

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PYTHON'DA ARAYÜZLÜ MİNİMUM/MAKSİMUM ZAMANI
BELİRLEME PROGRAMI: XTREMA**

Engin BAHAR

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2015

Her hakkı saklıdır

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kullarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

20.07.2015

Engin BAHAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PYTHON'DA ARAYÜZLÜ MİNİMUM/MAKSİMUM ZAMANI BELİRLEME PROGRAMI: XTREMA

Engin BAHAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI

Örten çift yıldızların örtme ve örtülme sonucu ışık eğrilerinde oluşan dönemli değişim, bir başka deyişle minimumlar, bize bu sistemlerin yörünge dönemlerini ışık eğrileri üzerinden doğrudan hesaplayabilme imkânı sunmaktadır. Benzer şekilde, zonklayan yıldızların da zonklama dönemlerini bu şekilde belirlemek mümkündür. Bu türden değişen yıldızların yörünge veya zonklama dönemlerinde meydana gelecek olan değişim ışık eğrilerine doğrudan yansır. Dolayısıyla bu tür yıldızların uzun süreli gözlemleri, yörünge veya zonklama döneminin zaman içerisinde nasıl değiştiğini görmek bakımından önemlidir. Bu değişimi incelemek ise bu yıldızların fiziksel doğasını anlamak adına birçok önemli bilgiler sunmaktadır.

Hem yer tabanlı teleskoplar, hem de Kepler ve CoRoT gibi uzay teleskopları sayesinde literatürde önemli miktarda örten çift ve zonklayan yıldızlara ait ışık eğrisi verisi bulunmaktadır. Özellikle uydu teleskoplardan elde edilen verilerin hassasiyeti sayesinde bu zamana kadar bu türden değişen yıldızlara ilişkin bilinmeyen bazı fiziksel özellikler dahi ortaya çıkarılmıştır. Öte yandan, yer tabanlı verilerle karşılaştırıldığında, uydu verileri kullanılarak gerçekleştirilen analizler sonucu elde edilen parametreler çok daha hassas ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Bu bağlamda, bu tez çalışması kapsamında, hızlı ve hassas bir şekilde ekstremum zamanlarının (minimum veya maksimum) hesaplanıp dönem değişim analizine hazır hale getirmek amacıyla Python programlama dilinde bir bilgisayar programı (Xtrema) yazılmıştır. Xtrema programının tanıtıldığı ve literatürdeki benzer programlar ile karşılaştırıldığı bu çalışmada ayrıca, farklı türden değişen yıldızlara ilişkin Kepler ve CoRoT verilerinin program yardımıyla ekstremum zamanları hesaplanmış ve sonuçları tartışılmıştır.

Temmuz 2015, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Minimum Zamanı, Maksimum Zamanı, Değişen Yıldızlar, Örten Çift Yıldızlar, Zonklayan Yıldızlar, Dönem Analizi, ‘O-C’ Diyagramı, Periodogram, Normalizasyon

ABSTRACT

Master Thesis

A PYTHON-BASED GUI SOFTWARE TO CALCULATE MINIMA AND MAXIMA TIMES: XTREMA

Engin BAHAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI

Periodic changes on light curves of eclipsing binary stars due to eclipses, in other words minima, allows us to directly determine the orbital periods of these systems. Similarly, it is also possible to determine the pulsation periods of pulsating stars with this method. It is obvious that any variations on the orbital and pulsation periods of these variable stars will affect their light curves. For those reasons, long term observations have an important role to detect the variations on the orbital and pulsation periods in time. In addition, studying such variations provide us significant amount of knowledge to understand the underlying physical nature of these objects.

By both ground based telescopes and space telescopes like Kepler and CoRoT, significant amount of light curve data that belong to eclipsing binaries and pulsating stars, could be found in the literature. Especially, the high accuracy of space telescope data, enable us to reveal some of unknown physical features of stars. On the other hand, space telescope data which are used for the analyses of some parameters, are more sensitive and reliable than that are obtained using ground-based telescope data. In this thesis study, a Python based computer programme (Xtrema) has developed in order to calculate minima and maxima times quickly, more accurately and make them ready for period analysis. In addition to the introduction and comparison of the code with similar programmes in the literature, Kepler and CoRoT data of different kind of stars are used to calculate the extremum times together with the discussion of results.

Temmuz 2015, 75 pages

Key Words : Times of Minimum, Times of Maximum, Variable Stars, Eclipsing Binaries, Pulsating Stars, Period Analysis, ‘O-C’ Diagram, Periodogram, Normalization

TEŞEKKÜR

Bu tezi hazırlarken maddi ve manevi desteklerini bir an olsun benden esirgemeyen aileme ve bana zaman ayırıp tezim hakkında pek çok konuda yardımcı olan Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri bölümünden, başta danışman hocam Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI olmak üzere Prof. Dr. Selim O.SELAM, İbrahim ÖZAVCI, Yrd. Doç. Dr. Mesut YILMAZ ve Yrd. Doç. Dr. Özgür BAŞTÜRK'e ilgi ve özverilerinden dolayı teşekkür ederim.

İstedığım her yardımda beni kırmayıp ellerinden gelen çabayı gösteren sevgili dostlarım Doğan Tekay KÖSEOĞLU ve Tolga GÜNDAY'a teşekkür ederim. Ayrıca yardımlarını benden esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Didem Dilan İZCİ, Mustafa Burak DOĞRUEL, Mehmed Naim BAĞIRAN, Zeynep Avcı, Onur YÖRÜKOĞLU ve Ekrem Murat ESMER'e teşekkür ederim.

Engin BAHAR
Ankara, Temmuz 2015

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİN.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kepler Uzay Teleskobu.....	4
1.2 CoRoT (CONvection ROTation and planetary Transits) Uzay Teleskobu.....	5
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1 Literatürdeki Benzer Programlar	6
2.2 Kepler ve CoRoT Uzay Teleskopları Verileri ile Dönem Analizi Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1 Materyal	10
3.2 Xtrema Programının Yazımında Kullanılan Programlama Dili ve İlgili Kütüphaneler.....	10
3.3 Xtrema Programının İşleyişi.....	12
3.4 Ekstremum Zamanı Hesabında Kullanılan Yöntemler	14
3.4.1 Kwee - Van Woerden yöntemi	14
3.4.2 Kiriş yöntemi	18
3.4.3 Polinom fiti.....	19
3.4.4 Fourier fiti.....	20
3.4.5 Kübik spline fiti.....	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1 KIC8719897 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	22
4.2 KIC10727655 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	27
4.3 KIC2021060 Zonklayan Değişen Yıldızına İlişkin Bulgular.....	32
4.4 KIC10383620 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	35
4.5 KIC8265951 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	40

4.6 KIC10934755 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	45
4.7 KIC6187893 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	49
4.8 KIC12019674 (V2294 Cyg) Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular	54
4.9 KIC7671081 Zonklayan Değişen Yıldızına İlişkin Bulgular.....	60
4.10 CoRoT 101058035 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular.....	64
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	67
KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ.....	75

SİMGELER DİZİNİ

e_3	İkili sistemin üçüncü cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin dış merkezliği
w_3	İkili sistemin üçüncü cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin enberi noktasının boylamı
P_3	İkili sistemin üçüncü cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin dönemi
T_3	İkili sistemin enberiden geçiş anı
A_{LiTE}	Işık-Zaman Etkisi etkisinin O-C diyagramında oluşturduğu sinüsel eğrinin genliği
P	Yörünge dönemi (gün)
T_0	Referans ekstremum zamanı

Kısaltmalar

LiTE	Işık-Zaman Etkisi (Light-Time Effect)
BJD	Güneş sistemi merkezli Jülyen günü (Barycentric Julian Day)
HJD	Güneş merkezli Jülyen günü (Heliocentric Julian Day)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Xtrema programının “Periodogram” bölümünden bir görüntü.....	13
Şekil 3.2 Xtrema programının “Normalizasyon” bölümünden bir görüntü.....	13
Şekil 3.3 Kwee – van Woerden yönteminde T_1 yansıma ekseninin belirlenmesi.....	15
Şekil 3.4 Kwee – van Woerden yönteminde T_1 yansıma eksenine göre verinin katlanması.....	16
Şekil 3.5 Kiriş yöntemi uygulanan ışık eğrisi.	18
Şekil 3.6 Bir minimum profiline yapılan 6. Dereceden polinom fiti.	19
Şekil 3.7 Bir minimum profiline yapılan fourier fiti.	20
Şekil 3.8 Bir minimum profiline yapılan kübik spline fiti.	21
Şekil 4.1 KIC8719897 yıldızının ışık eğrilerinden kesitler.	22
Şekil 4.2 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	23
Şekil 4.3 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	24
Şekil 4.4 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	24
Şekil 4.5 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	25
Şekil 4.6 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	25
Şekil 4.7 Rappaport vd. (2013) tarafından KIC08719897 yıldızı için oluşturulan O-C diyagramı.	26
Şekil 4.8 KIC08719897 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	26
Şekil 4.9 KIC10727655 yıldızının ışık eğrilerinden kesitler.	27
Şekil 4.10 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	28
Şekil 4.11 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	28

Şekil 4.12 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	29
Şekil 4.13 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	29
Şekil 4.14 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	30
Şekil 4.15 KIC10727655 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri.	30
Şekil 4.16 KIC10727655 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	31
Şekil 4.17 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak hesaplanan maksimum parlaklıklarının çevrime göre grafiği.	32
Şekil 4.18 KIC2021060 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	32
Şekil 4.19 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	33
Şekil 4.20 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	33
Şekil 4.21 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 7.dereceden polinom fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	34
Şekil 4.22 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	34
Şekil 4.23 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	35
Şekil 4.24 KIC10383620 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	36
Şekil 4.25 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	37
Şekil 4.26 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	37
Şekil 4.27 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	38

Şekil 4.28 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı..	38
Şekil 4.29 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı..	39
Şekil 4.30 KIC10383620 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri.	39
Şekil 4.31 KIC10383620 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	40
Şekil 4.32 KIC8265951 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	41
Şekil 4.33 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	42
Şekil 4.34 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	42
Şekil 4.35 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	43
Şekil 4.36 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fiti hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	43
Şekil 4.37 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı..	44
Şekil 4.38 KIC8265951 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri.	44
Şekil 4.39 KIC8265951 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	45
Şekil 4.40 KIC10934755 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	46
Şekil 4.41 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	46
Şekil 4.42 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	47
Şekil 4.43 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	47
Şekil 4.44 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	48
Şekil 4.45 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	48

Şekil 4.46 KIC10934755 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri.	49
Şekil 4.47 KIC6187893 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	50
Şekil 4.48 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	51
Şekil 4.49 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	51
Şekil 4.50 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	52
Şekil 4.51 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	52
Şekil 4.52 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	53
Şekil 4.53 KIC6187893 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri.	53
Şekil 4.54 KIC6187893 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	54
Şekil 4.55 KIC12019674 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	55
Şekil 4.56 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	56
Şekil 4.57 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	56
Şekil 4.58 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	57
Şekil 4.59 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	57
Şekil 4.60 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	58
Şekil 4.61 Üst panelde KIC12019674 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir. Hata barları panellerin solundadır.	58
Şekil 4.62 KIC12019674 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.	59
Şekil 4.63 Üst panelde KIC7671081 yıldızının “short cadence” verisinden alt panelde ise “long cadence” verisinden bir kesit.	60

Şekil 4.64 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	61
Şekil 4.65 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	61
Şekil 4.66 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	62
Şekil 4.67 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	62
Şekil 4.68 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	63
Şekil 4.69 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak hesaplanan maksimum parlaklıklarının çevrime göre grafiği.	63
Şekil 4.70 CoRoT 101058035 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.	64
Şekil 4.71 CoRoT 101058035 yıldızının ışık eğrisinin tamamı.	64
Şekil 4.72 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	65
Şekil 4.73 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	65
Şekil 4.74 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	66
Şekil 4.75 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	66
Şekil 4.76 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.	66

ÇİZELGELER DİZİN

Çizelge 4.1 KIC08719897 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Rappaport vd. (2013) tarafından elde edilen parametreler...	26
Çizelge 4.2 KIC10727655 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.	31
Çizelge 4.3 KIC10383620 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.	40
Çizelge 4.4 KIC8265951 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.	45
Çizelge 4.5 KIC6187893 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.	54
Çizelge 4.6 KIC12019674 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.	59

1. GİRİŞ

Değişen yıldızların ışık eğrilerinde (örneğin zonklayan veya çift yıldızların zamana göre parlaklığının değişim grafiği), parlaklığın minimuma veya maksimuma ulaştığı ekstremum noktalarının dönemli olarak tekrarlandığı yapıları görmek mümkündür. Bu yapılar, değişen yıldızların ışığındaki dönemli değişimin bir sonucudur. Örneğin değişen yıldız bir elipsoidal değişen ise yıldızın şeklinin bozuk olmasından dolayı dönme dönemi boyunca ışığı maksimuma ve minimuma ulaşır. Böylece ışık eğrisinde izlenen minimuma iniş veya maksimuma çıkışların dönemi doğrudan elipsoidal değişenin dönme dönemini verir. Benzer şekilde zonklayan yıldızlarda bu değişimin dönemi zonklama dönemini, örten çift sistemlerde ise yörünge dönemini verir.

Işık eğrisinde dönemli değişime sahip bir değişen yıldızın dönemi biliniyorsa, referans alınacak bir ekstremum noktasının zamanı kullanılarak diğer ekstremum noktalarının ne zaman görüleceği hesaplanabilir. Ancak yıldızın döneminin herhangi bir sebepten dolayı zaman içerisinde değişim göstermesi gözlenen ekstremum zamanları (Observed (Gözlenen) = O) ile hesaplanan ekstremum zamanları (Calculated (Hesaplanan) = C) arasında bir farka sebep olacaktır. ‘O-C’ ile gösterilen ve bu farkın zamana (çoğunlukla çevrime) göre grafiği ‘O-C diyagramı’ olarak adlandırılır. Dolayısıyla O-C diyagramı, zamana göre dönemin nasıl değiştiğinin bir ölçüsüdür. Böylece değişen yıldızların uzun süreli gözlemleri sonucunda elde edilen ışık eğrilerinden minimum veya maksimum zamanları hesaplanarak, bu süre zarfı içinde dönemin nasıl değiştiğini ve aynı zamanda bu değişime sebep olan etkenleri anlamak mümkün olabilmektedir.

O-C analizi ile dönem değişim karakteristiği incelenen değişen yıldız türlerinin başında örten çift sistemler gelmektedir. Bu tür sistemlerde örtme ve örtülmeden dolayı ışık eğrilerinde iki adet minimum profili görülmektedir. Sıcak bileşenin örtülmesi ile oluşan minimum profiline birinci minimum, tam tersi durumda meydana gelen minimum profiline ise ikinci minimum adı verilmektedir. Bu sistemlerdeki yıldızlar birbirlerini dönemli olarak örttükleri için ışık eğrilerinde de birinci ve ikinci minimumlar dönemli olarak oluşur. Dolayısıyla her bir aynı tür minimum profili sistemin yörünge dönemi

kadar sürede bir tekrar meydana gelir. Eğer yörünge döneminde herhangi bir nedenle değişim meydana gelecek olursa gözlenen minimum zamanları hesaplanan minimum zamanlarından farklı olur. Fakat bu durumun tam tersi her zaman doğru değildir. Yani gözlenen minimum zamanları ile hesaplanan minimum zamanlarının farklı olması sistemde gerçekten de bir dönem değişimine işaret etmiyor olabilir. Bunun sebebi ise ışık-zaman etkisidir. Bu etki çeşitli sebeplerden dolayı (örneğin bir çift yıldızın, kendisine eşlik eden üçüncü bir cisim ile oluşturduğu ortak kütle merkezi etrafındaki hareketi) çift yıldızın ışığının, ışık hızının sonlu olmasından dolayı gözlemciye geç veya erken ulaşması olarak tanımlanabilir.

Örten değişen sistemlerin O-C diyagramları incelendiğinde sistemin yörünge döneminin değişmesine veya değişmiş gibi görünmesine sebep olan dört temel durum aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sistemde meydana gelen korunumlu kütle aktarımı veya korunumsuz kütle kaybı.
- Manyetik etkinlik.
- Sisteme fiziksel olarak bağlı bir (veya birden fazla) cisim.
- Eksen dönmesi.

Bunlardan ilk ikisi dönemde gerçek bir değişime sebep olurken, son ikisi ışık-zaman etkisinden dolayı sadece gözlenen minimum zamanlarında kaymaya neden olup gerçekte bir dönem değişimine sebep olmazlar.

Işık eğrilerinde dönemli ışık değişimi görülen tüm değişenlerde, bu değişimin dinamiğini incelemek, yıldızların fiziksel ve hatta kimyasal doğalarını anlamak adına oldukça büyük önem arz etmektedir. Bu dinamiğin detaylı ve güvenilir bir biçimde incelenebilmesi için de elimizde uzun zaman aralığına dağılmış gözlemsel verilerin olması çok önemlidir. Günümüzde hem yer tabanlı teleskopların gözlemleri hem de Kepler ve CoRoT gibi uzay teleskoplarının gözlemleri ile astronomlar muazzam miktarda kesintisiz, uzun süreler boyunca elde edilmiş ve yüksek duyarlıklı ışık eğrisi verisine sahiptir. Her ne kadar elimizde bu özelliklerde ışık eğrisi olsa da ekstremum zamanları hesaplamada bazı

problemler ortaya çıkabilmektedir. Bunlardan bazıları; örten değişen sistemlerin veya zonklayan yıldızların ışık eğrilerindeki saçılmalar ve/veya bu değişimin üzerine binmiş farklı tür değişimler (flare etkisi gibi), ekstremum profillerinin çok az sayıda noktadan oluşması (Kepler uzay teleskobunun yaklaşık 30 dakikalık poz süreleri ile aldığı verilerde olduğu gibi), kullanılan ekstremum zamanı belirleme yöntemlerinin yetersizliği (örneğin ekstremum profilinin asimetrik yapıda olması durumunda) olarak sıralanabilir.

Ekstremum zamanlarının hassas hesabı, yıldızların dönem değişim karakteristiklerine ilişkin parametrelerin güvenilir bir biçimde elde edilebilmesi bakımından oldukça önemlidir. Bu zamanlar doğru bir şekilde hesaplanmaz ise elde edilecek parametreler yanlış veya güvenilirliği düşük olur. Ayrıca, örneğin sisteme fiziksel olarak bağlı bir yıldız altı cismin (gezegen veya kahverengi cüce) varlığı durumunda, ilave cismin kütlesi yıldızın kütlesine göre çok küçük olduğundan gözlenen minimum zamanları çok az bir değişim gösterecektir. Eğer bu minimum zamanları hassas bir şekilde belirlenemezse bu tür bir ilave cismin varlığı da fark edilemeyebilir.

