

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17936871>

LT Aur Örtlen Çift Yıldız Sistemin İlk TESS Işık Eğrisi ve Yörünge Dönemi Analizleri

Oğuz ÖZTÜRK ^{*1,2}, Ahmet ERDEM ^{1,2}, Derya SÜRGİT ^{2,3}

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Astrofizik Araştırma Merkezi ve Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale, Türkiye

³ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Sorumlu Yazar Email: oguzozturk@comu.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 15.09.2025

Kabul: 18.11.2025

Anahtar Kelimeler

Örtlen Çift Yıldızlar,
LT Aur,
Fotometrik,
Veri Analizi,
TESS

Özet: Bu çalışmada, LT Aur örtlen çift yıldız sisteminin Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) uydusu gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi ilk defa çözülmüştür. Bunun yanı sıra sistemin yörünge dönem analizi de ilk olarak bu çalışmada sunulmuştur. Işık eğrisi analizi sonucunda LT Aur sisteminin yarı-ayrık bir çift yıldız sistemi olduğu sonucuna varılmıştır. Işık eğrisi çözüm parametreleri kullanılarak sistemin mutlak parametreleri $M_1 = 1.66 \pm 0.17 M_{\odot}$, $R_1 = 1.62 \pm 0.12 R_{\odot}$ ve $M_2 = 0.23 \pm 0.08 M_{\odot}$, $R_2 = 2.09 \pm 0.35 R_{\odot}$ olarak tahmin edilmiştir. LT Aur sisteminin yörünge dönem analizi sonucunda sistemin yörünge döneminin düzenli olarak 1.310 ± 0.253 s/yıl hızıyla arttığı tespit edilmiştir. Yörünge dönemindeki bu artışın, küçük kütleli ikinci bileşenden büyük kütleli birinci bileşene doğru baskın bir kütle aktarım mekanizması kaynaklı olabileceği göz önüne alınarak, birinci bileşen üzerine aktarılan kütle aktarım hızının $10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ ile $10^{-4} M_{\odot}/\text{yıl}$ yıl arasında olduğu tahmin edilmiştir.

First TESS Light Curve Solution and Orbital Period Analysis of LT Aur

Article Info

Received: 15.09.2025

Accepted: 18.11.2025

Keywords

Eclipsing Binary
Stars,
LT Aur,
Photometric,
Data Analysis,
TESS

Abstract: In this study, light curve of LT Aur eclipsing binary star system obtained from Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) observations is solved for the first time. In addition, orbital period analysis of the system is also presented for the first time. As a result of the light curve analysis, it is concluded that LT Aur is a semi-detached binary star system. Using the light curve solution parameters, the absolute parameters of the system are estimated as $M_1 = 1.66 \pm 0.17 M_{\odot}$, $R_1 = 1.62 \pm 0.12 R_{\odot}$ and $M_2 = 0.23 \pm 0.08 M_{\odot}$, $R_2 = 2.09 \pm 0.35 R_{\odot}$. Orbital period analysis of LT Aur shows that the orbital period of the system is increasing regularly at a rate of 1.310 ± 0.253 s/year. Considering that this increase in the orbital period may be due to a dominant mass transfer mechanism from the low-mass secondary component to the high-mass primary component, the mass transfer rate onto the primary component is estimated to be between $10^{-7} M_{\odot}/\text{year}$ and $10^{-4} M_{\odot}/\text{year}$.

