0.21373225 \pm 0.00000015$
$T_0$	HJD	$2455415.482 \pm 15.622$
$A_3$	day	$0.00036 \pm 0.00017$
$P_3$	year	$1973.2 \pm 215.0$
$e_3'$		$0.738 \pm 0.205$
$\omega_3'$	°	$0.0 \pm 4.6$
$f(m)$	$M_{\odot}$	$0.00002720 \pm 0.00000004$
$M_3(90)$	$M_{\odot}$	$0.051 \pm 0.000$
$M_3(60)$	$M_{\odot}$	$0.059 \pm 0.000$
$M_3(30)$	$M_{\odot}$	$0.104 \pm 0.000$

Tablo 1. Dönem analizi sonuçları

# IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ

---

✘Çift sistemlerin ışık eğrisi analizi yapılarak onların yörünge ve diğer bazı parametrelerini elde etmek mümkündür. Işık eğrisi analizi için bir çok yöntem mevcuttur. Bunlardan en çok tercih edilen Wilson-Devinney kodu (Wilson ve Devinney, 1971) ve kodu temel alarak uygun arayüz ile yapılan Phoebe programıdır (Prsa and Zwitter, 2005). Bu program ile gözlemsel veriler kullanılarak en uygun yörünge öğeleri interpolasyon (yaklaştırma) yöntemleri ile çözüm aranır.

✘Bu çalışmada KIC 4921906 sisteminin ışık eğrisi analizi için Phoebe programı kullanılmıştır.

# IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ SABİT PARAMETRELER

- ✦ Logaritmik kenar kararma katsayıları Van Hamme (1993)'dan alınmıştır. Her iki bileşenin konvektif zarfa sahip olduğu kabul edilerek ( $T < 7200$  K) çekim kararma katsayısı 0.32 ve bolometrik albedo değeri 0.5 olarak alınmıştır (Lucy, 1968). Pecaüt ve Mamajek (2013) tarafından verilen sıcaklık-renk-tayf türü ve kütle kalibrasyon tabloları kullanılarak birinci bileşenin sıcaklığı  $T_1 = 5180$  K olarak tahmin edilmiştir.

# IŞIK EĐRİŐİ ANALİZİ SERBEST PARAMETRELER

✘ Analiz sırasında

Başlangıç zamanı ( $T_0$ ),

Yörünge dönemi (P),

yörünge eğikliği ( $i$ ),

kütle oranı ( $q=m_2/m_1$ ),

yoldaş yıldızın sıcaklığı ( $T_2$ ),

potansiyel değerleri ( $\Omega_1=\Omega_2$ ),

yoldaş yıldızın görelî ışıması serbest parametreler olarak alınmıştır.

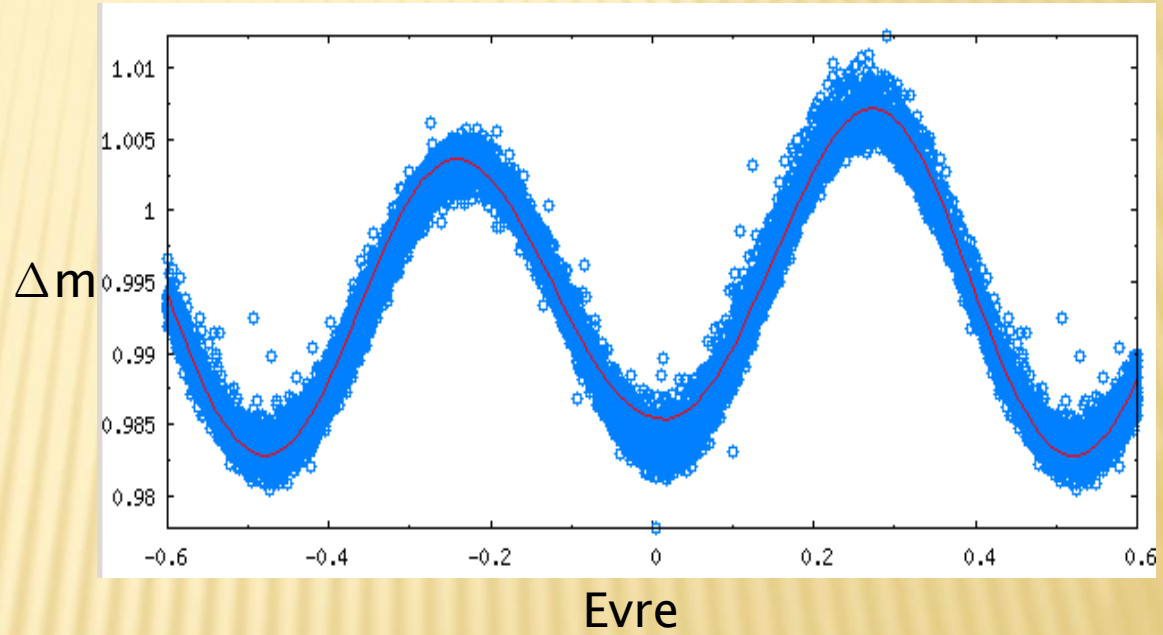
Literatürde yer alan kütle oranı  $q=2.069$  giriş parametresi olarak kabul edilip çözüm yapılmıştır.