Daha önce de bahsedildiği gibi uydu teleskopların bu türden sistemlere ilişkin elde ettikleri veriler oldukça fazladır ve artmaya da devam etmektedir. Dolayısıyla bu veriler üzerinde hızlı ve hassas bir şekilde ekstremum noktalarının tayini ve dönem değişimi analizine hazır hale getirilmesi özellikle bu türden sistemler üzerinde istatistiksel çalışma yapabilmeye de olanak sağlaması bakımından önemlidir. Bu tez çalışmasının temel amacı, hem örten çift sistemlerin hem de zonklayan yıldızların ışık eğrilerinden hassas ve hızlı bir şekilde ekstremum zamanlarını belirlemeye yönelik arayüzlü bir bilgisayar programı (Xtrema) yazmak ve literatüre kazandırmaktır. Bu türden yazılımın gereksinimi PHOEBE programını yazan Dr. Andrej Prsa tarafından da desteklenmektedir (Dr. Andrej Prsa, özel görüşme).

1.1 Kepler Uzay Teleskobu

Kepler uzay teleskobu, başka yıldızların etrafında dolanan dünya benzeri gezegenleri keşfetmek için Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) tarafından 7 Mart 2009 tarihinde uzaya gönderilen bir teleskoptur. Adını Rönesans döneminde yaşamış bilim insanı Johannes Kepler'den almıştır.

Samanyolu galaksisinin Kuğu - Çalgı takımıyıldızları bölgesinde $115^\circ \times 115^\circ$ lik bir alanını gözleyen Kepler uzay teleskobu, yer boyutlarında ve yaşanabilir kuşağın içinde veya yakınında olan Güneş sistemi dışı gezegenleri keşfetmek ve galaksimizdeki milyonlarca yıldızın ne kadarının etrafında dolanan böyle gezegenlerin var olduğunu tespit etmek amacıyla dizayn edilmiştir. Kepler uzay teleskobu üzerinde bulunan ve 42 CCD'den oluşan detektör 145000'in üzerinde anakol yıldızının parlaklığını neredeyse kesintisiz olarak ölçmektedir. Bu detektör sayesinde 0.98 ve 29.4 dakikalık poz süreleri ile yüksek duyarlılıklı ışık eğrileri elde edilmektedir.

Kepler uzay teleskobu 13 Mayıs 2009 tarihinde görevine başlamasından itibaren yaklaşık 2500 örten değişen sistemin ışık eğrisini elde etti. Dolayısıyla Kepler uzay teleskobu ötegezegen araştırması yaparken yan ürün olarak değişen yıldızları da gözlemektedir. Bu da değişen yıldızlara ait üzerinde çalışılacak ışık eğrisi verisi anlamına gelmektedir. Yüksek kalitedeki veri, ötegezegen araştırmalarının yanı sıra özellikle astrosismolojik çalışmalarla birlikte, örten çift ve zonklayan yıldızların dönem değişim doğalarının ayrıntılı olarak araştırılmasına da olanak sağlamaktadır. Buna ek olarak, yine bu yüksek kalitedeki veri yardımıyla, yeni değişen yıldız türleri bile keşfedilebilmektedir (Thompson vd. 2012).

Kepler uzay teleskobunun 2016 yılının sonuna kadar gözlemlerine devam etmesi bekleniyordu. Ancak teleskobu dengede tutan tekerleklerden ikisinin arızalanması bu beklentiyi zora soktu. Bunun üzerine NASA yeni bir proje olan K2 projesini duyurdu. Bu proje kapsamında Kepler uzay teleskobu ekliptik üzerinde geniş bir alanı sırayla

gözleyecek. Şu ana kadar yaklaşık 25000 yıldız K2 projesi kapsamında Kepler uzay teleskobu tarafından gözlemlendi.

1.2 CoRoT (COnvection ROtation and planetary Transits) Uzay Teleskobu

CoRoT uzay teleskobu, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) ve diğer uluslararası ortaklar ile birlikte Fransa Uzay Ajansı (CNES) öncülüğünde yürütülen bir projedir. Bu projenin iki temel amacından biri kısa yörünge dönemine sahip Güneş sistemi dışı gezegenleri (özellikle geniş karasal alanlara sahip olanları) araştırmak, diğeri ise yıldızlardaki Güneş benzeri salınımların ölçülmesiyle astrosismoloji yapmaktır. 18 Ocak 2007’de ilk ışığı alan CoRoT uzay teleskobu, veri toplamaya 2 Şubat 2007’de başladı. CoRoT uzay teleskobu ötegezegen keşfi için özel olarak uzaya gönderilen ilk teleskop olup görev süresi 2.5 yıl olarak planlanmıştır. Fakat bu süre 2013’e kadar uzatıldı. Daha sonra bir bilgisayar arızasından dolayı 24 Haziran 2013’te görevine son verildi.

Gözlem yaptığı süre boyunca 26 ötegezegen keşfinde bulunan CoRoT uzay teleskobu, yaklaşık 160 parlak yıldızın yüksek duyarlılıklı, içinde birçok örten çift ve zonklayan yıldızı barındıran 150000’den fazla yıldızın da hassas ışık eğrilerini elde etti.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Literatürdeki Benzer Programlar

Literatürde minimum ve/veya maksimum zamanı hesaplayan programlar mevcuttur. Bu programların çoğu MS Windows işletim sisteminde çalışırken farklı platformlarda çalışanları da vardır.

Literatürdeki programlardan en bilinenleri AVE¹, Minima 25c², Cepheus 1.0.0³ ve Peranso 2.0⁴ olarak sıralanabilir.

- **AVE:** Işık eğrisi verisini farklı renklerde gecelere ayırabilme ve her bir geceyi ayrı ayrı görüntüleyebilme imkânı sunar. Aynı zamanda 6 farklı yöntemle dönem hesabı yapılabilir. Minimum hesabı için sadece Kwee – Van Woerden (1956) yöntemini kullanır. Işık eğrisinde kullanıcının belirlediği aralığa bu yöntemi uygulayarak minimum zamanını hesaplayabilmesinin yanı sıra kullanıcı tarafından belirlenen bir parlaklık değerinin altında kalan tüm minimumların da zamanını hesaplayabilir. Ancak program 3640 ve üzeri noktadan oluşan verileri açamamaktadır.
- **Minima 25c:** Örtün değişen sistemlerin minimum zamanlarını hesaplamak için tasarlanmış bir programdır. Tek bir seferde sadece bir minimum hesaplanabilir. Minimum zamanı hesabını 6 farklı yöntem kullanarak yapabilmektedir.
- **Cepheus 1.0.0:** Örtün değişen sistemler ve zonklayan yıldızlar için hazırlanmış bir analiz programıdır. Program Kwee – van Woerden yöntemiyle ekstremum zamanlarını hesaplayabilmenin yanı sıra, ışık eğrisi üzerinde seçilen iki noktanın

¹ <http://astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>

² <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm>

³ http://www.pi.fuw.edu.pl/wp-content/uploads/2014/05/Cepheus2_final_2.pdf

⁴ <http://tonnyvanmunster.ipage.com/peranso/PeransoUserManual.pdf>

zaman veya parlaklık eksenindeki farklarını da hesaplayabilir. Ayrıca bir dönem bulma algoritmasına sahiptir. Bu algoritma kullanıcı tarafından girilen aralıkta yine kullanıcının belirlediği adım değerini kullanarak en iyi dönemi bulmayı amaçlamaktadır. Ancak kullanıcının belirlediği adım değeri çok küçük olması durumunda dönem bulma işlemi uzun sürmektedir. Işık eğrisini farklı renklerde olacak şekilde gecelere ayırabilir ve bu gecelere ait verilerin parlaklık değerlerine kullanıcının istediği miktarda ekleme veya çıkarma yapabilir. Program ayrıca ışık eğrisine basit birer sinüs veya sinüs + kosinüs fiti yapabilir. Güneş merkezli zaman düzeltmesini hesaplayabilir. Birden fazla ekstremum zamanı hesabı yapamamaktadır.

- **Peranso 2.0:** Peranso bir ışık eğrisi ve dönem analiz programıdır. Zaman serileri üzerinden dönemli yapıları belirlemede etkilidir. Ortalama alma, ışık eğrisi seviyesi düzenleme (detrending), güneş merkezli düzeltme, eğri fiti gibi veri analiz fonksiyonlarını içerir. 300000'in üzerinde noktaya sahip verileri işleyebilmektedir. Kullanışlı bir arayüze sahiptir. Program Kwee – Van Woerden ve polinom fiti yaparak ekstremum hesabı yapabilmektedir. Peranso otomatik olarak ışık eğrisindeki tüm ekstremum zamanlarını hesaplama gibi bir algoritmaya sahip değildir.

Yukarıda bahsedilen programlar çok fazla sayıda (1000 ve üzeri) çevrime sahip ışık eğrilerinden otomatik olarak tüm ekstremum zamanlarını ya hiç hesaplayabilecek algoritmaya sahip değildirler ya da bu kadar büyük çaplı veriyi hiç açamamaktadırlar.

2.2 Kepler ve CoRoT Uzay Teleskopları Verileri ile Dönem Analizi Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Kepler uzay teleskobunun şuana kadar yaklaşık 4.5 yıllık gözlem verisi toplamış olması, gözlediği yıldızların ya da sistemlerin bu süre zarfı içinde dönemlerinin nasıl değişme uğradığı hakkında değerli bir kaynak oluşturmaktadır. Benzer şekilde CoRoT uzay

teleskobu da, Kepler uzay teleskobuna nazaran gözlem süresi daha az olsa da, küçük dönemli değişimleri yakalamış olması ihtimaliyle önemli bilgiler sunmaktadır.

Prsa vd. (2011) Kepler uzay teleskobu tarafından ilk 44 gün boyunca gözlenen yıldızlar arasında tespit edilen 1879 örten çift yıldızın ışık elemanları (T0, P) bilgilerini, morfoloji türünü, fiziksel parametrelerini ve üçüncü ışık katkısını hesaplayarak bir katalog oluşturdular. Slawson vd. (2011) Kepler uzay teleskobunun 125 günlük verilerini kullanarak katalogu güncellediler ve üzerine 186 tane yeni örten çift sistem eklediler. Ayrıca 4 örten değişen sistemde ekstra bir tutulma yapısının (üç minimum) varlığını keşfettiler. Buna ek olarak 8 sistemde tutulma zamanı değişiminin incelenmesi sonucu üçüncü cismin varlığını gösteren dönem değişimini tespit ettiler. Bu katalogun en güncel sürümü, 2015 yılında yayınlanmış 6. sürümüdür⁵.

Tran vd. (2013) 2000 adet örten değişen yıldızın Kepler uzay teleskobu verilerini kullanarak O-C diyagramlarını oluşturdular ve bunlardan 390 kısa dönemli örten çiftin O-C diyagramında birinci ve ikinci minimumlar arasında rastgele değişim (walk-like) veya yarı-dönemli (quasi-periodicities) değişimin varlığını tespit ettiler. Bu değişimi kütle aktarımı ile açıklamanın, kütle aktarım miktarının çok büyük (yaklaşık $0.01 M_{\odot}$ yıl⁻¹) çıkması nedeniyle mümkün olmayacağını belirttiler. O-C diyagramında birinci ve ikinci minimumların zıt faz göstermesini eksen dönmesinden ziyade sürekli görünen (tutulmaya maruz kalmayan) ve yavaş hareket eden bir lekenin tutulma zamanı hesabı üzerinde yaptığı bozucu etkiye bağladılar. Bu buluş literatürde bir ilk olması açısından uydu verilerinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

Conroy vd. (2014) Kepler uzay teleskobunun yaklaşık 30 dakikalık poz süresi ile elde edilen ışık eğrilerinde poz süresinin uzunluğuna ve yıldızın yörünge/zonklama dönemine bağlı olarak çevrim başına düşen nokta sayısı azlığı, örneğin yıldızda ilgili poz süresinden daha kısa zamanda gerçekleşen bir fiziksel değişimin gizli kalmasına neden olabileceğini belirttiler. Buna ek olarak kromosferik aktivite ile birlikte ışık eğrilerinin düzeltilmesi (detrending) sürecinin hesaplanan tutulma zamanlarında sahte sinyallere (artefacts) sebep olabileceğinden bahsettiler ve hassas tutulma zamanı ölçümü için bir yöntem geliştirdiler.

⁵ <http://keplerebs.villanova.edu/papers>

Ayrıca yukarıda bahsedilen katalogdaki yakın çiftlerden 236 tanesinin tutulma zamanı değişimini inceleyerek üçüncü cismin varlığını belirlediler.

CoRoT uzay teleskobu ile yapılan çalışmalar, gözlem süresinin azlığı nedeniyle (yaklaşık 150 gün) daha çok astrosismoloji, ışık eğrisi analizi ve ötegezegen çalışmalarıdır. Bu çalışma kapsamında CoRoT 101058035 örten çift yıldızının O-C grafiği çizdirilmiş ancak yukarıda da bahsedildiği gibi kısa zaman aralığı nedeniyle kayda değer bir değişim gözlenememiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Xtrema programının denetlenmesinde Kepler ve CoRoT uzay teleskobu verilerinden yararlanıldı. Programın yazımındaki öncelikli amaçlardan biri de bu verileri hızlı bir şekilde dönem analizine hazır hale getirmektir.

Kepler uzay teleskobunun ışık eğrisi verileri NASA'nın "NASA Exoplanet Archive" internet sitesinin "Kepler Light Curves"⁶ bölümünden ve Andrej Prsa'nın "Kepler Eclipsing Binary Catalog"⁷ internet sitelerinden temin edilmiştir. CoRoT uzay teleskobunun ışık eğrisi verileri ise NASA'nın "NASA Exoplanet Archive" internet sitesinin "CoRoT Exoplanet"⁸ bölümünden temin edilmiştir.

3.2 Xtrema Programının Yazımında Kullanılan Programlama Dili ve İlgili Kütüphaneler

Xtrema, Python programlama dili⁹ ile yazılmış bir programdır. Python programlama dilinin tercih edilmesinin sebepleri; dilin ücretsiz olması, platformdan bağımsız çalışması, güçlü kütüphanelerinin olması, dil ile ilgili kaynakların çok olması ve bu kaynaklara erişimin kolay olması şeklinde sıralanabilir. Xtrema programının arayüzünün oluşturulmasında ise Python programlama dilini çok platformlu Qt¹⁰ çalışma alanına bağlayan PyQt¹¹ bağlayıcısı kullanılmıştır. PyQt en popüler iki Python bağlayıcısından biridir.

⁶ http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/applications/ETSS/Kepler_index.html

⁷ <http://keplerebs.villanova.edu/>

⁸ http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/applications/ETSS/CoRoT_exo_index.html

⁹ <https://www.python.org/>

¹⁰ <http://www.qt.io/>

¹¹ <http://www.riverbankcomputing.co.uk/software/pyqt/intro>

Programın yazımında kullanılan modül ve kütüphaneler ise aşağıda sıralanmıştır.

- **Numpy:** Bilimsel hesaplamalar için hazırlanmış temel paketlerden oluşan Numpy; güçlü N boyutlu dizi objeleri, sofistike fonksiyonlar, C/C++ ve Fortran kodlarının integrasyon araçları ile kullanışlı lineer cebir ve fourier transformu gibi özelliklere sahiptir¹².
- **Scipy:** Scipy, Python'da bilimsel ve teknik hesaplamalar yapabilmek için hazırlanmış bir kütüphanedir. Lineer cebir, integrasyon, interpolasyon, özel fonksiyonlar ve hızlı fourier dönüşümü gibi modülleri vardır¹³.
- **AstroPy:** Astronomi fonksiyonlarını ve aynı zamanda astronomi ile alakalı hesaplamalarda yardımcı modülleri içeren bir astronomi kütüphanesidir¹⁴.
- **Helio_jd:** Julyen zamanını, güneş merkezli julyen zamanına çeviren bir modüldür¹⁵.
- **Guiqwt:** Etkileşimli hesaplama ve sinyal/görüntü işleme için geliştirilmiş iki boyutlu güçlü bir grafik çizim aracıdır¹⁶.

Yukarıda bahsedilen kütüphanelere ve modüllere ek olarak <http://www.astropython.org/snippet/2010/9/Fast-Lomb-Scargle-algorithm> internet adresinden temin edilen modülden Xtrema programında dönem hesabı için yararlanılmıştır.