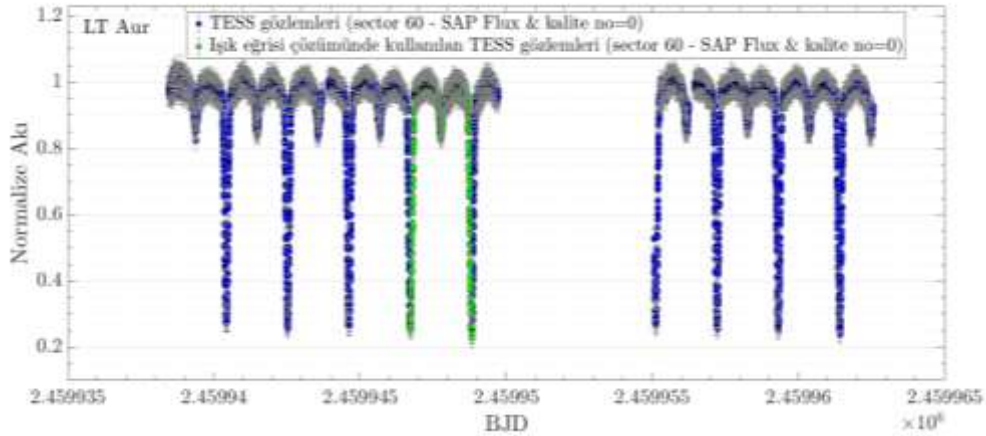
1. Giriş

Bu çalışmada, örten bir çift yıldız sistemi olan LT Aur kaynağının Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS) (Ricker ve ark., 2015) uydusu gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi çözümünün yanı sıra, TESS gözlemlerinden hesaplanan minimum zamanlarla birlikte literatürden toplanan tüm minimum zamanlar kullanılarak yörünge dönem analizi yapılmıştır. Sistemin fotometrik analizi ilk olarak bu çalışmada sunulmuştur. Literatürde bu sistem sadece bazı katalog çalışmalarında yer almaktadır (Malkov ve ark., 2006; Avvakumova ve ark., 2013). TESS gözlemleri hakkında özet bilgi çalışmanın ikinci bölümünde verilmiştir. Üçüncü bölümde LT Aur kaynağının TESS ışık eğrisi çözümü yapılmış ve sistemin geometrik parametreleri elde edilmiştir. Dördüncü bölümde ele alınan kaynağın O-C yöntemi ile yapılan yörünge dönem analizi sunulmuştur. Son bölümde ise sistemin mutlak parametreleri tahmin edilmiş ve elde edilen bulgular tartışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. TESS gözlemleri

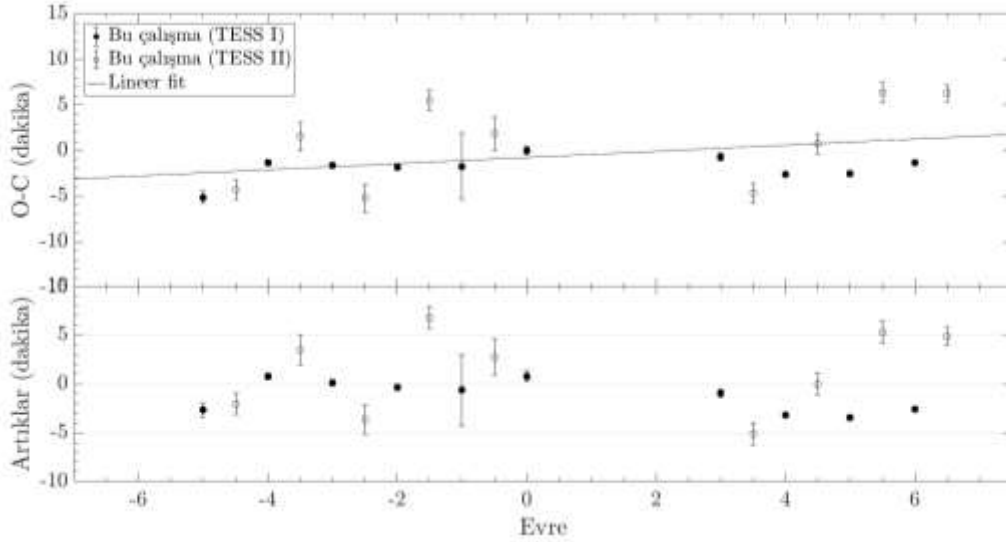
TESS uydusu gözlemleri, 600 nm ile 1000nm dalgaboyu aralığını kapsayan geniş filtreler kullanılarak yapılmaktadır (Ricker ve ark., 2015). Bu çalışmada ele alınan LT Aur sisteminin TESS gözlemleri hakkında özet bilgi Tablo 1 de verilmiştir. LT Aur sisteminin TESS gözlem verileri Mikulski Archive for Space Telescopes (MAST) (<https://mast.stsci.edu/>) veri tabanından alınmıştır. Işık eğrisi oluşturulurken veri tabanında verilen SAP_FLUX ölçümleri kullanılmıştır. Kaynağın Işık eğrisi çözümünü duyarlı bir şekilde yapabilmek için SAP_FLUX ölçümleri içerisinde, en duyarlı gözlem noktaları olarak belirtilen QUALITY = 0 ölçümleri alınmıştır. Sistemin TESS ışık eğrisi Şekil 1’de sunulmuştur. TESS gözlemlerinden gözlenen minimum zamanlar AVE yazılımı (Barberá, 1996) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 3’te verilmiştir. TESS minimum zamanları kullanılarak LT Aur sisteminin O (gözlenen minimum zaman) - C (hesaplanan minimum zaman) diyagramı Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 1. LT Aur kaynağının TESS gözlemlerinden elde edilen ışık eğrisi

Tablo 1. LT Aur sisteminin TESS sector 60 gözlem bilgileri

Gözlem başlangıcı (gün.ay.yıl)	23.12.2022
Gözlem bitişi (gün.ay.yıl)	18.01.2023
Poz süresi (s)	200
Gözlemin yapıldığı kamera/CCD	1/2
Toplam gözlem sayısı	8484
QUALITY=0 gözlem sayısı	7823



Şekil 2. LT Aur sisteminin TESS minimum zamanları kullanılarak oluşturulan O-C diyagramı. Siyah düz çizgi, O-C verisine yapılan lineer fiti göstermektedir. O-C verilerinden lineer fit çıkartılarak elde edilen O-C artıkları alt panelde gösterilmiştir

TESS minimum zamanlarından oluşturulan O-C diyagramında kullanılan ışık elemanı (1) denkleminde verilmiştir. Burada $T_0 = 2459948.81940(34)$ BJD zamanı, TESS gözlemlerinden okunan minimum zamandır ve 2.0991516 gün yörünge dönemi ise ASAS-SN kataloğundan (Shappee ve ark., 2014; Kochanek ve ark., 2017) alınmıştır.