✘ KIC 4921906 sisteminin ışık eğrisi analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.



# IŞIK EĞRİSİ ANALİZİ SONUÇLARI

Parametre	KIC 4921906 Çözümü
$T_0(BJD)$	2454965.14876±0.0001
$P(day)$	0.213732±0.000100
$PSHIFT$	0.014±0.010
$i(deg)$	54.67±0.01
$A_1=A_2$	0.5
$g_1=g_2$	0.32
$l_3$	0
$T_1(K)$	5180 (sbt)
$T_2(K)$	5353±10
$\Omega_1=\Omega_2$	7.22±0.01
$q$	1.99±0.01
$L_1$	0.27
$L_2$	0.73
Leke Parametre	
$\theta(deg)$	86
$\lambda(deg)$	99
$r_s(deg)$	10
$T'_c$	0.9



Tablo 2. Işık eğrisi analizi sonuçları

# SONUÇ

---

- ✘ Dönem analizi gösterdi ki; Üçüncü cismin yörüngesi  $1973.2 \pm 215.0$  olarak hesaplandı.
- ✘ Üçüncü cismin yörüngesinin örten çiftin yörüngesiyle aynı düzlemde ( $\sim i=i'=60$ ) olduğu kabul edildiğinde ise üçüncü cismin kütlesi  $0.059 M_{\odot}$  olarak elde edilmektedir.
- ✘ Üçüncü cismin kütlesinin kahverengi cüce bir yıldız olma şartı olan  $0.072 M_{\odot}$  sınırına yakın bir değer olduğu görülmektedir.

# SONUÇ

- ✘ Işık eğrisi analiz gösterdi ki; KIC 4921906 sisteminin yörünge eğimi ( $i = 58,5$ ) olarak hesaplandı.
- ✘ Kepler Temperatures katalogunda bu sistemin  $T_2/T_1=1.031$  ve  $q(M_2/M_1)=2.069$  olarak verilmiştir. Bu çalışmada ise  $T_2/T_1=1.033$  ve  $q(M_2/M_1)=1.88$  olarak hesaplandı.
- ✘ Sistemin dikine hız çalışması olmadığından kütle ve yarıçap değerlerini hesaplamamız olanaklı değildir. Eğer sisteme ilişkin tayfsal çalışma yapılırsa ve dikine hız değişimi de elde edilirse bileşen yıldızların kütle, yarıçap, ışıltma gibi gözlemsel özellikleri de ortaya çıkarılabilir. Bunların elde edilmesi durumunda bu sistemin evrimi hakkında daha fazla bilgi edinebiliriz.

# REFERANS

1. Bahar, E., Şenavcı, H.V., Baştürk, Ö., 2015. A python-based GUI Software to Calculate Times of Maximum and Minimum: Xtrema. Living Together: Planets, Host Stars and Binaries, Proceedings of a conference held 8-12 September 2014 in Litomyšl, Czech Republic.
2. Kwee, K. K. and van Woerden, H. 1956. A method for computing accurately the epoch of minimum of an eclipsing variable. *Bull. Astron. Inst. Netherlands*. 12, 327.
3. Lucy, L.B., 1968. *ApJ* 151, 1123.
4. Pecaut, Mark J., Mamajek, Eric E., 2013. Intrinsic Colors, Temperatures, and Bolometric Corrections of Pre-main-sequence Stars. *The Astrophysical Journal Supplement*, Volume 208, Issue 1, article id. 9, 22 pp.
5. Prsa, A., Batalha, N., Slawson, R., Doyle, L., Welsh, W., Orosz, J., Seager, S., Rucker, M., Mjaseth, K., Engle, S., Conroy, K., Jenkins, J., Caldwell, D., Koch, D., Borucki, W. 2011. Kepler eclipsing binary stars. I. catalog and principal characterization of 1879 eclipsing binaries in the first data release. *AJ*, 141, 83.
6. Prsa, A. and Zwitter, T., 2005, A Computational Guide to Physics of Eclipsing Binaries. I. demonstrations and Perspectives, *ApJ*, 33p.
7. Slawson, R. W. Prsa, A., Welsh, W., Orosz, J., Rucker, M., Batalha, N., Doyle, L., Engle, S., Conroy, K., Coughlin, J., Gregg, T., Fetherolf, T., Short, D., Windmiller, G., Fabrycky, D., Howell, S., Jenkins, J., Uddin, K., Mullally, F., Seader, S., Thompson, S., Sanderfer, D., Borucki, W., Koch, D. 2011. Kepler eclipsing binary stars. II. 2165 eclipsing binaries in the second data release. *AJ*, 142, 160.
8. Tran, K., Levine, A., Rappaport, S., Borkovits, T., Csizmadia, Sz., Kalomeni, B. 2013. The anticorrelated nature of the primary and secondary eclipse timing variations for the kepler contact binaries. *ApJ*, 774, 81.
9. Van Hamme, W., 1993. *AJ* 106, 2096.
10. Wilson R. E., Devinney E. J., 1971. Realization of Accurate Close - Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *The Astrophysical Journal Letters*, 166:615.
11. Zasche P., Liakos A., vd., 2009. *NewAstronomy*, 14:121-128.



TEŞEKKÜRLER