¹² <http://www.numpy.org/>

¹³ <http://www.scipy.org/>

¹⁴ <http://www.astropy.org/>

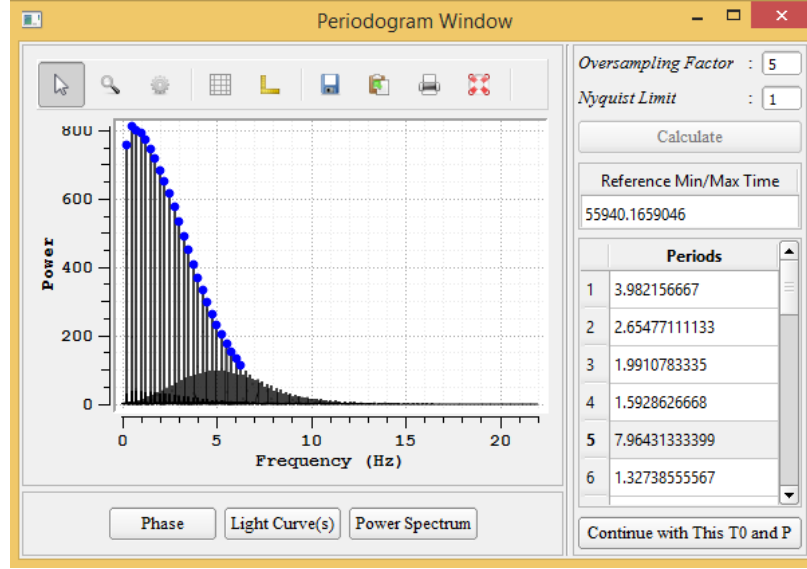
¹⁵ http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Czesla/PyA/PyA_0_3_0/pyasIDoc/coorTimeDate.html

¹⁶ <https://pythonhosted.org/guiqwt/>

3.3 Xtrema Programının İşleyişi

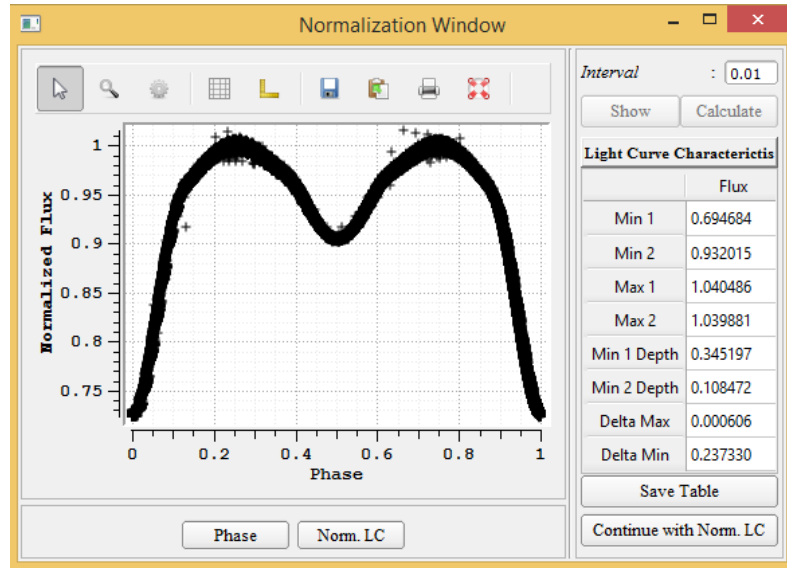
Xtrema programına yüklenen ışık eğrisi verisi isteğe bağlı olarak güneş merkezli julyen tarihine, güneş sistemi merkezli julyen tarihine ya da modifiye edilmiş julyen tarihine dönüştürülebilir. Bu işlemin ardından veri grafiğe edilir. Grafiğe edilen veri için ekstremum zamanı belirleme işlemine geçilmeden önce kullanıcının isteğine bağlı olarak yapılabilecek üç işlem mevcuttur:

- **Optimizasyon:** Saçılmaya uğramış veya herhangi bir sebepten dolayı ışık eğrisi verisi üzerinde oluşmuş ve ekstremum zamanı hesabını etkileyecek yapıları temizleme işlemi bu bölümde yapılır. Kullanıcı interaktif olarak grafik üzerinden temizleme işlemi yapabileceği gibi, normal nokta veya standart sapma seçenekleri ile nokta atma işlemini gerçekleştirebilir.
- **Periodogram:** Çoklu çevrime sahip ışık eğrisi verisinde ekstremum bölgelerinin ayrılabilmesi için program, referans alacağı bir ekstremum noktasına ve bir döneme ihtiyaç duymaktadır. Eğer kullanıcı ekstremum hesabı yapacağı ışık eğrisi verisi için bir referans ekstremum zamanına ve döneme sahip değil ise bu bölümü kullanarak ilgili parametreleri elde edebilir. Dönem hesabı için bir frekans analizinin gerçekleştiği bu bölümde program kullanıcıya verideki muhtemel 50 farklı dönemi tablo halinde sunar. Frekans analizinde yöntem olarak Lomb-Scargle (Lomb 1976, Scargle 1982) kullanılır. Bu bölümün programdaki görüntüsü şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.1 Xtrema programının “Periodogram” bölümünden bir görüntü

- **Normalizasyon:** Eğer kullanıcı ışık eğrisi verisini normalize etmek isterse bu bölümden yararlanabilir. Kullanıcının belirleyeceği aralıklardan maksimum parlaklık belirlenip bu parlaklığa göre ışık eğrisi normalize edilir. Bunun yanı sıra program ışık eğrisi karakteristiklerini hesaplayıp tablo halinde kullanıcıya sunar. Bu bölümün programdaki görüntüsü şekil 3.2’deki gibidir.



Şekil 3.2 Xtrema programının “Normalizasyon” bölümünden bir görüntü

Ekstreum zamanı hesaplama bölümünde kullanıcı tüm minimum veya maksimum zamanları otomatik olarak hesaplayacağı gibi tek tek de hesaplayabilir. Eğer ekstreum zamanları otomatik olarak hesaplanacak ise, öncelikle ekstreum bölgelerinin ayrılması gerekir. Bu ayırma işlemi kullanıcının seçeceği belirli kriterlerle (ekstreum bölgesinin genişliğinin ve parlaklık eksenine göre seviyesinin ne olacağı veya ekstreum bölgesinin çok az sayıda noktadan oluşması durumunda ardışık kaç ekstreum bölgesinin, yani çevrimin birleştirileceği gibi) otomatik olarak yapılır. Bölgeler belirlendikten sonra kullanıcının seçeceği 5 farklı yöntemden (Kwee - Van Woerden yöntemi, kiriş yöntemi, Fourier fiti, polinom fiti ve kübik spline fiti) biri ile ekstreum zamanı hesabı yapılır. Eğer istenilirse hesaplanan ekstreum zamanı ile O-C diyagramı anında oluşturulabilir. Oluşturulan O-C diyagramında düzeltilmiş ışıık elemanları da hesaplanabilir. Ayrıca eğer mevcut ise O-C Gateway ve BAV'ın internet sitesinde O-C diyagramı oluşturulan yıldızın minimum zamanları otomatik olarak internetten alınıp grafiğe eklenebilir.

3.4 Ekstreum Zamanı Hesabında Kullanılan Yöntemler

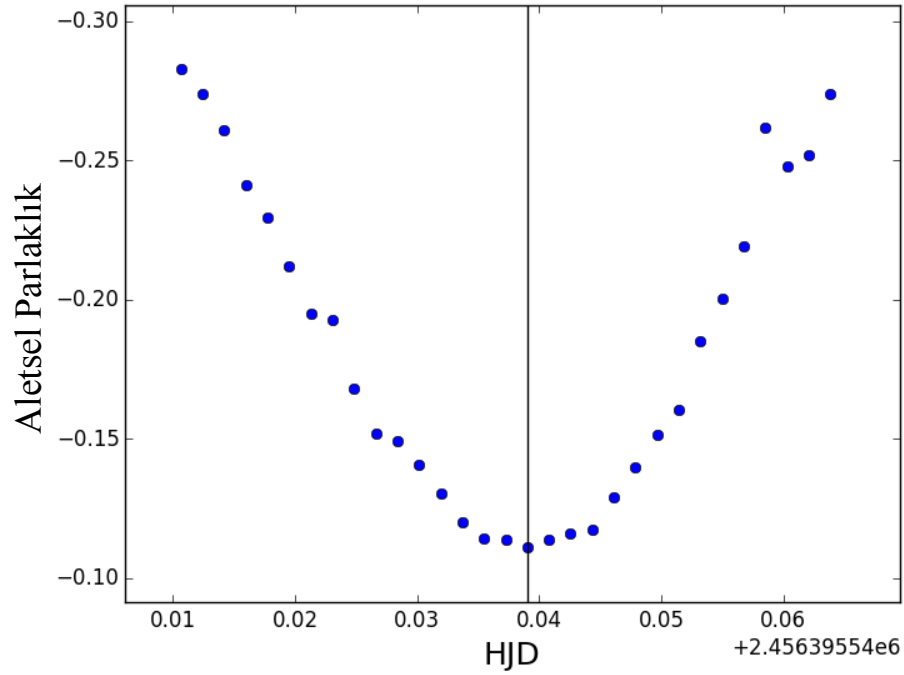
3.4.1 Kwee - Van Woerden yöntemi

Kwee – Van Woerden yöntemi, örten değişen yıldızların minimum zamanlarını hesaplamak için 1956 yılında Kwee ve Woerden tarafından öne sürüldü. Bu yöntem minimum zamanı hesaplanacak olan minimum çukurunun simetrik olması ile minimum çukurunu oluşturan gözlemsel noktaların eşit zaman aralıklarında ve tek sayıda alınmış olmasını gerektirir. Ancak gerçekte ne minimum çukuru çoğu zaman simetriktir ne de noktalar eşit zaman aralıklarındadır. Yine de eşit zaman aralıklı verileri lineer interpolasyon yapılarak oluşturmak mümkündür.

Yöntem şu şekilde uygulanmaktadır;

“N” kullanılan evre aralığındaki toplam gözlem sayısı olmak üzere ardışık gözlemler arasında lineer interpolasyon ile belirlenen eşit Δt zaman aralıkları kullanılarak, parlaklıklar $2n+1$ biçiminde aralıklandırılır.

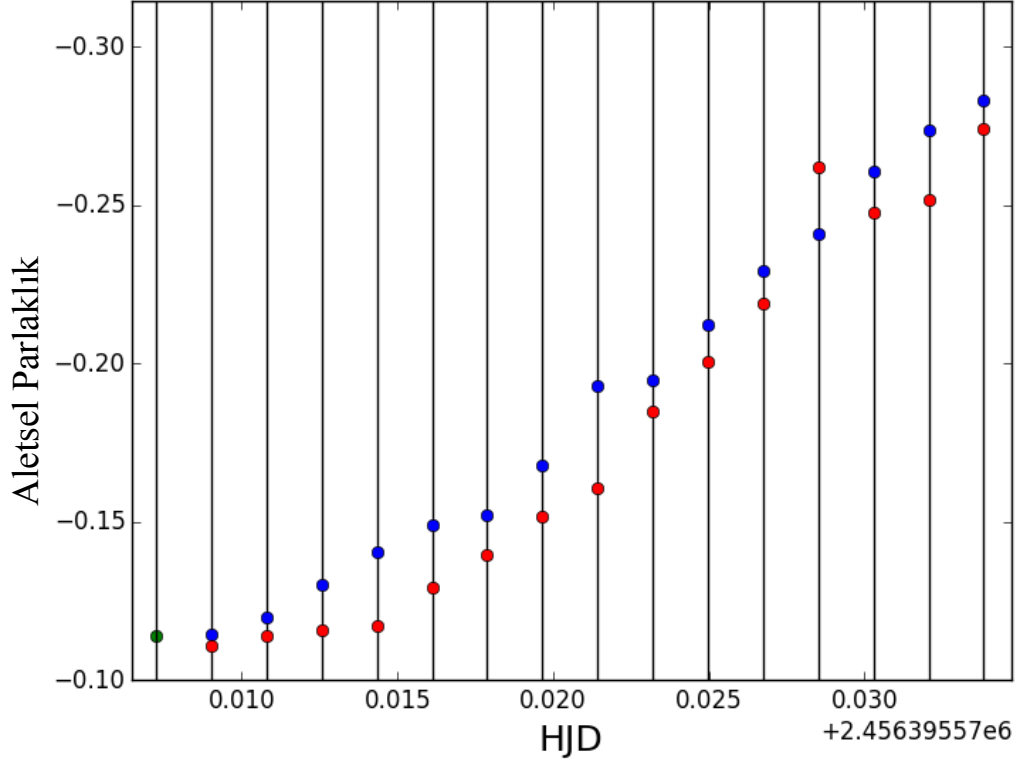
Gözlenen parlaklıkların ağırlıklarını düzensiz bir şekilde kullanmaktan kaçınmak için, $2n+1$ ifadesinin N sayısına eşit olarak alınması önerilmektedir. Başlangıç minimum zamanını T_1 , minimum zamana yakın olduğu düşünülen noktanın zamanı olarak seçildi. Bir seri gözlemden yapılabilecek basit bir tahminle T_1 'i belirlemek genellikle yeterli olur.



Şekil 3.3 Kwee – van Woerden yönteminde T_1 yansıma ekseninin belirlenmesi

Mavi noktalar interpolate edilmiş gözlemsel noktaları, siyah çizgi ise T_1 zamanı olarak seçilen noktanın üzerinden geçen T_1 yansıma eksenini göstermektedir.

Şekil 3.3’de gösterildiği gibi T_1 zamanı yansıma eksenini olarak alınır ve bir kanat üzerindeki interpolate edilmiş parlaklıklar, diğer kanadın üzerine katlanır. Böylece üzerine yansıtılan kanatta her bir eş aralıklı zaman için şekil 3.4’deki gibi 2 parlaklık elde edilir.



Şekil 3.4 Kwee – van Woerden yönteminde T_1 yansıma eksenine göre verinin katlanması

T_1 yansıma eksenine göre sol kanattaki değerler sağ kanada katlanmıştır. Her iki siyah çizgi arası Δt zamanı kadardır. Mavi noktalar minimum çukurunun sağ kanadındaki noktaları, kırmızı noktalar ise sol kanadındaki noktaların sağ kanada katlanmış olanlarını göstermektedir. Yeşil nokta ise T_1 yansıma ekseninin geçtiği noktadır.

Bu parlaklık çiftlerinin farkları Δm_k ($k = 1, \dots, n$) alınarak karelerinin toplamı hesaplanır ($s(T_1) = \sum (\Delta m_k)^2$). Daha sonra simetri eksenini sırayla, $T_1 + \frac{1}{2}\Delta t$ ve $T_1 - \frac{1}{2}\Delta t$ 'ye kaydırılır ve tıpkı az önceki gibi $s(T_1 + \frac{1}{2}\Delta t)$ ve $s(T_1 - \frac{1}{2}\Delta t)$ toplamaları hesaplanır.

T_1 eğer doğru bir şekilde seçilmişse, $s(T_1)$ diğer iki toplam değerden küçük olacaktır. Eğer durum böyle değilse, örneğin $s(T_1 + \frac{1}{2}\Delta t) < s(T_1)$ ise, daha sonra gelen $s(T_1 + \Delta t)$ toplamı hesaplanmalıdır. Dikkat edilmelidir ki, “n” her toplam işleminde aynıdır.

$s(T)$ fonksiyonu, aşağıdaki (3.1) nolu denklem gibi ikinci dereceden bir ifadeyle temsil edilir:

$$s(T) = aT^2 + bT + c \dots\dots\dots(3.1)$$

a, b ve c sabitleri yukarıdaki ifadelerden bulunan üç adet “s” değeri ile hesaplanabilir. $s(T)$ ’nin temsil ettiği parabolün; (3.3) nolu denklemde, (3.2) nolu denklemdeki gibi minimum değeri vardır. Burada T_0 , aranılan minimum zamanıdır.

$$T_0 = -b / 2a \dots\dots\dots(3.2)$$

$$s(T_0) = c - (b^2 / 4a) \dots\dots\dots(3.3)$$

Çevrimdeki ortalama hata ise şu şekilde verilir:

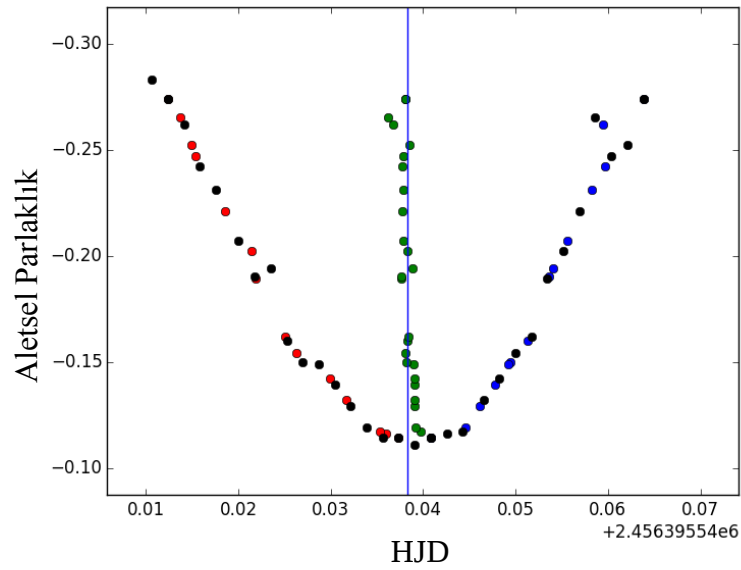
$$\sigma^2 T_0 = (4ac - b^2) / (4a^2 * (Z - 1)) \dots\dots\dots(3.4)$$

Burada Z, bağımsız (ayrı) parlaklık çiftlerinin maksimum sayısıdır. Yukarıda önerilen lineer interpolasyon durumunda, $Z = \frac{1}{4} N$ olur. Eğer gözlenen parlaklıklar zaman olarak, hâlihazırda birbirlerine eş aralıklı bulunuyorlar ise, interpolasyon yapmak gereksiz olacaktır. Dolayısıyla $Z = \frac{1}{2} N$ olur.

3.4.2 Kiriş yöntemi

Kiriş yöntemi ekstremum profilinin sağ kanadı için sol, sol kanadı için sağ kanatta eş parlaklık değerlerinin zaman eksenine göre orta noktalarını baz alarak uygulanan matematiksel bir yöntemdir. Yöntem şöyle işlemektedir;

Ekstremum profilinin sol kanadının parlaklık değerlerine eş, profilin sağ kanadında bu parlaklıklara karşılık gelen zaman değerleri interpolasyon ile üretilir. Aynı işlem sağ kanadın parlaklık değerleri için yapılır. Böylece her iki farklı zaman değeri için aynı parlaklık değerinde iki nokta oluşturulmuş olur. Bu aşamadan sonra eş parlaklık değerlerinin zaman eksenine göre orta noktaları bulunur. Bu orta noktaların ortalaması ekstremum zamanı olarak Şekil 3.5'deki gibi belirlenir. Bu yöntem ile hesaplanan ekstremum zamanının hatası standart sapma ile verilmektedir.

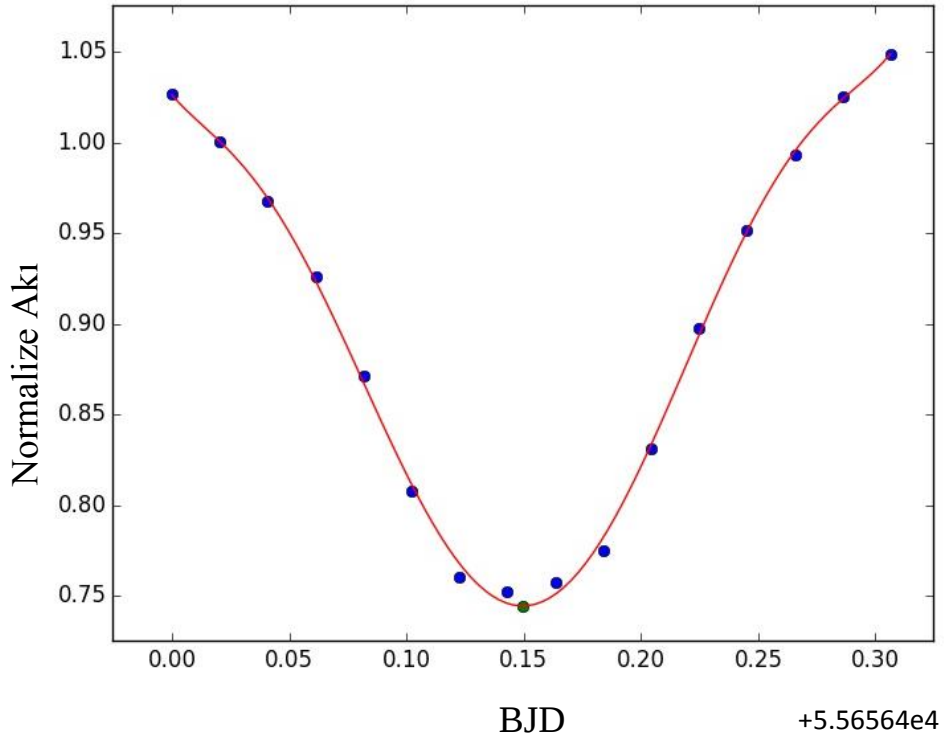


Şekil 3.5 Kiriş yöntemi uygulanan ışık eğrisi

Sağ kanada interpolate edilen sol noktalar (mavi noktalar) ile sol kanada interpolate edilen sağ noktaların (kırmızı noktalar) zaman eksenine göre orta noktalarının (yeşil noktalar) değerlerinin ortalaması ile elde edilen ekstremum zamanı (mavi çizgi).