$$C_1 = BJD\ 2459948.81940(34) + 2^{gün}.0991516 \times E \quad (1)$$

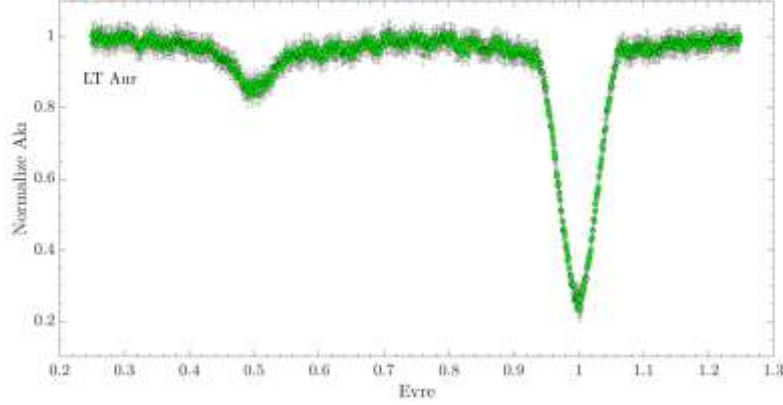
LT Aur sisteminin TESS O-C verilerin, en küçük kareler yöntemi kullanılarak yapılan lineer fit düzeltilmesi sonucu elde edilen güncel ışık elemanı (2) denkleminde verilmiştir.

$$C_2 = BJD\ 2459948.81887(55) + 2^{gün}.09939(14) \times E \quad (2)$$

LT Aur sisteminin TESS ışık eğrisi çözümünde TESS gözlemleri (2) denklemi ile verilen güncel ışık elemanı kullanılarak evrelendirilmiştir (bkz. Şekil 3).

2.2. Işık eğrisi çözümü

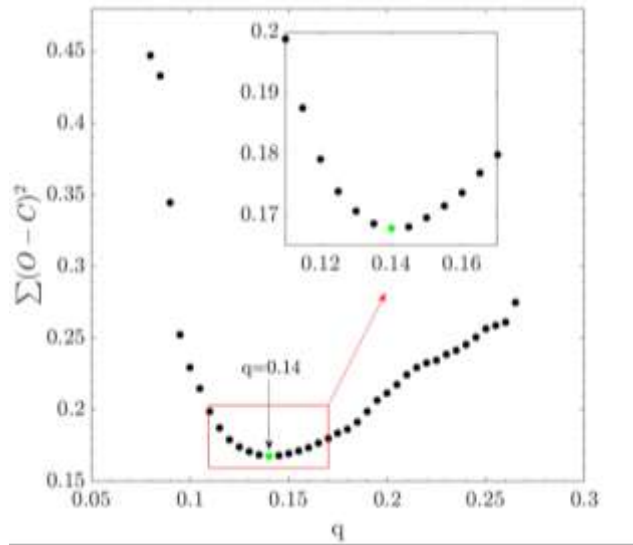
LT Aur kaynağının ilk fotometrik analizi bu çalışmada sunulmuştur. Sistemin TESS ışık eğrisi analizi Wilson-Devinney yazılımı (Wilson ve Devinney, 1971; Wilson, 2012) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerin yapıldığı filtrenin etkin dalgaboyu 786.5nm olarak alınmıştır (Ricker ve ark., 2015). Yıldız atmosferlerinin ışımsal ($T > 7200K$) ve konvektif ($T < 7200K$) olmasına göre bolomerik çekim kararma katsayıları (g_{1-1} ve g_1) sırasıyla 1.0 ve 0.32 değerlerinde alınmıştır (von Zeipel, 1924; Lucy, 1967). Bileşenlerin bolometrik albedosu (A_1 ve A_2), ışımsal atmosfere sahip yıldız atmosferleri için 1,0'a, konvektif atmosfere sahip yıldız atmosferleri için 0,5'e sabitlenmiştir (Ruciński, 1969). Işık eğrisi analizlerinde, ikinci dereceden kenar kararma kanunu kullanılmış ve kenar kararma katsayıları Claret (2017)'den alınmıştır. Çözümlerde bileşen yıldızların dairesel bir yörüngede ($e = 0$) senkronize olarak döndükleri ($F_1 = F_2 = 1$) kabul edilmiştir.



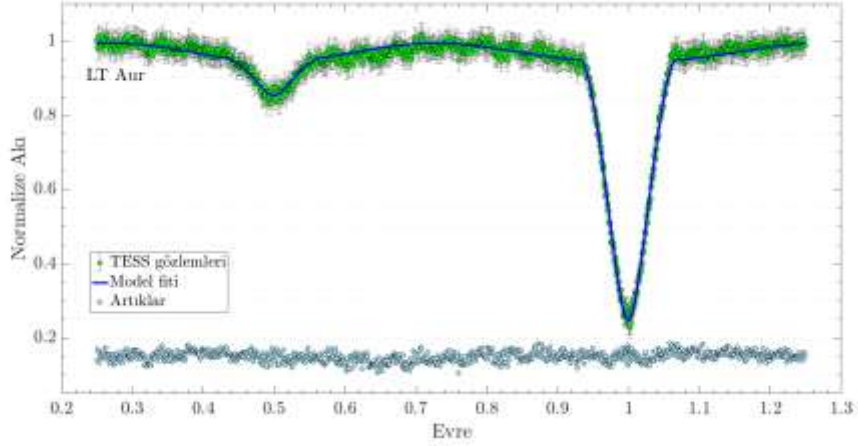
Şekil 3. LT Aur sisteminin, güncel ışık elemanı ile evrelendirilmiş TESS ışık eğrisi

LT Aur sisteminin TESS ışık eğrisi çözümü ilk olarak mod 2 ayırık konfigürasyonda yapılmıştır. Ancak birkaç iterasyondan sonra ikinci bileşenin Roche lobunu tamamen doldurduğu görülmüştür. Bu nedenle sistemin ışık eğrilerinin çözümü mod 5 yarı-ayırık konfigürasyonda devam edilmiştir. Bu çözümlerde, evre kayması (ϕ), yörünge eğimi (i), ikinci bileşenin etkin sıcaklığı (T_2), birinci bileşenin yüzey potansiyeli (Ω_1), kütle oranı (q) ve birinci bileşenin ısıtması (L_1) serbest bırakılan parametrelerdir. Üçüncü ışık katkısı parametresi (L_3) çözümlerde ilk olarak serbest bırakılmıştır. Ancak üçüncü cisim kaynaklı bariz bir ışık katkısı tespit edilemediğinden üçüncü ışık katkısı ışık eğrisi çözümlerine dâhil edilmemiştir.

LT Aur sistemi ile ilgili literatürde herhangi bir tayfsal çalışması bulunmadığından, baş bileşenin sıcaklığı (T_1) için bir tahmin yapılmıştır. Bunun için öncelikle sistemin kızıllaşmadan arındırılmış $B - V$ rengi ($(B - V)_0$), Tunçel Güçtekin ve ark. (2016) tarafından verilen yöntem kullanılarak 0.279 ± 0.059 kadar değerinde hesaplanmıştır. Sonrasında, Drilling and Landolt (2000) çalışmasında verilen, kızıllaşmadan arındırılmış $(B - V)_0$ rengi ile sıcaklık kalibrasyonu tablosundan LT Aur sisteminin baş bileşenin sıcaklığı 7422 ± 200 K değerinde elde hesaplanmış ve çözümde baş bileşen sıcaklığı bu değerinde sabit tutulmuştur.



Şekil 4. LT Aur sistemi için kütle taraması işlemi sonucu elde edilen kütle oranı (q) - $\Sigma(O - C)^2$ diyagramı



Şekil 5. LT Aur sisteminin ışık eğrisi analizi sonucu elde edilen teorik model fiti ve çözümden elde edilen artıklar

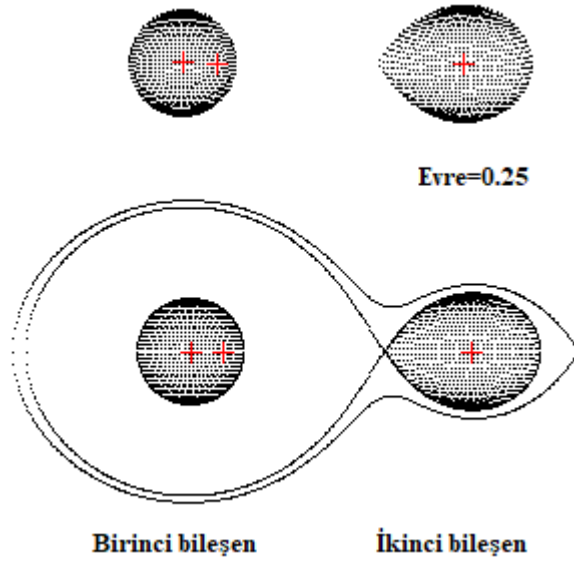
Tablo 2. LT Aur sisteminin ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen parametreler

Parametre	Değer
ϕ	-0.0005(1)
i (derece)	85.57(21)
T_1 (K)	7424(200)
T_2 (K)	4228(129)
$q (= M_2 / M_1)$	0.137(6)
Ω_1	4.431(10)
Ω_2	2.068
r_1 (hacim)	0.190(5)
r_2 (hacim)	0.246(8)
L_1 / L_{Toplam}	0.836(7)
L_2 / L_{Toplam}	0.164
$\sum(O - C)^2$	0.1622