3.4.3 Polinom fiti

Polinom fiti, “numpy” kütüphanesinin “polyfit” fonksiyonu yardımıyla ekstremum profiline Şekil 3.6’daki gibi uygulanır. Bu fit en küçük kareler yöntemiyle belirlenir. Kullanıcı polinomun derecesini isteğe bağlı olarak kendisi belirleyebilir. “polyfit” fonksiyonu yardımıyla yapılan polinom fiti, “poly1d” fonksiyonu yardımıyla da polinom fitinin fonksiyonu katsayılarıyla beraber elde edilir. Ekstremum profilinin x-eksenindeki kapsadığı aralıkta çok sayıda (2000 nokta) eşit aralıklı yeni noktalar oluşturularak bu denkleme koyulur ve ekstremum noktası buradan belirlenir. Hesaplanan ekstremum zamanının hatası fit ile gözlemsel noktalar arasındaki farkların karelerinin toplamıdır. Unutulmamalıdır ki yapılan polinom fitinin derecesi ne kadar yüksek olursa fit her noktadan o kadar daha yakın geçmeye çalışacak, bu da hata değerini düşürecektir. Ancak bu gerçekte, hesaplanan ekstremum zamanının hatasını yansıtmayacaktır.

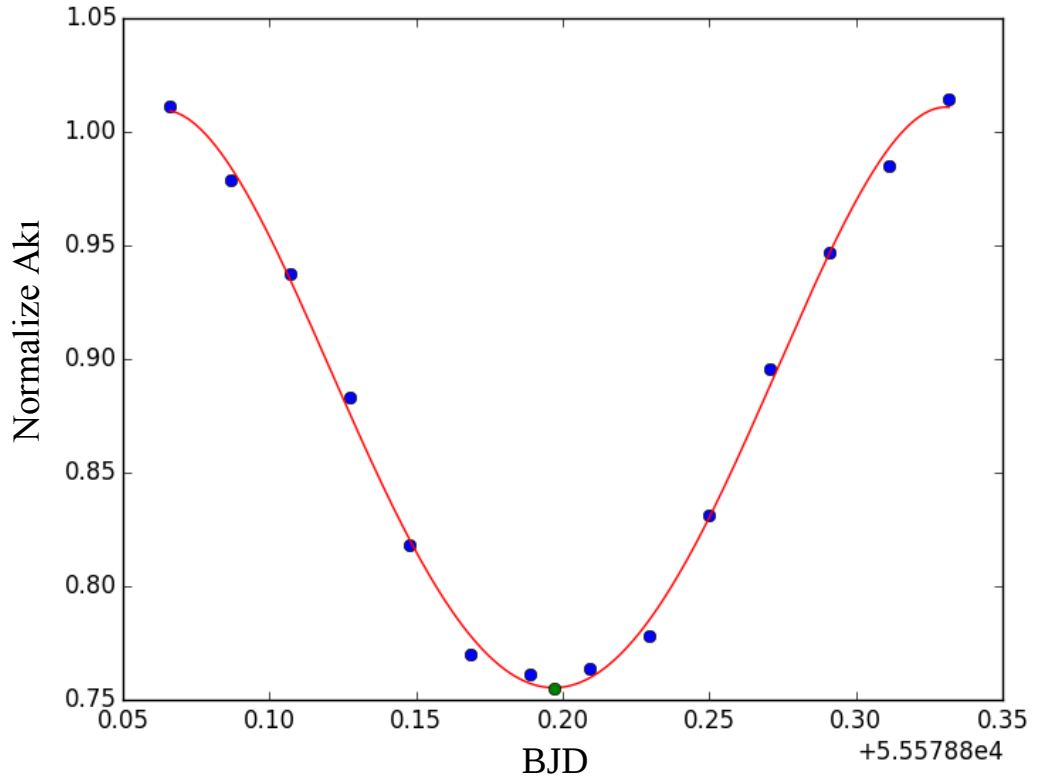


Şekil 3.6 Bir minimum profiline yapılan 6. Dereceden polinom fiti

Mavi noktalar gözlemsel noktaları, kırmızı düz çizgi polinom fitini ve yeşil nokta bu fitin minimum noktasını göstermektedir.

3.4.4 Fourier fiti

$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^2 \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$ deklemi ile oluşturulan fourier fonksiyonu “numpy” kütüphanesindeki “curve_fit” fonksiyonunun da yardımıyla belirlenen ekstremum profiline Şekil 3.7 deki gibi fourier fiti yapılır. Yine bu fonksiyon yardımıyla katsayılar bulunur ve yapay olarak oluşturulan sık sayıdaki yeni veriler, yukarıdaki denkleme konularak yeni parlaklık değerleri hesaplanır. Buradan da ekstremum değeri belirlenir. Buradaki hata hesabı da polinom fitindekiyle aynıdır.

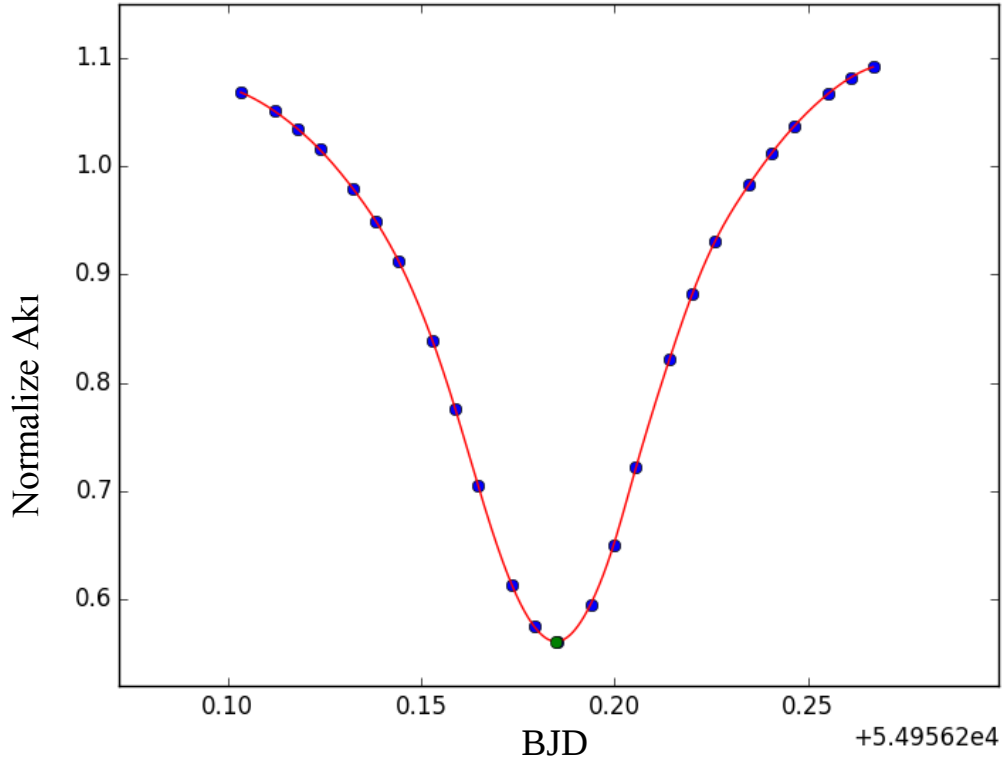


Şekil 3.7 Bir minimum profiline yapılan fourier fiti

Mavi noktalar gözlemsel noktaları, kırmızı düz çizgi fourier fitini ve yeşil nokta bu fitin minimum noktasını göstermektedir.

3.4.5 Kübik spline fiti

Ardışık her iki noktadan geçen ve bu noktalarda 1. ve 2. türevlerinin sürekli olduğu 3. dereceden polinomlarla oluşturulan kübik spline, gözlemsel veriye “scipy” kütüphanesinin “interpolate” modülü yardımıyla şekil 3.8’deki gibi uygulanır. Kübik spline bir çeşit interpolasyondur. Böylece istenilen tüm ara değerler kübik spline ile belirlenebilir. Gözlemsel veriye kübik spline fiti yapıldıktan sonra, verinin kapsadığı x-eksenindeki aralık boyunca sık sayıda veri oluşturulup y-eksenindeki değerler bulunur. Buradan da istenilen ekstremum noktasının değeri hesaplanır.



şekil 3.8 Bir minimum profiline yapılan kübik spline fiti

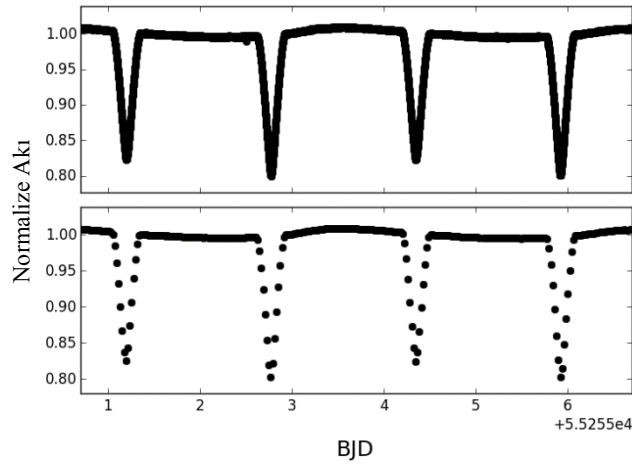
Mavi noktalar gözlemsel noktaları, kırmızı düz çizgi kübik spline fitini ve yeşil nokta bu fitin minimum noktasını göstermektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu tez çalışması kapsamında Kepler uzay teleskobu verisi olan ve belirgin dönem değişim karakteristiğine sahip yıldızlardan bazılarının Xtrema programı kullanılarak ekstremum zamanı hesabı yapıldı ve her bir yıldızla ilişkin elde edilen sonuçlar alt başlıklar halinde verildi.

4.1 KIC8719897 Örtün Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC8719897 Kepler parlaklığı (Kmag) 12.392 kadir¹⁷ olan algol türü bir örtün çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 3.151441 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk (1 sezon, değişmekle beraber yaklaşık 90 gündür) veriye sahiptir. 17 sezonluk “long cadence” verilerinin yanında 1 sezonluk “short cadence” verisi de mevcuttur. Şekil 4.1 de görüldüğü gibi “long cadence” verisinde minimum çukurları 14 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.19590, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.177175 dir.

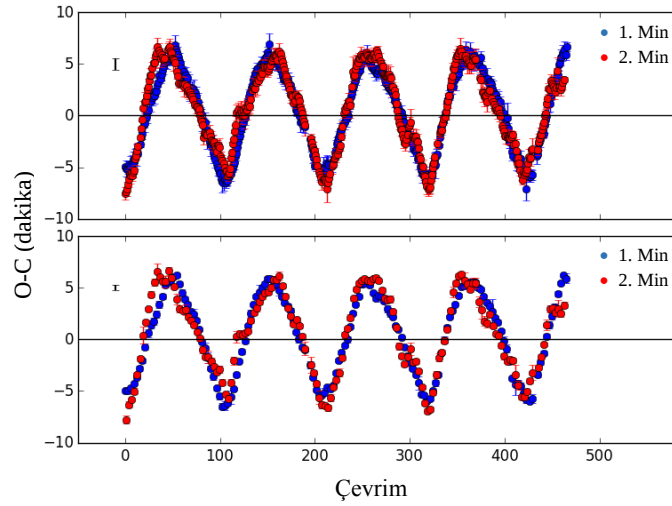


Şekil 4.1 KIC8719897 yıldızının ışık eğrilerinden kesitler

Üst panelde KIC8719897 yıldızının “short cadence” verisinden alt panelde ise “long cadence” verisinden bir kesit.

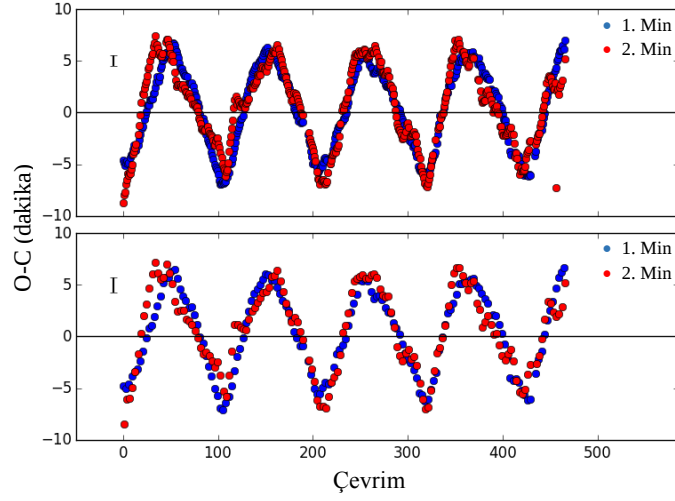
¹⁷ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=8719897>

KIC8719897'nin ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu 5 farklı yöntemle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.2 - 4.6'da hata barları ile birlikte gösterilmiştir. Fazla sayıda nokta olmasından dolayı, hata barları ile gösterilen O-C değerleri karışıklık oluşturmaması adına Şekil 4.2'nin dışındaki diğer grafiklerde sol tarafta tüm hataların ortalaması olan tek bir hata barı olarak gösterilmiştir. Şekil 4.7'de Rappaport vd. (2013) tarafından oluşturulan O-C diyagramı görülmektedir. Şekil 4.8'de ise O-C eğrisine yapılan LiTE (Işık-Zaman Etkisi) fiti görülmektedir. Çizelge 4.1'de bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.



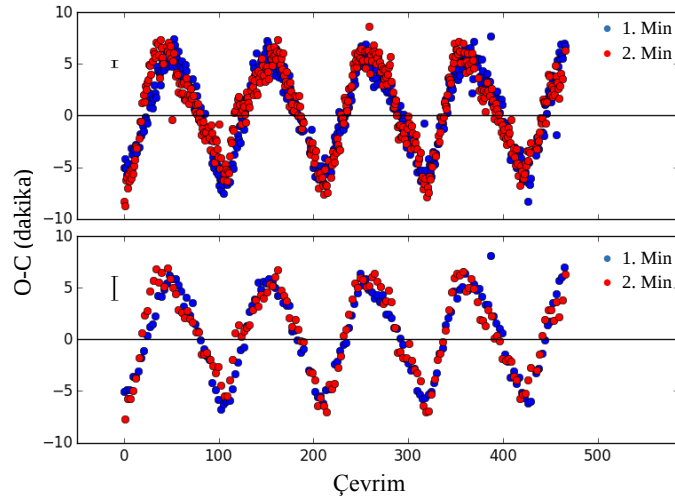
Şekil 4.2 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



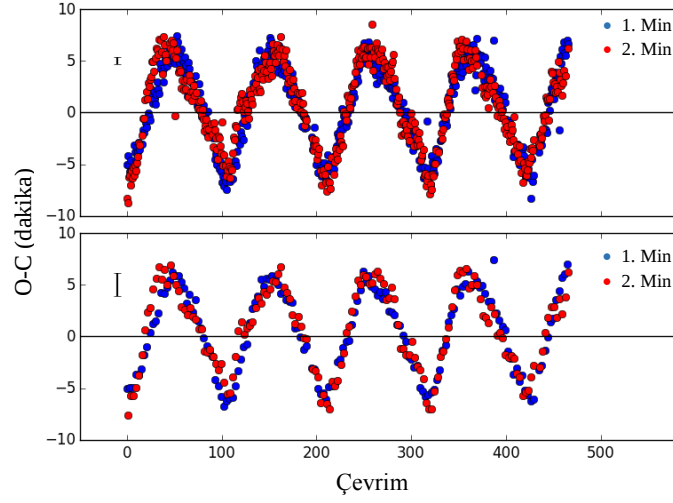
Şekil 4.3 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



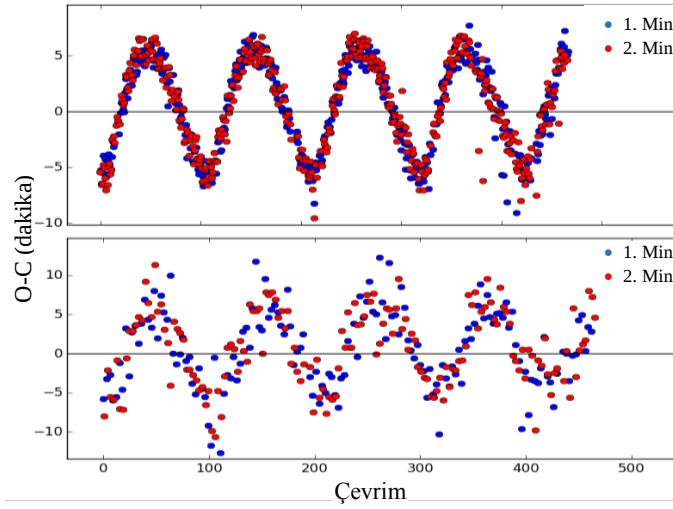
Şekil 4.4 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



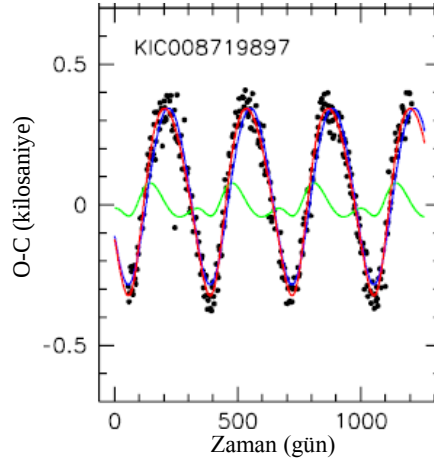
Şekil 4.5 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır



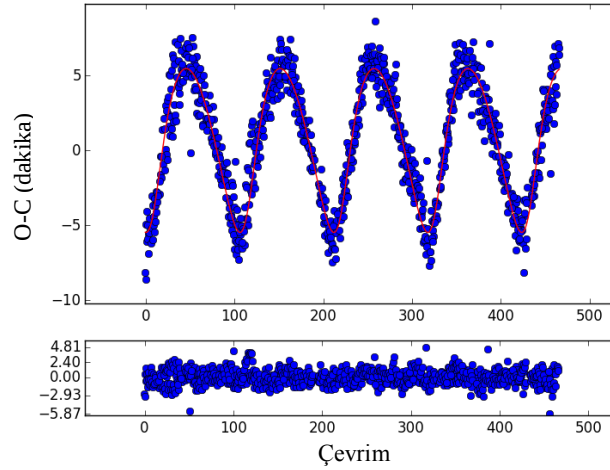
Şekil 4.6 KIC8719897 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.7 Rappaport vd. (2013) tarafından KIC08719897 yıldızı için oluşturulan O-C diyagramı

Mavi çizgi Roemer gecikmesini temsil eden fiti, yeşil çizgi toplam fiziksel gecikmeyi temsil eden fiti, kırmızı çizgi ise toplam fiti temsil etmektedir.