Bunun yanı sıra sistem için tayfsal kütle oranı değeri de bilinmediğinden ışık eğrisi çözümünden önce sistemin fotometrik kütle oranı taraması yapılmıştır. Kütle taraması işleminde sistemin ışık eğrisi, yukarıda serbest bırakılan parametrelerden sadece kütle oranı parametresi sabit kütle oranı (q) değerleri için sabit tutularak çözülmüştür. Çözümlerden elde edilen kütle oranı (q) - $\sum(O - C)^2$ diyagramı Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4'ten görüldüğü üzere en küçük $\sum(O - C)^2$ değerine $q = 0.14$ değerinde ulaşılmıştır. Bu nedenle çözüm esnasında kütle oranı bu değerde alınıp serbest parametre olarak bırakılmıştır. Işık eğrisi çözümlerinden elde edilen parametreler Tablo 2'de verilmiştir. Tüm tablolarda hata değerleri son basamağa göre parantez içinde yazılmıştır. Çözüm sonucu elde edilen teorik fit Şekil 5'de sunulmuştur. Işık eğrisinin maksimumlarında asimetrikler gözükmemektedir. Bunun yanı sıra ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen artıklarda zonklama benzeri bir değişim görülmektedir (bkz. Şekil 5). İleride yapılacak olan fotometrik ve tayfsal gözlemlerle bu değişimin incelenmesi, sistemin doğasını anlamamız açısından büyük öneme sahiptir.

Binary Maker programına (Bradstreet ve Steelman, 2002) ışık eğrisi çözümü sonucu elde edilen geometrik parametre değerleri girilmiş ve sistemin Roche geometrisi elde edilmiştir (bkz Şekil 6).



Şekil 6. LT Aur sisteminin ışık eğrisi çözüm parametreleri kullanılarak elde edilen Roche geometrisi

2.3. Yörünge dönem analizi

Bu çalışmada hesaplanan minimum zamanlar ile literatürde yayınlanan tüm minimum zamanlar kullanılarak, LT Aur sistemin yörünge dönem analizi ilk olarak bu çalışmada sunulmuştur. Sistemin dönem analizi O-C yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Dönem analizlerinde kullanılan minimum zamanlar ve referansları Tablo 3'te verilmiştir.

LT Aur sisteminin dönem analizinde toplamda 29 tane minimum zamanı kullanılmıştır. Bu minimum zamanlar, 9 Kasım 1964 ile 17 Ocak 2023 tarihlerini kapsamaktadır. Sistemin O-C diyagramı Şekil 7'de sunulmuştur.

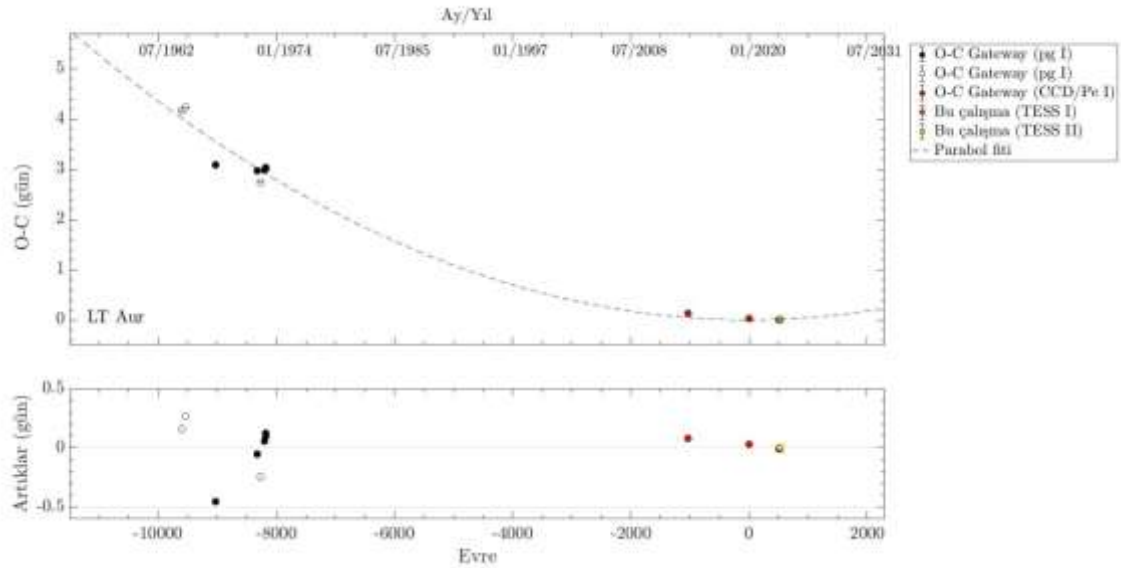
Şekil 7'den görüldüğü üzere LT Aur sisteminin O-C diyagramı yukarı yönlü bir parabolik değişim vermektedir. Bu nedenle sistemin O-C diyagramına Zsche ve ark. (2009) tarafından verilen MATLAB yazılımı kullanılarak parabol fiti yapılmış ve aşağıda verilen ikinci dereceden ışık elemanı elde edilmiştir.

$$C_3 = BJD\ 2458857.2594(28) + 2^{gün}.099138(5) \times E + 435^{gün}.7(7.1) \times 10^{-10} \times E^2 \quad (3)$$

(3) denkleminde görülen ikinci derece katsayı ($435.7(7.1) \times 10^{-10}$ gün), LT Aur sisteminin yörünge döneminin sürekli olarak $1.31(25)$ s/yıl hızı ile arttığını göstermektedir. Yörünge dönemindeki bu artış küçük kütleli ikinci bileşenden birinci bileşene doğru baskın bir kütle aktarım mekanizması kaynaklı olabilir. Bu durum takip eden bölümde ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

Tablo 3. LT Aur çift yıldız sisteminin literatürde verilen ve bu çalışmada okunan tüm minimum zamanları

Minimum zaman (BJD)	Hatası	Minimum türü	Referans
2438708.65040	-	pg (Min II)	O-C Gateway
2438849.35140	-	pg (Min II)	O-C Gateway
2439913.52843	-	pg (Min I)	O-C Gateway
2441393.29451	-	pg (Min I)	O-C Gateway
2441509.56352	-	pg (Min II)	O-C Gateway
2441647.31252	-	pg (Min I)	O-C Gateway
2441687.24553	-	pg (Min I)	O-C Gateway
2441689.32053	-	pg (Min I)	O-C Gateway
2456695.26985	-	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
2458857.28753	-	CCD/Pe (Min I)	O-C Gateway
2459938.32008	0.00048	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459939.37022	0.00075	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459940.42187	0.00024	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459941.47343	0.00104	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459942.52080	0.00020	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459943.56787	0.00107	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459944.61984	0.00023	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459945.67449	0.00080	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459946.71903	0.00254	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459947.77109	0.00127	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459948.81940	0.00034	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459955.11635	0.00029	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459956.16319	0.00076	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459957.21418	0.00017	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459958.26611	0.00077	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459959.31340	0.00021	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459960.36914	0.00081	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)
2459961.41339	0.00019	CCD/Pe (Min I)	Bu çalışma (TESS)
2459962.46826	0.00064	CCD/Pe (Min II)	Bu çalışma (TESS)

**Şekil 7.** LT Aur sisteminin mevcut tüm minimum zamanlar kullanılarak elde edilen O-C diyagramı (üst panel). Parabolik model fitinden elde edilen artıklar alt panelde gösterilmiştir

Sistemin O-C diyagramına yapılan lineer ve parabol fiti sonucu elde edilen ışık elemanı parametreleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. LT Aur sisteminin elde edilen güncel ışık elemanı parametreleri

Parametre	Lineer fit sonucu elde edilen değerler	Parabolik fit sonucu elde edilen değerler
T_0 (BJD)	2459948.81887(55)	2458857.2594(28)
P (gün)	2.09939(14)	2.099138(5)
$Q(10^{-10}$ gün)	-	435.7(7.1)

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada LT Aur sistemini oluşturan bileşenlerin mutlak parametreleri hesaplanmış ve Tablo 5'te verilmiştir. Bunun için öncelikle her sistemin baş bileşenin kütleleri, Drilling ve Londolt (2000) çalışmasında Tablo 15.7 ve 15.8 de verilen ana kol yıldızlarının renk ölçeği, etkin sıcaklık, kütle ve tayf türü kalibrasyonları kullanılarak ara değer hesabı ile hesaplanmıştır. Hesaplanan kütlelerin %10'u hata payı olarak kabul edilmiştir.

İkinci bileşenin kütlesi (M_2), Tablo 2'de verilen fotometrik kütle oranı kullanılarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin yarıçapları ($R_{1,2}$), Tablo 2'de verilen kesirsel yarıçaplar ($r_{1,2}=R_{1,2}/A$) kullanılarak hesaplanmıştır. Yarı büyük eksen uzunluğu (A) Kepler'in üçüncü kanunu kullanılarak hesaplanmıştır. Bileşenlerin bolometrik parlaklıkları ($M_{1,2\ bol}$) ve yüzey çekimleri ($\log g_{1,2}$), Pecaut ve Mamajek (2013) tarafından verilen güneşin etkin sıcaklığı (5771.8(7)K), güneşin bolometrik parlaklığı (4.7554(4) kadir) ve güneşin yüzey çekim ($27423.2(7.9)$ cm/s²) değerleri kullanılarak, hesaplanmıştır.

Bileşenlerin mutlak görsel parlaklıkları ($M_{1,2\ V}$), $M_{1,2\ V} = M_{1,2\ bol} - BC_{1,2\ V}$ denkleminde hesaplanmıştır. Bu denklemde yer alan bileşen yıldızların bolometrik düzeltme katsayıları ($BC_{1,2\ V}$), Pecaut ve Mamajek (2013) tarafından verilen etkin sıcaklık-bolometrik düzeltme kalibrasyonunda ara değer hesabı ile hesaplanmıştır. d uzaklığındaki sistemlerin yıldızlararası soğurma katsayısı ($A_{d,V}$), Bahcall ve Soneira (1980) tarafından verilen aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A_{d,V}(b) = A_{\infty,V}(b) \left[1 - \exp\left(-\frac{|d \sin b|}{125}\right) \right] \quad (4)$$

(4) denkleminde yer alan $A_{\infty,V}(b)$ terimi, b galaktik enleminde yer alan kaynağın V filtresindeki toplam sönüm katsayısı, NASA Extragalactic Database veri tabanı kullanılarak Schlafly ve Finkbeiner (2011)'den alınmıştır.