Şekil 4.8 KIC08719897 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti.

Kırmızı düz çizgi fiti, alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

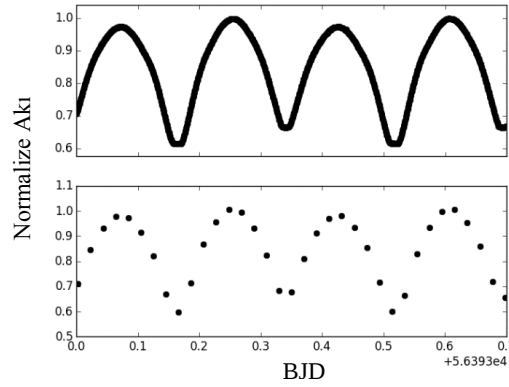
Çizelge 4.1 KIC08719897 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Rappaport vd. (2013) tarafından elde edilen parametreler.

	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.34 ± 0.02	314.39 ± 3.01	333.55 ± 0.41	362.23 ± 2.65	328.57 ± 3.49
Rappaport vd.	$0.24^{+0.07}_{-0.11}$	291^{+46}_{-24}	332.7	90^{+13}_{-22}	253^{+54}_{-48}

Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberi den geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.

4.2 KIC10727655 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC10727655 Kepler parlaklığı 13.433 kadir¹⁸ olan W UMa türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.3533651 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk veriye sahiptir. 17 sezonluk “long cadence” verilerinin yanında 1 sezonluk “short cadence” verisi de mevcuttur. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi “long cadence” verisinde minimum çukurları 9 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.515442, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.472441 dir.



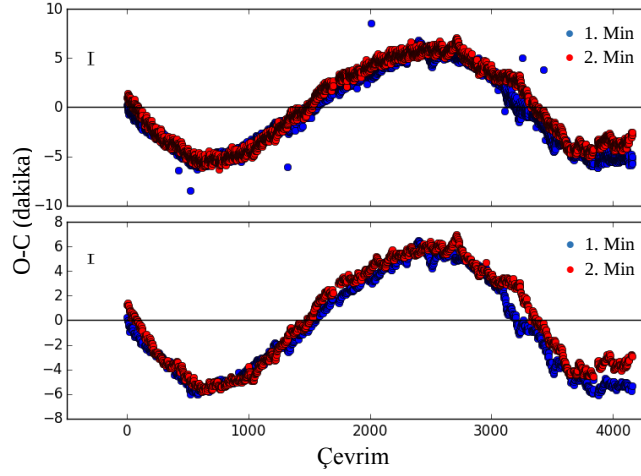
Şekil 4.9 KIC10727655 yıldızının ışık eğrilerinden kesitler

Üst panelde KIC10727655 yıldızının “short cadence” verisinden alt panelde ise “long cadence” verisinden bir kesit.

KIC10727655 yıldızının ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu 5 farklı yöntemle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.10 - 4.14'de gösterilmiştir. Şekil 4.15'te Prsa vd.¹⁹ tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur. Şekil 4.16'da ise O-C eğrisine yapılan LiTE fiti görülmektedir. Ayrıca Şekil 4.17'de KIC10727655 yıldızının zamana göre maksimum parlaklığının değişim grafiği gösterilmiştir. Çizelge 4.2'de bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.

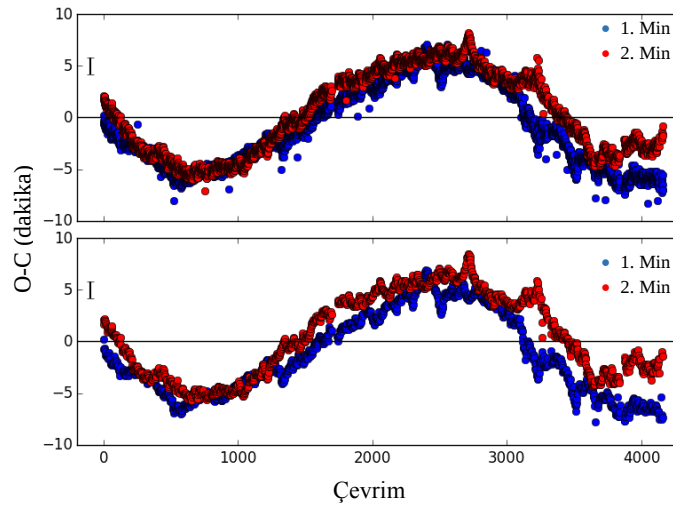
¹⁸ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10727655>

¹⁹ <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10727655.00&cadence=lc&kind=etv>



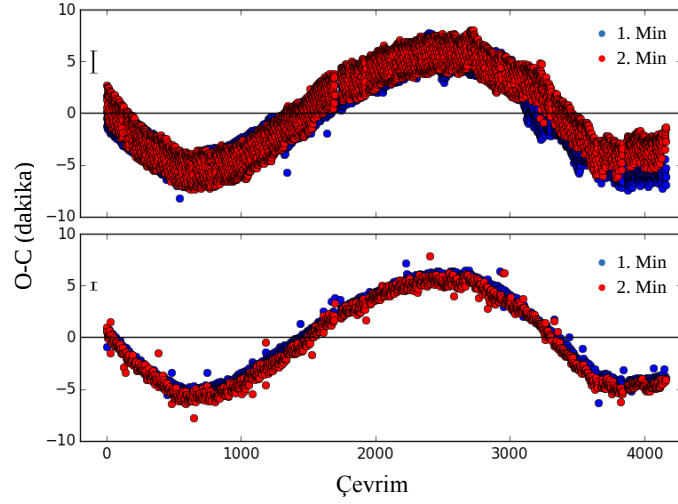
Şekil 4.10 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



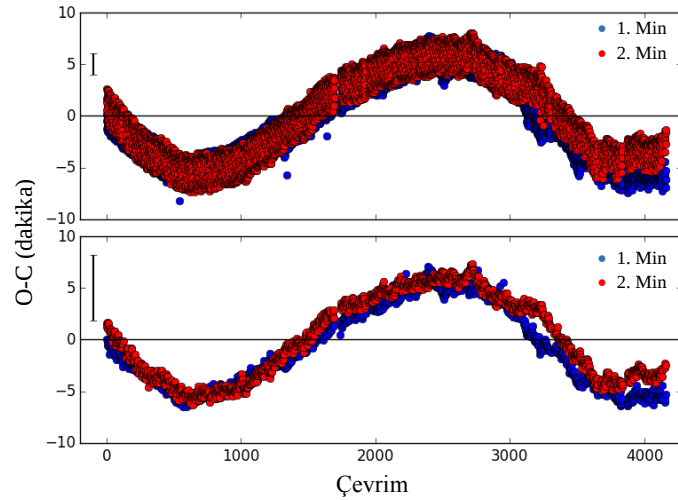
Şekil 4.11 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



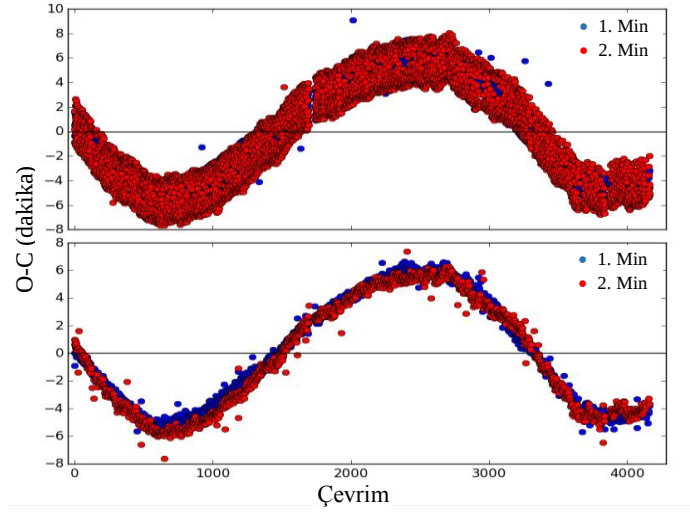
Şekil 4.12 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek 7. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır ve 4. dereceden polinom fiti kullanılmıştır. Hata barları panellerin solundadır.



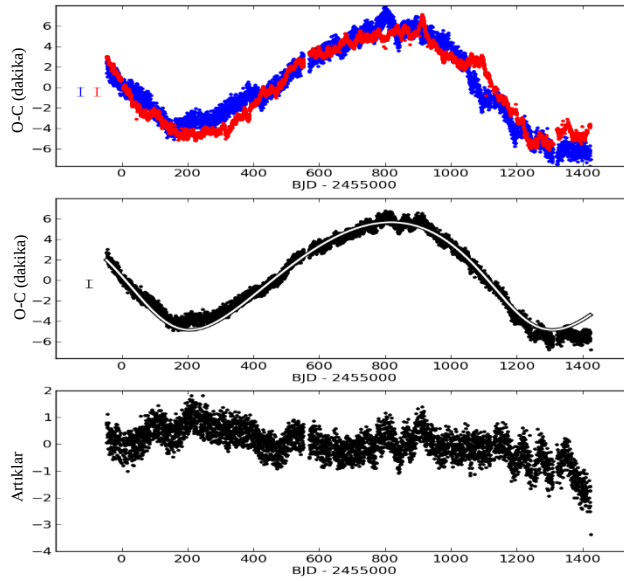
Şekil 4.13 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



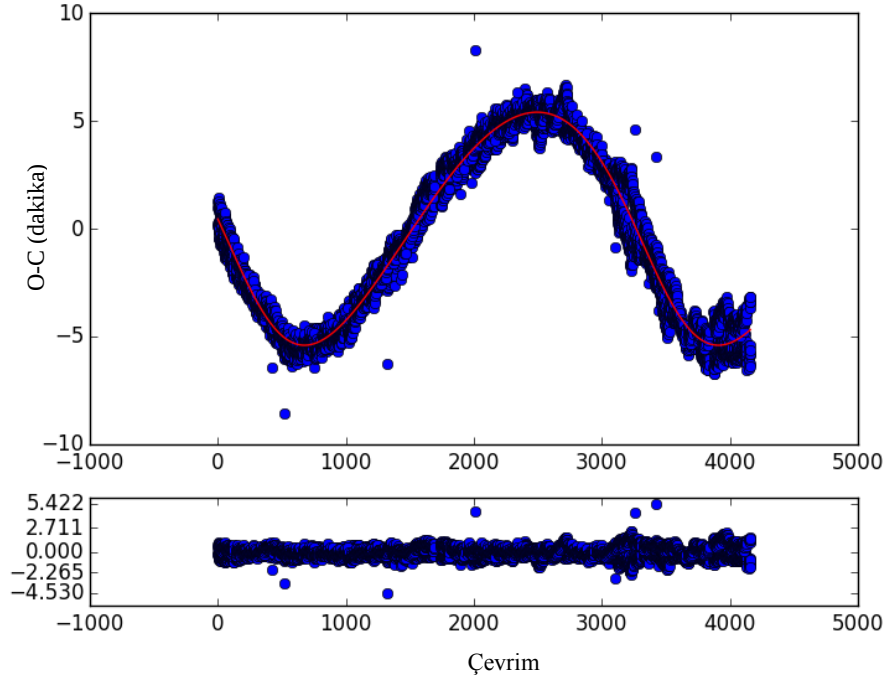
Şekil 4.14 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.15 KIC10727655 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri

Üst panelde KIC10727655 yıldızının O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir. Hata barları panellerin solundadır.



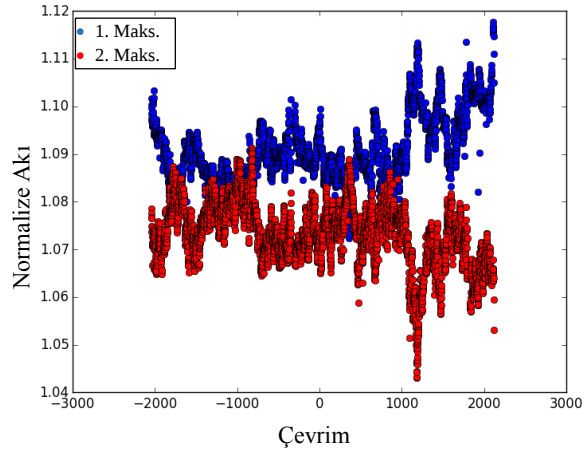
Şekil 4.16 KIC10727655 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti

Kırmızı düz çizgi fiti, alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

Çizelge 4.2 KIC10727655 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler

	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.233 ± 0.003	212.44 ± 0.64	1142.61 ± 0.83	94.19 ± 1.95	324.42 ± 0.59
Conroy vd.	0.000 ± 0.001	-	1087.9 ± 67.6	-	309 ± 12

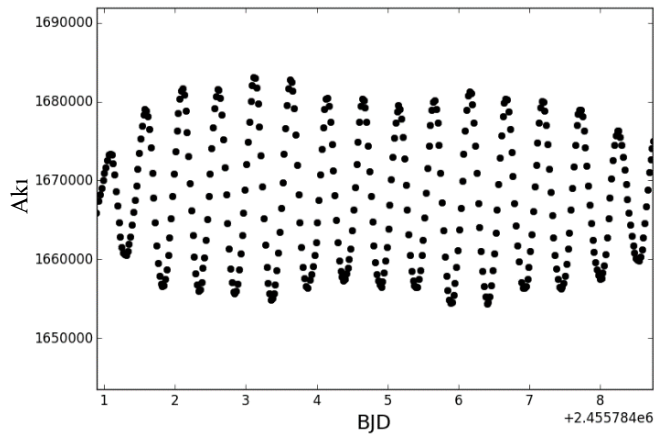
Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberiden geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.



Şekil 4.17 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak hesaplanan maksimum parlaklıklarının çevrime göre grafiği

4.3 KIC2021060 Zonklayan Değişen Yıldızına İlişkin Bulgular

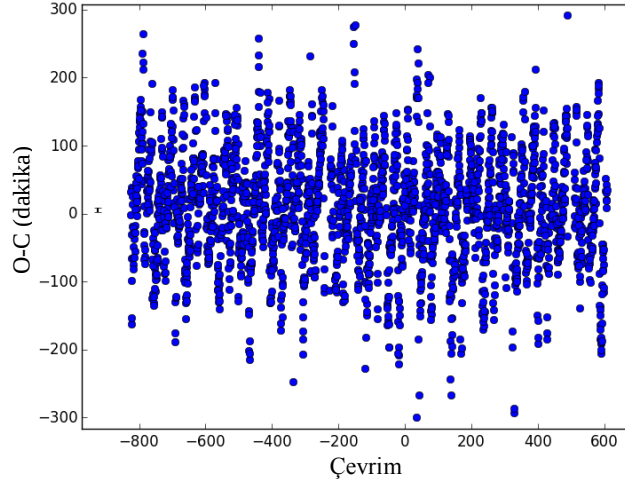
KIC2021060 Kepler parlaklığı 9.737 kadir²⁰ olan bir zonklayan değişen yıldızdır. Zonklama dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.5129937 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk veriye sahiptir. Maksimum profili Şekil 4.18'de görüldüğü gibi ortalama 21 noktadan oluşmaktadır.



Şekil 4.18 KIC2021060 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit

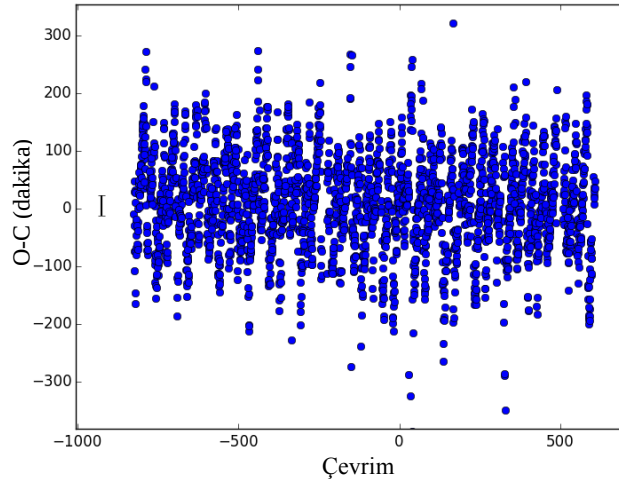
²⁰ http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/bgTools/nph-bgExec?bgApp=%2FETSS%2Fnphtetss&etss_dataset=Kepler&etssdetail=2021060&etssfind=View

KIC2021060 yıldızının ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle maksimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu 5 farklı yöntemle bulunan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.19 - 4.23’de gösterilmiştir.



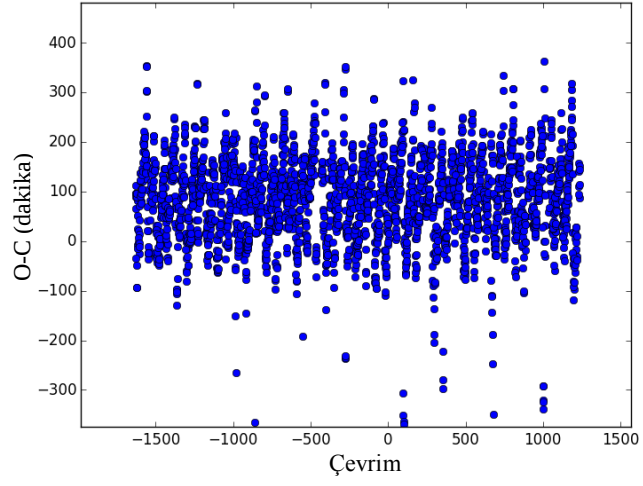
Şekil 4.19 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.