Tablo 5. LT Aur sisteminin bu çalışmada hesaplanan mutlak parametreleri

Parametre	Değer	
	Birinci Bileşen	İkinci Bileşen
$A(R_{\odot})$	8.51(17)	
$M_{1,2}(M_{\odot})$	1.66(17)	0.23(08)
$R_{1,2}(R_{\odot})$	1.62(12)	2.09(35)
$\log g_{1,2}$ (cgs)	4.24(10)	3.15(9)
$M_{1,2\ bol}$ (kadir)	2.62(31)	4.50(59)
$M_{1,2\ V}$ (kadir)	2.62(35)	5.34(99)
$A_{d,V}(b)$ (kadir)	0.43	
m_V (sistem) (kadir)	13.788(73) ^(a)	
M_V (sistem) (kadir)	2.53(31)	
d (pc)	1461(219)	

^(a)APASS veri tabanından (Henden ve ark., 2015) alınmıştır

$H = 125$ pc terimi ölçek yüksekliği (Marshall ve ark. 2006) ve d terimi kaynağın uzaklığını göstermektedir. Çift yıldız sistemlerinin mutlak görsel parlaklıkları (M_V (sistem))

ise bileşen yıldızların mutlak görsel parlaklıkları ($M_{1,2,V}$) kullanılarak aşağıdaki denklemden hesaplanmıştır.

$$M_V(\text{sistem}) = -2.5 \log_{10}(10^{-0.4M_{1,V}} + 10^{-0.4M_{2,V}}) \quad (5)$$

LT Aur sistemin uzaklığı (), aşağıda verilen uzaklık modülü formülünden hesaplanmıştır. Burada sistemin görsel parlaklık ($m_V(\text{sistem})$) değerleri, AAVSO Photometric All-Sky Survey (APASS) (Henden ve ark., 2015) veri tabanından alınmıştır.

$$d = 10^{\frac{m_V(\text{sistem}) - M_V(\text{sistem}) + A_{d,V}(b)}{5}} \quad (6)$$

LT Aur sisteminin TESS ışık eğrisi analizi sonucunda ikinci bileşenin kendi Roche lobunu doldurduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, O-C analizi sonucunda, sistemin yörünge döneminin düzenli olarak arttığı tespit edilmiştir. Yörünge dönemindeki bu artış, hem ikinci bileşenden birinci bileşene doğru bir miktar kütle aktarımının gerçekleştiği hem de sistemden bir miktar kütle kaybının olabileceği göz önüne alınarak açıklanabilir. Bu çalışmada, ikinci bileşenden birinci bileşene aktarılabilecek kütle miktarı hızını ve sistemden atılan kütle miktarı hızını belirleyebilmek için Erdem ve Öztürk (2014) tarafından aşağıdaki gibi verilen denklemler ve Tablo 5'te verilen sistemin fiziksel parametreleri kullanılmıştır.

$$\frac{\dot{P}}{P} = \left\{ 2 \left\{ \frac{10R_2}{A} \right\}^2 \frac{M_1 + M_2}{M_1 M_2} - \frac{2}{M_1 + M_2} \right\} \dot{M} + \frac{3(M_1 - M_2)}{M_1 + M_2} \dot{M}_1 \quad (7)$$

$$\dot{M} \leq (1 - \beta) \dot{M}_2 = \frac{(\beta - 1)}{\beta} \dot{M}_1 \quad (8)$$

(7) ve (8) denklemlerinde $\dot{P}$, $\dot{M}$, $\dot{M}_1$ ve $\dot{M}_2$, sırasıyla, yörünge dönemindeki değişim hızı, sistemden kaybedilen kütle miktarı hızı, birinci bileşen üzerine aktarılan kütle miktarı hızı ve ikinci bileşenin kaybettiği kütle miktarı hızıdır. $\beta = -\frac{\dot{M}_1}{\dot{M}_2}$ terimi ise kütle kaybı parametresi olarak adlandırılır ve birinci bileşen üzerine aktarılan kütle miktarı hızının ikinci bileşenin kaybettiği kütle miktarı hızına oranıdır. Erdem ve Öztürk (2014) tarafından verilen senaryoya göre eğer kütle kaybı parametresi (β), kütle kaybı parametresinin kritik değerinden (β_{cri}) büyük ise ikinci bileşenden birinci bileşene kütle aktarımı, sistemden kütle kaybına göre baskın mekanizma olur ve yörünge döneminde artış görülür. Bu senaryoya göre (7) ve (8) denklemleri kullanılarak, LT Aur sistemi için β_{cri} değeri 0.839 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda, LT Aur sisteminin kütle kaybı parametresi $\beta_{cri} = 0.839 < \beta \leq 1$ aralığında olmalıdır. LT Aur sisteminde bileşenler arası korunumlu kütle aktarımı durumunda ($\beta = 1$), birinci bileşen üzerine aktarılan kütle miktarı hızı ($\dot{M}_1$), $6.43 \times 6.43 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{yıl}$ mertebesinde hesaplanmıştır. β değeri, β_{cri} değerine yaklaştıkça sistemden kaybedilen kütle miktarı da artacaktır. LT Aur sistemi için $\beta = 0.840 \cong \beta_{cri}$ durumunda birinci bileşen üzerine aktarılan kütle miktarı hızı ($\dot{M}_1$) ve sistemden kaybedilen kütle miktarı hızı ($\dot{M}$), sırasıyla, $1.14 \times 10^{-4} M_{\odot}/\text{yıl}$ ve $2.17 \times 10^{-5} M_{\odot}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır.