Hata barı diyagramının solundadır.

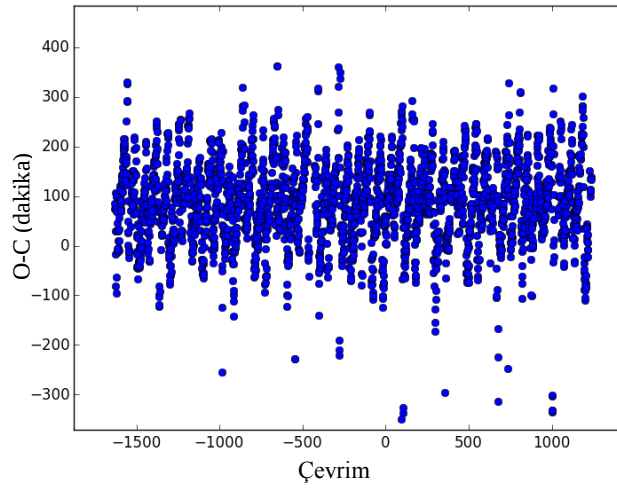


Şekil 4.20 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kiriş yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

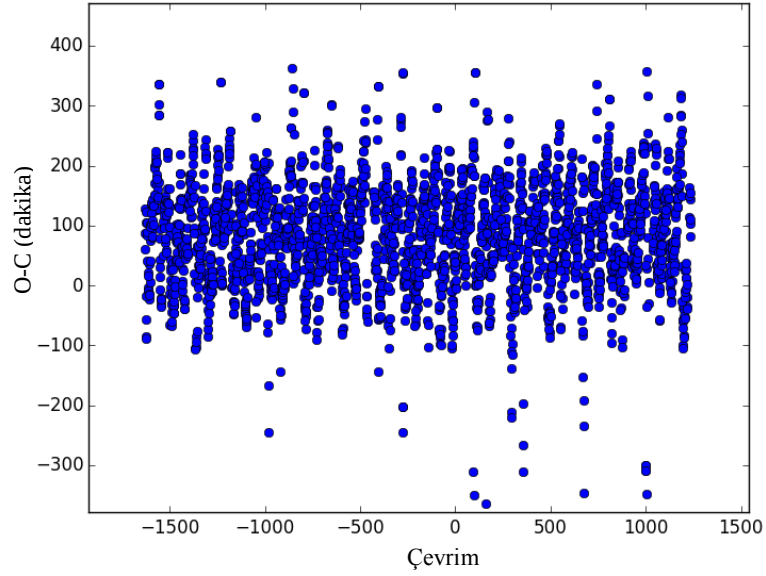
Hata barı diyagramının solundadır.



Şekil 4.21 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 7.dereceden polinom fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı



Şekil 4.22 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

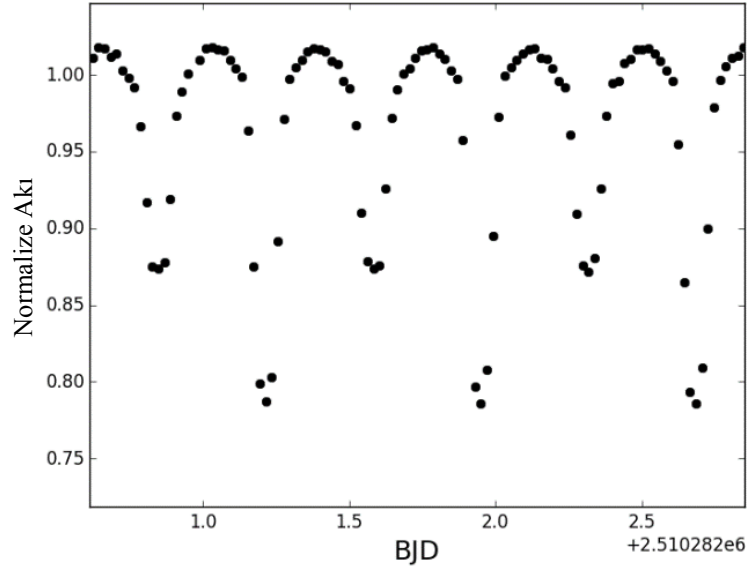


Şekil 4.23 KIC2021060 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

4.4 KIC10383620 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC10383620 Kepler parlaklığı 12.83 kadir²¹ olan algol türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.7345628 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk veriye sahiptir. Minimum çukurları Şekil 4.24'de görüldüğü gibi 8 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.23, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.14'dür.

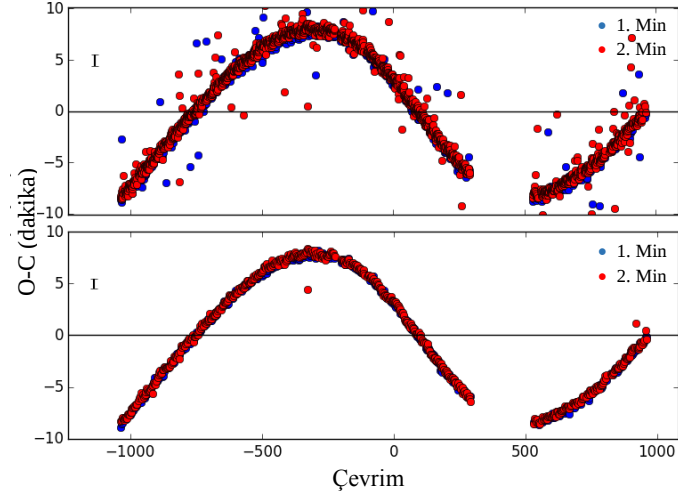
²¹ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10383620>



Şekil 4.24 KIC10383620 yıldızının ışıık eğrisinden bir kesit.

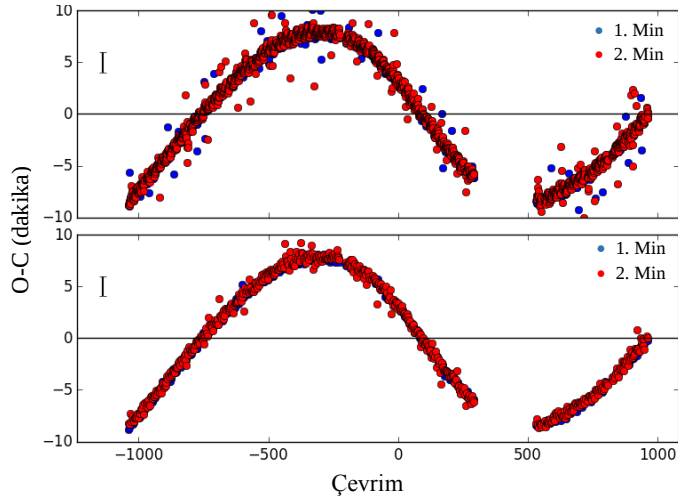
KIC10383620 sisteminin ışıık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları şekil 4.25 - 4.29’da gösterilmiştir. Şekil 4.30’da Prsa vd.²² tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur. Şekil 4.31’de ise O-C eğrisine yapılan LiTE fiti görülmektedir. Çizelge 4.3’de bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.

²² <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10383620.00&cadence=lc&kind=etv>



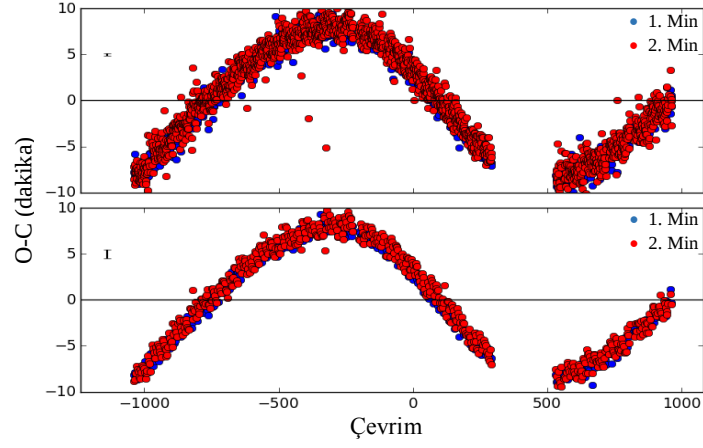
Şekil 4.25 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



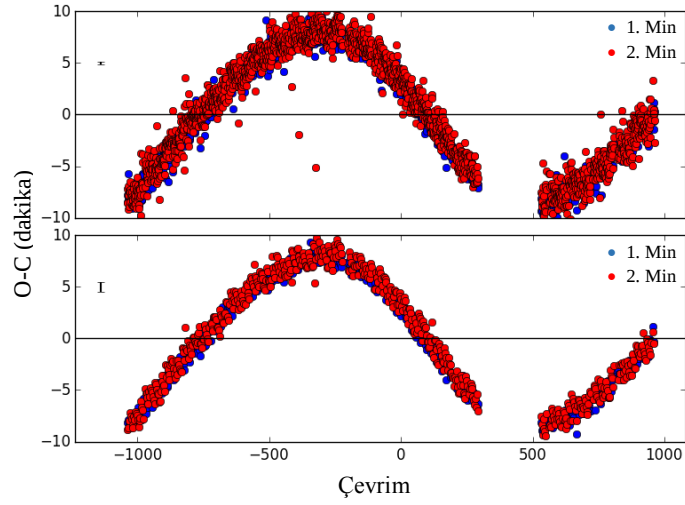
Şekil 4.26 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



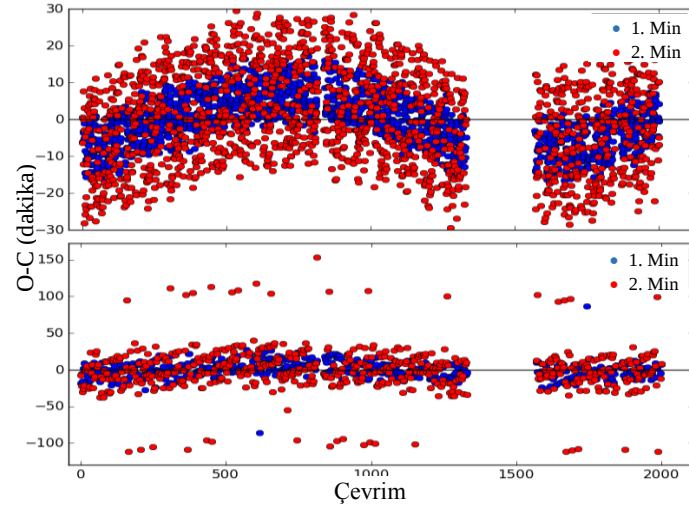
Şekil 4.27 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



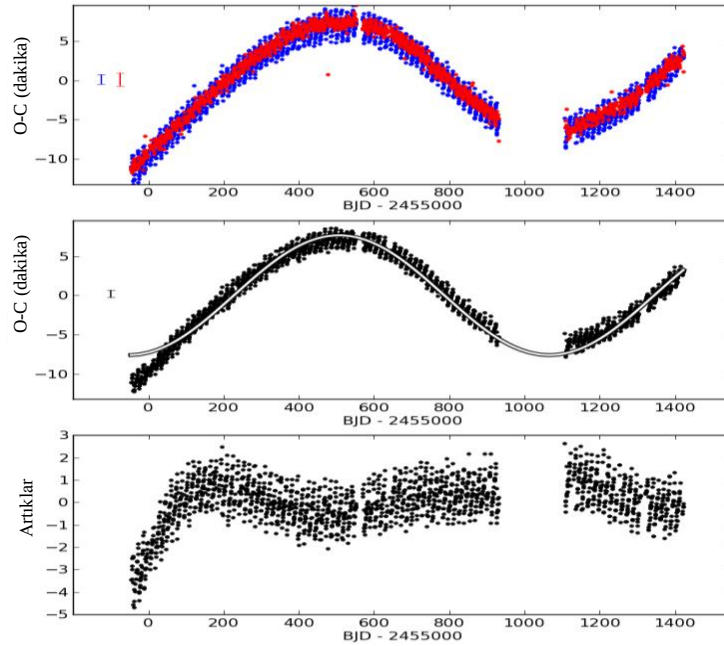
Şekil 4.28 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



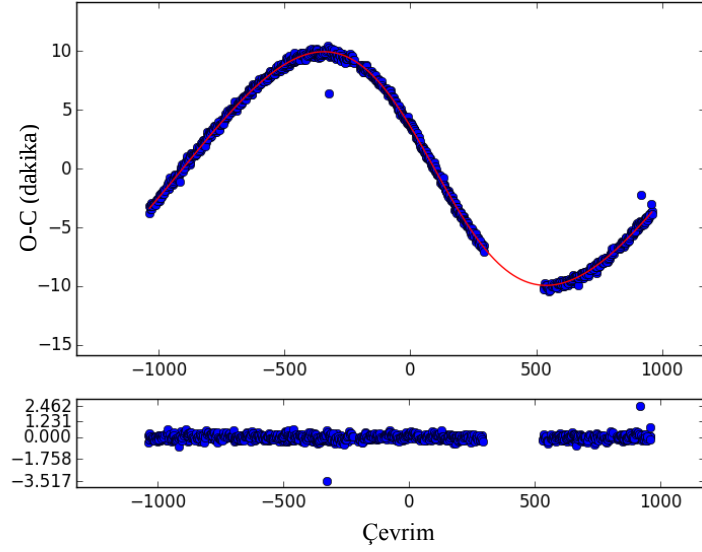
Şekil 4.29 KIC10383620 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.30 KIC10383620 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri

Üst panelde KIC10383620 yıldızının O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir.



Şekil 4.31 KIC10383620 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti

Kırmızı düz çizgi fiti, alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

Çizelge 4.3 KIC10383620 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler

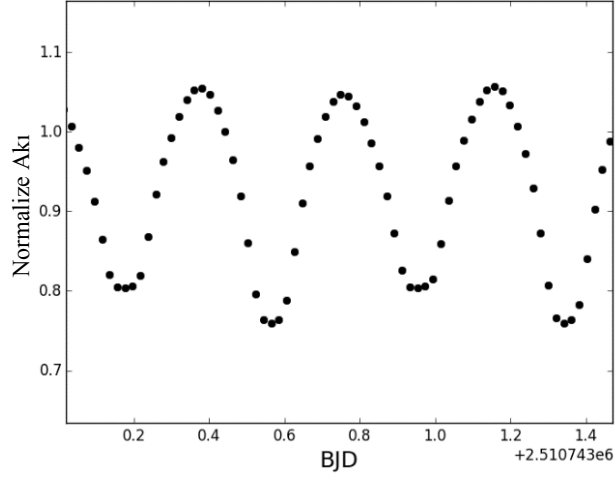
	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.191 ± 0.002	178.02 ± 0.38	1477.67 ± 1.22	63.57 ± 1.51	596.25 ± 0.67
Conroy vd.	0.000 ± 0.007	-	1111.3 ± 253.4	-	457 ± 69

Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberiden geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.

4.5 KIC8265951 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC8265951 Kepler parlaklığı 12.734 kadir²³ olan W UMa türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.7799579 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk veriye sahiptir. Minimum çukurları şekil 4.32'de görüldüğü gibi 17 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.289187, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.251908'dir.

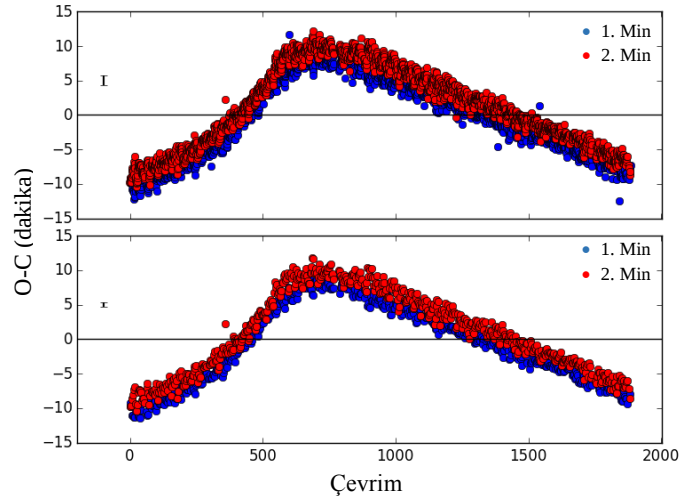
²³ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=8265951>



Şekil 4.32 KIC8265951 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit.

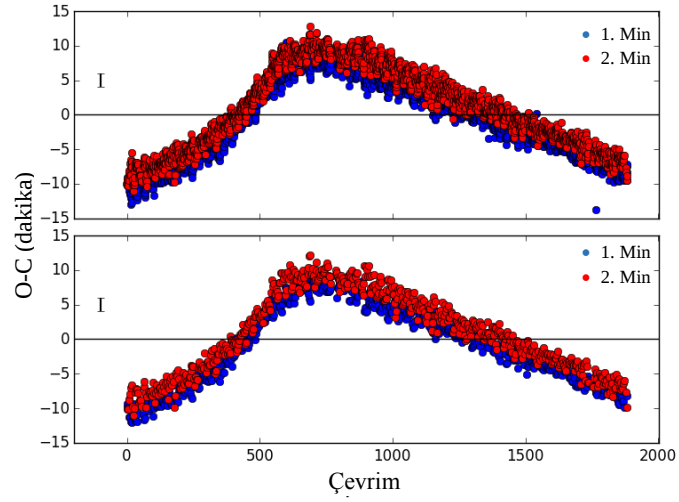
KIC8265951 sisteminin ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları şekil 4.33 - 4.37’de gösterilmiştir. Şekil 4.38’de Prsa vd.²⁴ tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur. Şekil 4.39’da ise O-C eğrisine yapılan LiTE fiti görülmektedir. Çizelge 4.4’de bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.

²⁴ <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=8265951.00&cadence=lc&kind=etv>



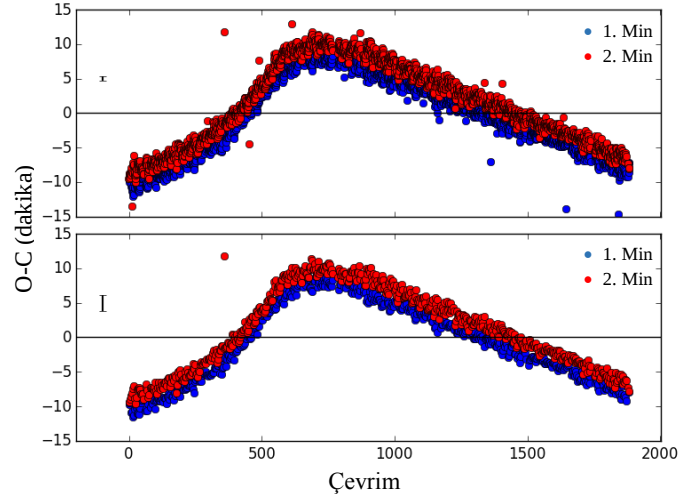
Şekil 4.33 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



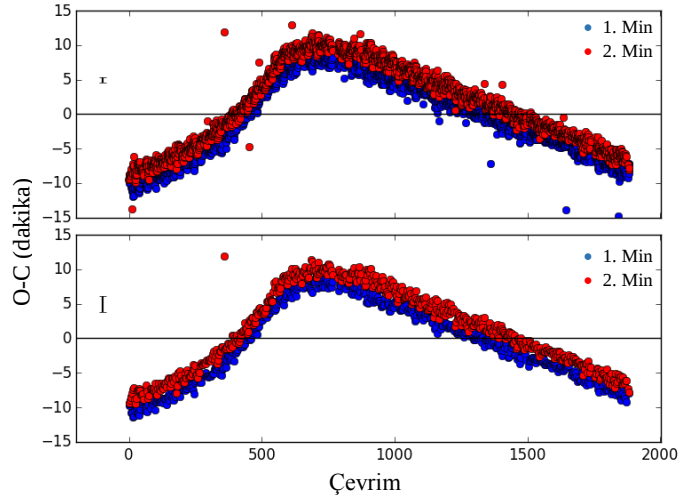
Şekil 4.34 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



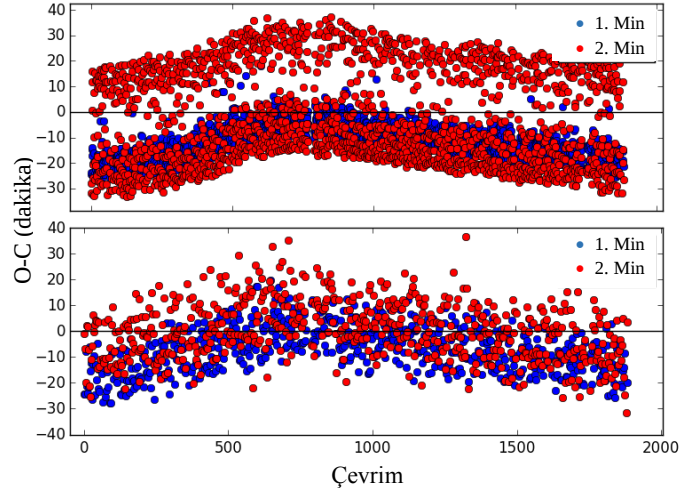
Şekil 4.35 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



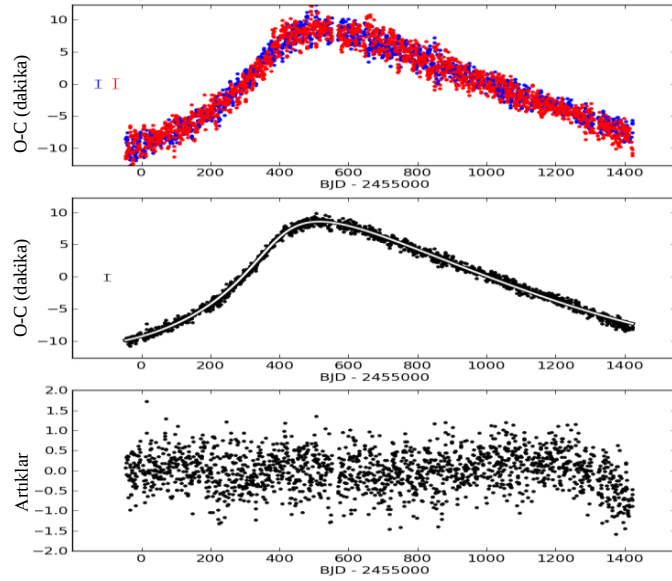
Şekil 4.36 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fiti hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı.

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



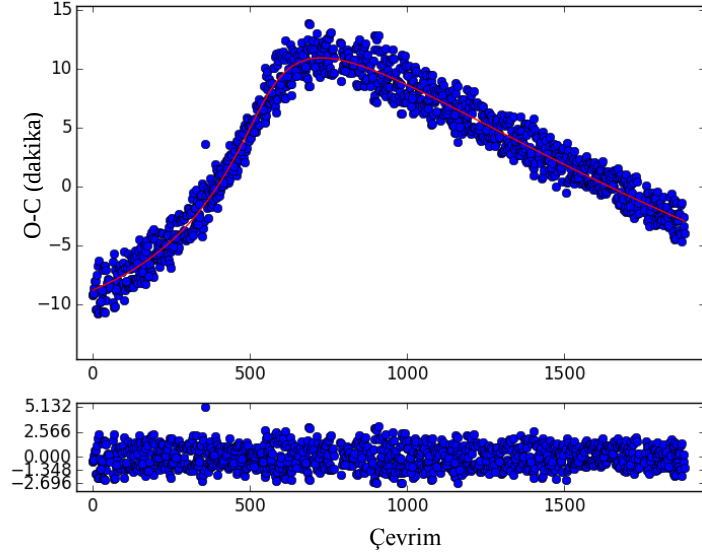
Şekil 4.37 KIC8265951 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fiti yardımıyla hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.38 KIC8265951 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri

Üst panelde KIC8265951 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir. Hata barları panellerin solundadır.



Şekil 4.39 KIC8265951 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti

Kırmızı düz çizgi fiti, alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

Çizelge 4.4 KIC8265951 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.

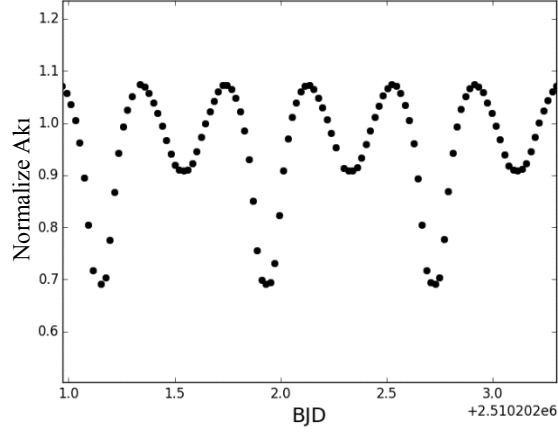
	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.69 ± 0.01	32.54 ± 0.75	2753.30 ± 38.99	3178.39 ± 41.71	655.59 ± 5.00
Conroy vd.	-	-	~ 2000	-	-

Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberiden geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.

4.6 KIC10934755 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

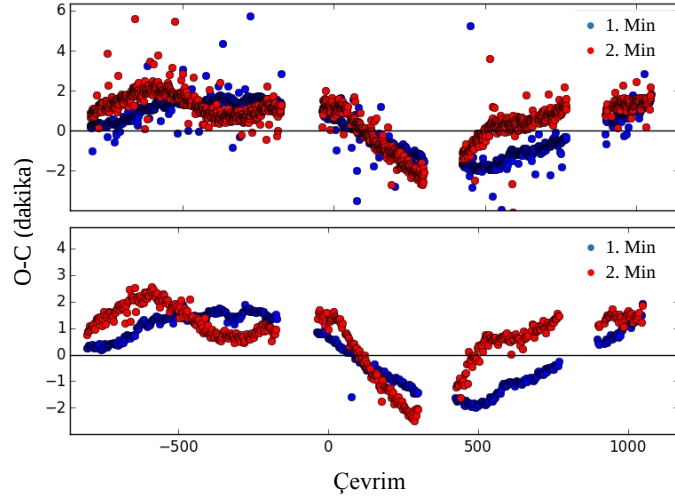
KIC10934755 Kepler parlaklığı 14.397 kadir²⁵ olan Beta Lyr türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.7864856 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 14 sezonluk veriye sahiptir. Minimum çukurları Şekil 4.40'da görüldüğü gibi 18 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.379758, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.163803'dür.

²⁵ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10934755>



Şekil 4.40 KIC10934755 yıldıznının ışık eğrisinden bir kesit

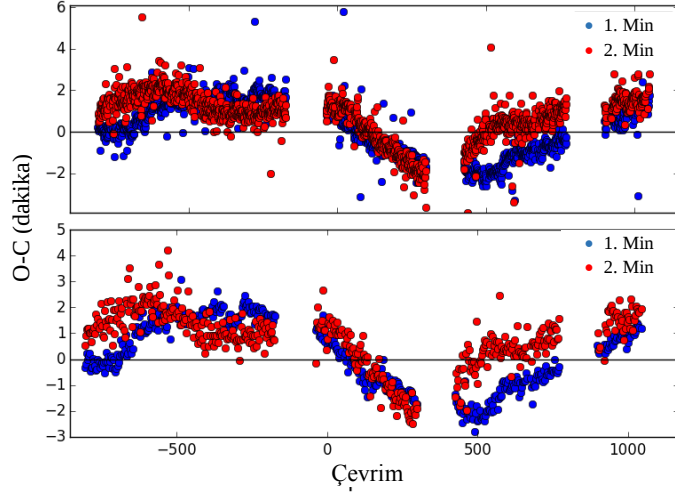
KIC10934755 sisteminin ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları  ekil 4.41 - 4.45’de gösterilmiştir. Şekil 4.46’da ise Prsa vd²⁶ tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur.



Şekil 4.41 KIC10934755 yıldıznının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

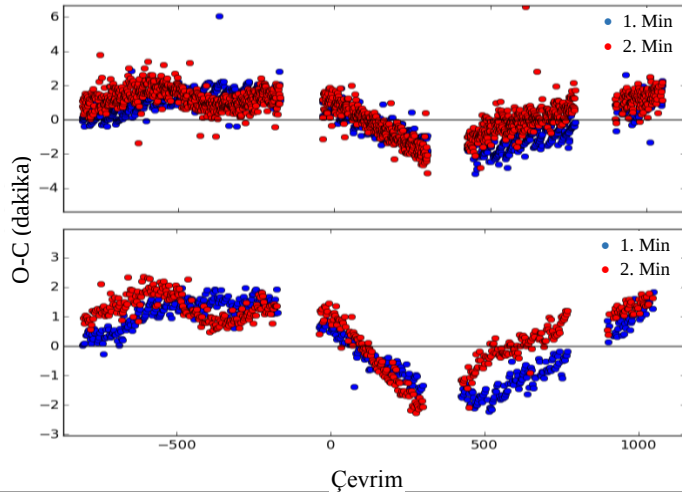
Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.

²⁶ <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10934755.00&cadence=lc&kind=etv>



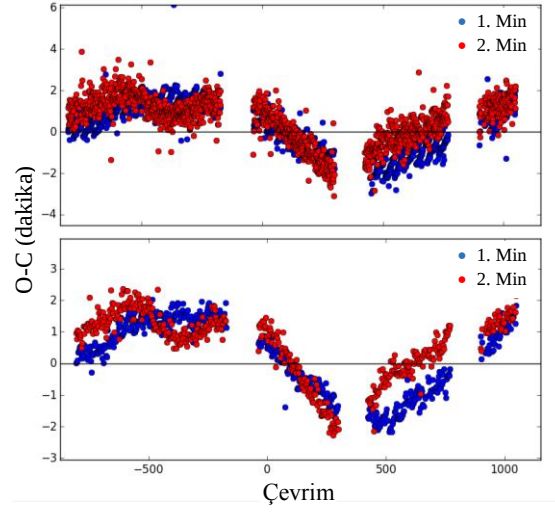
Şekil 4.42 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır



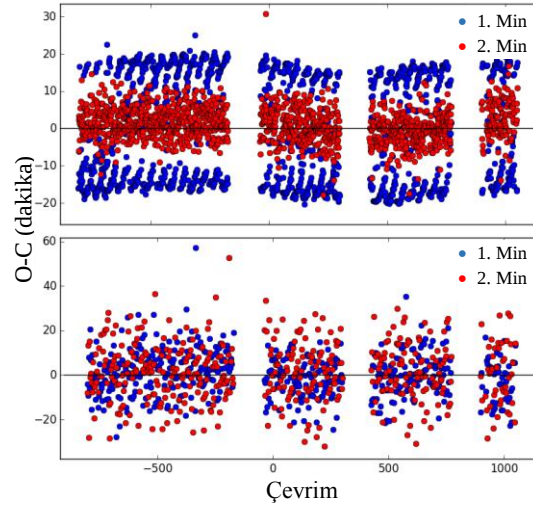
Şekil 4.43 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



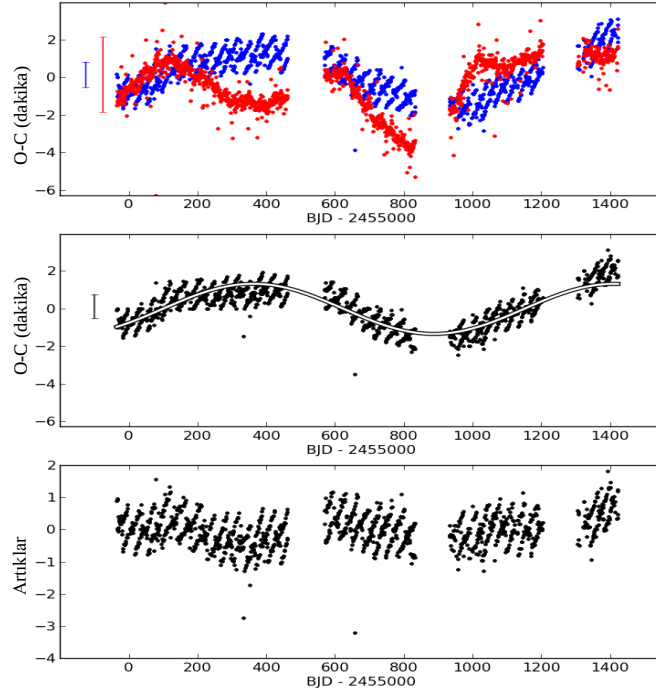
Şekil 4.44 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.45 KIC10934755 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



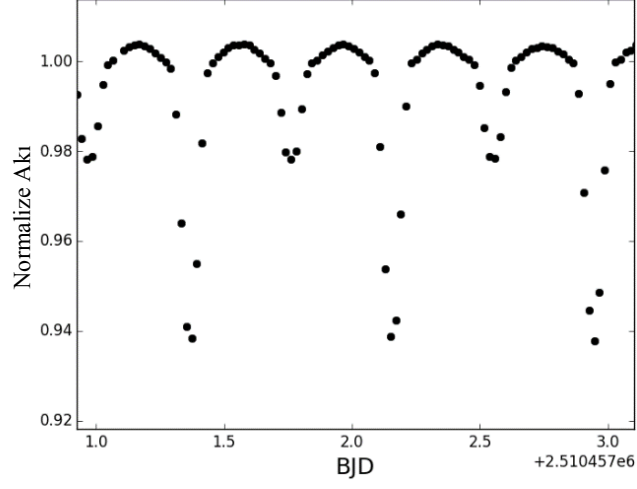
Şekil 4.46 KIC10934755 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri

Üst panelde KIC10934755 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir. Hata barları panellerin solundadır.

4.7 KIC6187893 Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC6187893 Kepler parlaklığı 11.702 kadir²⁷ olan algol türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.7891667 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 14 sezonluk veriye sahiptir. Minimum çukurları Şekil 4.47'de görüldüğü gibi 7 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.065168, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.025397'dir.

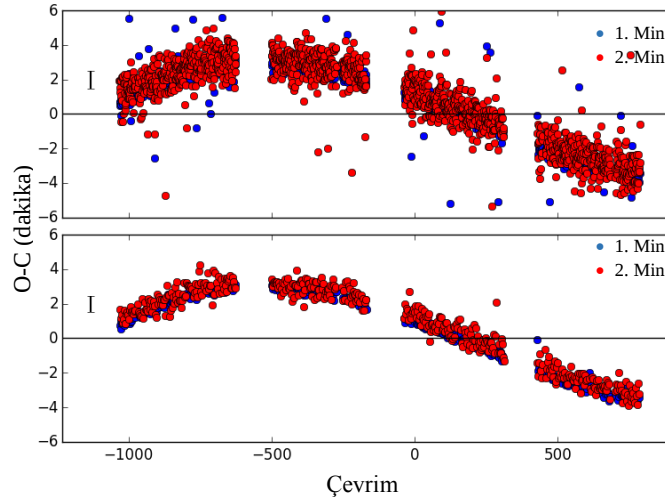
²⁷ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=6187893>



Şekil 4.47 KIC6187893 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit

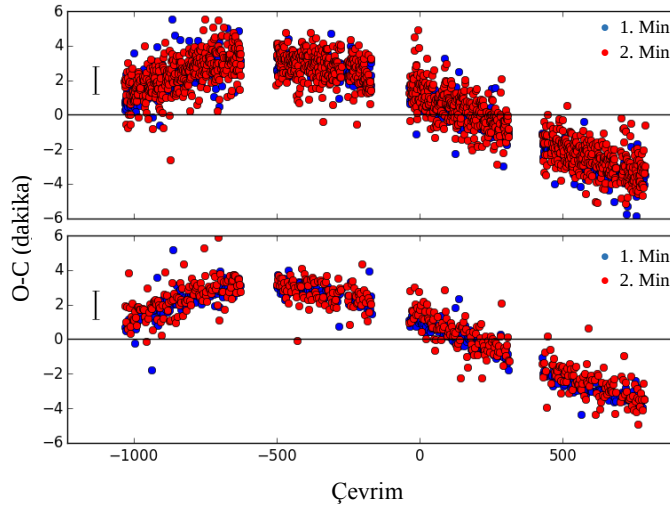
KIC6187893 sisteminin ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.48 - 4.52’de gösterilmiştir. Şekil 4.53’de ise Prsa vd.²⁸ tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur. Şekil 4.54’de ise O-C eğrisine yapılan LiTE fiti görülmektedir. Çizelge 4.5’de bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.