4. Sonuç

Bu çalışmada LT Aur sisteminin mutlak parametreleri tahmini olarak elde edilmiştir. Mutlak parametreleri duyarlı olarak elde edebilmek ve bileşenlerin evrim durumlarını daha detaylı olarak inceleyebilmek için sistemlerin ileride yapılacak olan duyarlı tayfsal ve fotometrik gözlemlerine ihtiyaç vardır.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi (ÇOMÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından Proje Kodu: FHD-2023-4550 altında desteklenmiştir. Çalışmada, (Space Telescope Science Institute; STScI) MAST veri arşivinden elde edilen TESS gözlemleri kullanılmıştır. LT Aur sisteminin literatürde verilen minimum zamanları O-C gateway (<https://var.astro.cz/en>) veri tabanından alınmıştır.

Kaynaklar

- Avvakumova, E.A., Malkov, O.Y., Kniazev, A.Y., 2013. Eclipsing variables: Catalogue and classification. *Astronomische Nachrichten*, 334(8): 860.
- Bahcall, J.N., Soneira, R.M., 1980. The universe at faint magnitudes, I. Models for the galaxy and the predicted star counts. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 44: 73–110.
- Barberá, R., 1996. AVE. (www.astrogea.org/soft/ave/introave.htm), (Erişim Tarihi: 15.02.2025).
- Bradstreet, D.H., Steelman, D.P., 2002. AAS 201, id. 75.02.
- Claret, A., 2017. Limb and gravity-darkening coefficients for the TESS satellite at several metallicities, surface gravities, and microturbulent velocities. *Astronomy and Astrophysics*, 600: A30.
- Drilling, J.S., Landolt, A.U., 2000. Allen's Astrophysical Quantities (4th. edn.). Springer, New York.
- Erdem, A., Öztürk, O., 2014. Non-conservative mass transfers in Algols. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441(2): 1166-1176.
- Henden, A.A., Levine, S., Terrell, D., Welch, D.L., 2015. APASS - The latest data release. AAS Meeting #225. 336,16.
- Kochanek, C.S., Shappee, B.J., Stanek, K.Z., 2017. The all-sky automated survey for supernovae (ASAS-SN) light curve server v1.0. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 129(980): 104502.
- Lucy, L.B., 1967. Gravity-darkening for stars with convective envelopes. *Zeitschrift für Astrophysik*, 65: 89–92.
- Malkov, O.Y., Oblak, E., Snegireva, E.A., Torra, J., 2006. A catalogue of eclipsing variables. *Astronomy and Astrophysics*, 446(2): 785.
- Marshall, D.J., Robin, A.C., Reylé, C., Schultheis, M., Picaud, S., 2006. Modelling the Galactic interstellar extinction distribution in three dimensions. *Astronomy and Astrophysics*, 453(2): 635-651.
- Pecaut, M.J., Mamajek, E.E., 2013. Intrinsic colors, temperatures, and bolometric corrections of pre-main-sequence stars. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 208(1): 9.

- Ricker, G.R., Winn, J.N., Vanderspek, R., 2015. Transiting exoplanet survey satellite (TESS). *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, 1(1): 014003.
- Ruciński, S.M., 1969. The proximity effects in close binary systems. II. The bolometric reflection effect for stars with deep convective envelopes. *Acta Astronomica*, 19: 245-255.
- Schlafly, E.F., Finkbeiner, D.P., 2011. Measuring reddening with sloan digital sky Survey stellar spectra and recalibrating SFD. *The Astrophysical Journal*, 737(2): 103.
- Shappee, B.J., Prieto, J.L., Grupe, D., 2014. The man behind the curtain: X-Rays drive the UV through NIR variability in the 2013 active galactic nucleus outburst in NGC 2617. *Astrophysical Journal*, 788(1): 48.
- Tunçel Güçtekin, S., Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z.F., 2016. Metallicity calibration and photometric parallax estimation: I. UBV photometry. *Astrophysics and Space Science*, 361(6): 18.
- von Zeipel, H., 1924. The radiative equilibrium of a rotating system of gaseous masses. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 84: 665–683.
- Wilson, R.E., 2012. Spotted star light curves with enhanced precision. *The Astronomical Journal*, 144(3): 73.
- Wilson, R.E., Devinney, E.J., 1971. Realization of accurate close-binary light curves: Application to MR Cygni. *Astrophysical Journal*, 166: 605–619.
- Zasche, P., Liakos, A., Niarchos, P., Wolf, M., Manimanis, V., Gazeas, K., 2009. Period changes in six contact binaries: WZ And, V803 Aql, DF Hya, PY Lyr, FZ Ori, and AH Tau. *New Astronomy*, 14(2): 121-128.