²⁸ <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=6187893.00&cadence=lc&kind=etv>



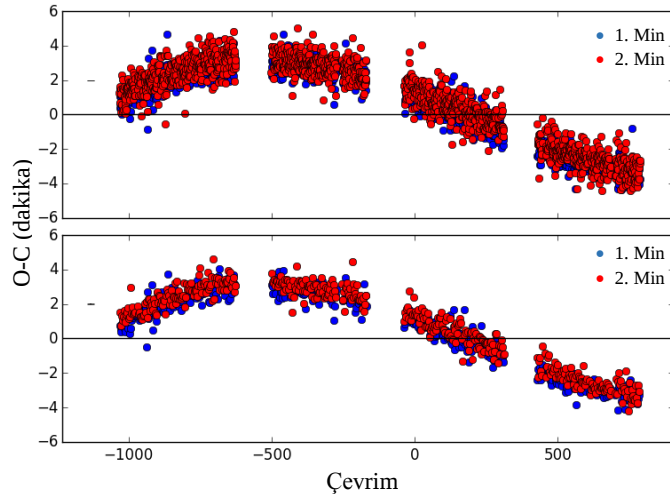
Şekil 4.48 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



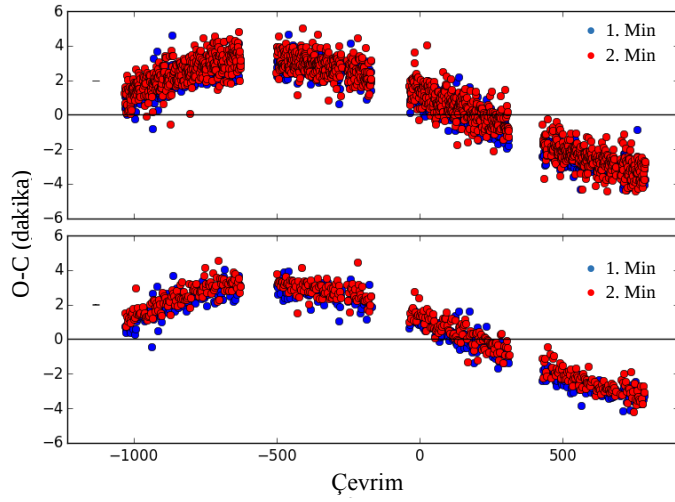
Şekil 4.49 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



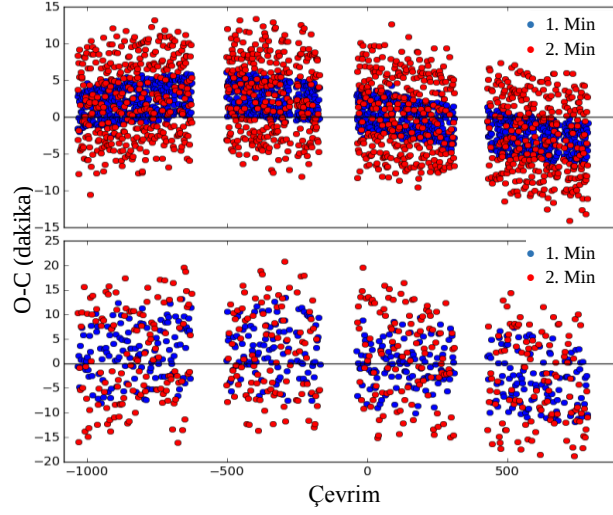
Şekil 4.50 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



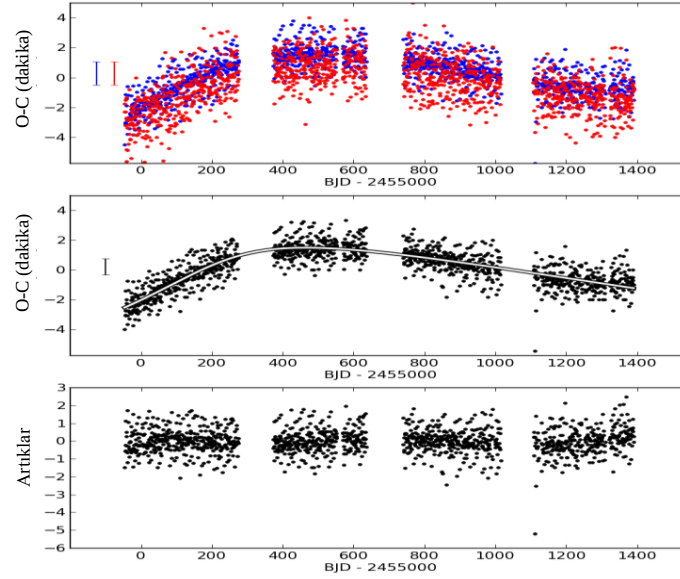
Şekil 4.51 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



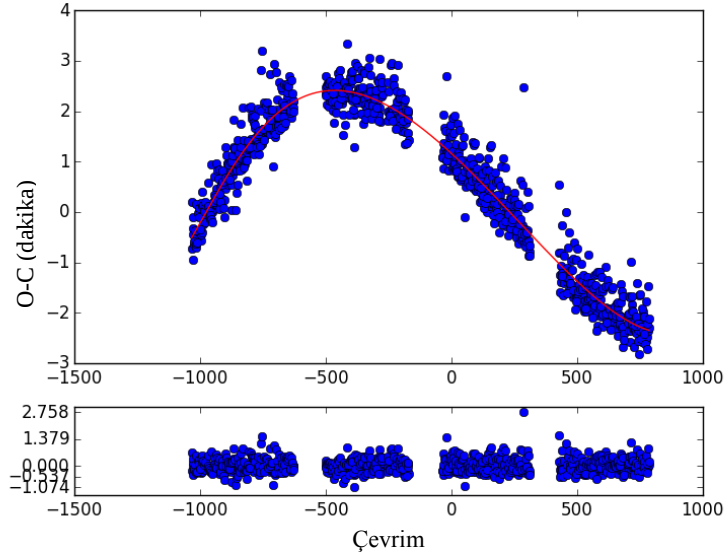
Şekil 4.52 KIC6187893 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.53 KIC6187893 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan grafikleri

Üst panelde KIC6187893 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir. Hata barları panellerin solundadır.



Şekil 4.54 KIC6187893 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti

Kırmızı düz çizgi fiti, alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

Çizelge 4.5 KIC6187893 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) tarafından elde edilen parametreler.

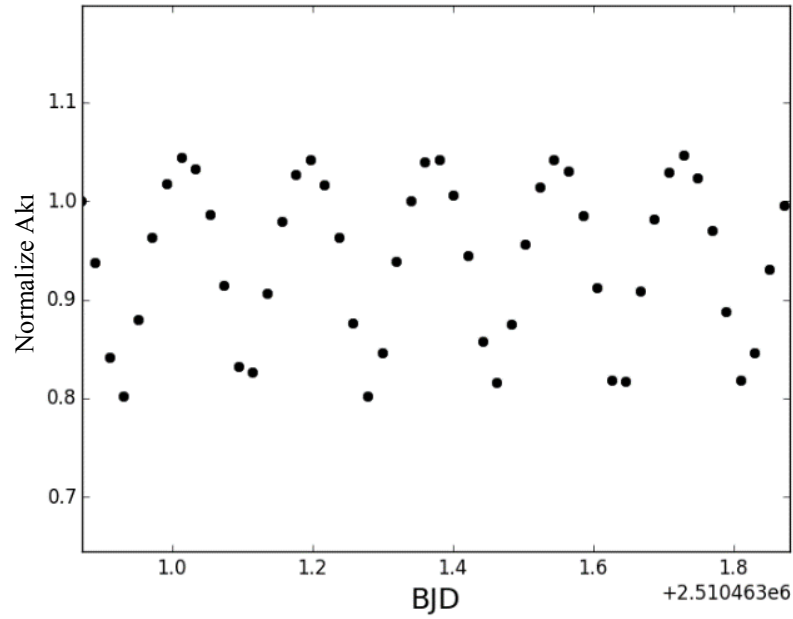
	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.27 ± 0.03	341.84 ± 6.50	1806.06 ± 39.22	966.49 ± 59.39	144.74 ± 1.55
Conroy vd.	-	-	~ 7800	-	-

Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberiden geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.

4.8 KIC12019674 (V2294 Cyg) Örtlen Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

KIC12019674 Kepler parlaklığı 12.961 kadir²⁹ olan W UMa türü bir örtlen çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.3545042 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 18 sezonluk veriye sahiptir. Minimum çukurları şekil 4.55 de görüldüğü gibi 8 civarında noktadan oluşmaktadır. Birinci minimum derinliği ortalama 0.243957, ikinci minimum derinliği ise ortalama 0.222449'dur.

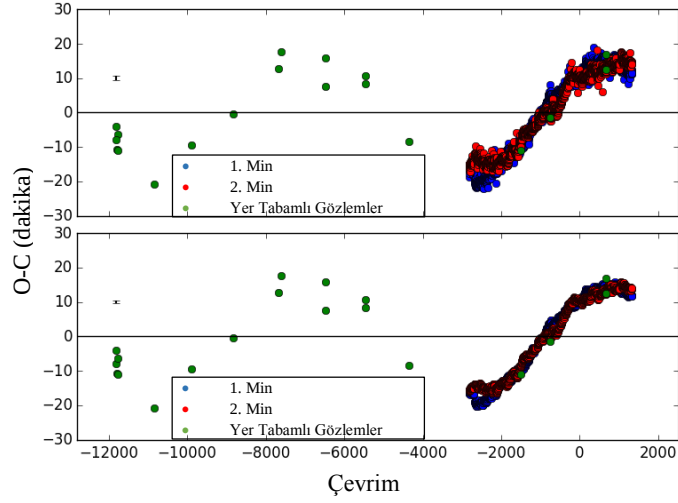
²⁹ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=12019674>



Şekil 4.55 KIC12019674 yıldızının ışıık eğrisinden bir kesit

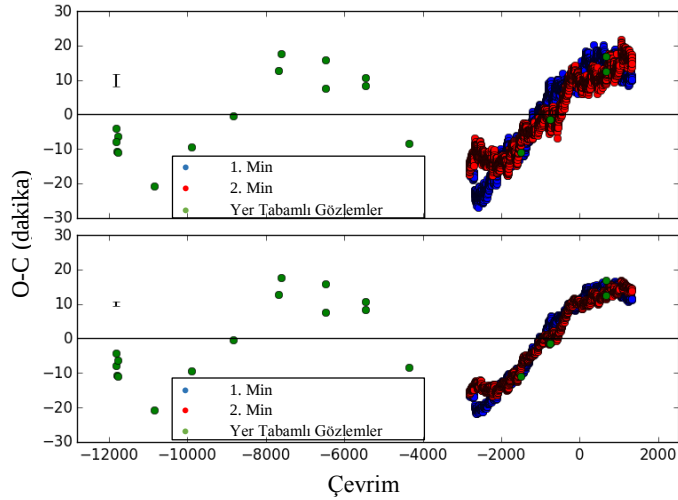
KIC12019674 sisteminin ışıık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.56 - 4.60'da gösterilmiştir. Şekil 4.61'de Prsa vd.³⁰ tarafından oluşturulan O-C diyagramı mevcuttur. Şekil 4.62'de ise O-C eğrisine yapılan LiTE fiti görülmektedir. Çizelge 4.6'da bu fitten elde edilen parametreler ile literatürdeki LiTE parametreleri mevcuttur.

³⁰ <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=12019674.00&cadence=lc&kind=etv>



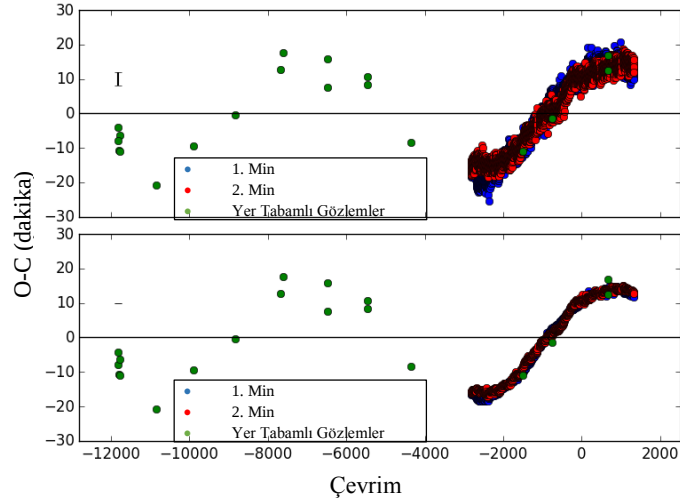
Şekil 4.56 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Yeşil noktalar ise bu yıldızın yer tabanlı gözlemlerden elde edilen (O-C Gateway) minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerini göstermektedir. Hata barları panellerin solundadır.



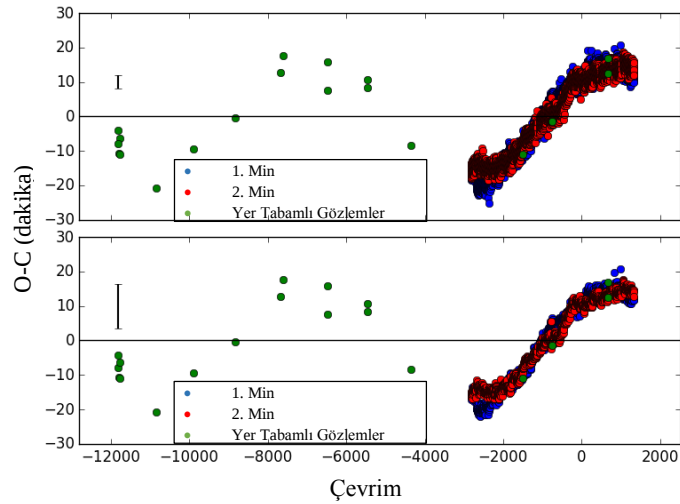
Şekil 4.57 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kiris yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Yeşil noktalar ise bu yıldızın yer tabanlı gözlemlerden elde edilen (O-C Gateway) minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerini göstermektedir. Hata barları panellerin solundadır.



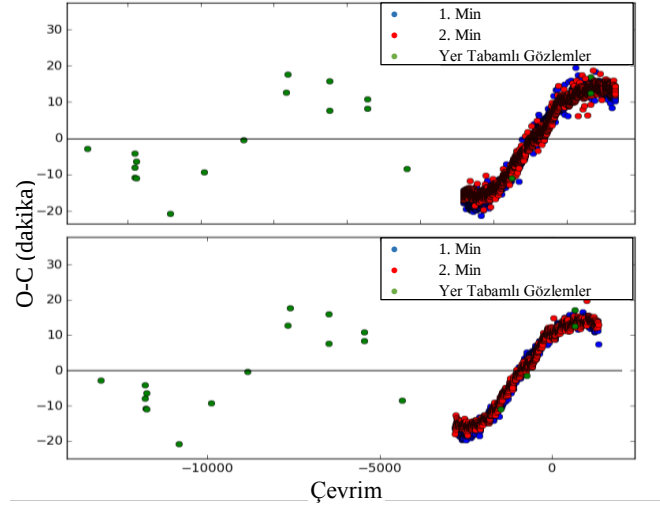
Şekil 4.58 KIC10727655 yıldızının Xtrema programı kullanılarak polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek 7. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır ve 4. dereceden polinom fiti kullanılmıştır. Yeşil noktalar ise bu yıldızla ait yer tabanlı gözlemlerden elde edilen (O-C Gateway) minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerini göstermektedir. Hata barları panellerin solundadır.



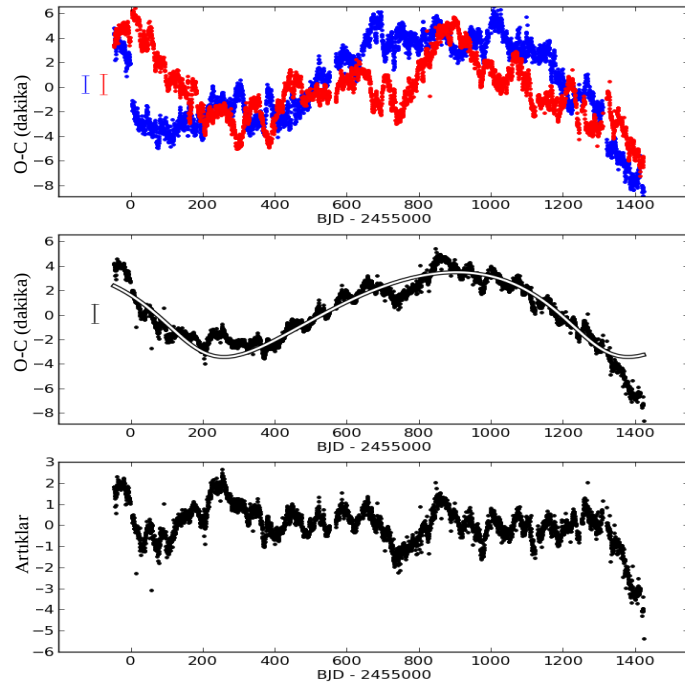
Şekil 4.59 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Yeşil noktalar ise bu yıldızla ait yer tabanlı gözlemlerden elde edilen (O-C Gateway) minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerini göstermektedir. Hata barları panellerin solundadır.



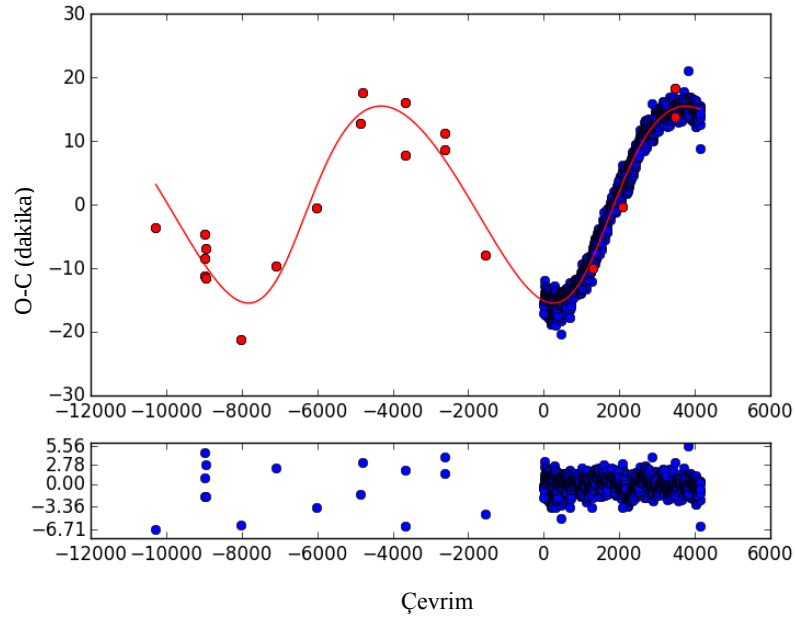
Şekil 4.60 KIC12019674 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Yeşil noktalar ise bu yıldıza ait yer tabanlı gözlemlerden elde edilen (O-C Gateway) minimum zamanları kullanılarak hesaplanan O-C değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.61 Üst panelde KIC12019674 yıldızının Prsa vd. tarafından oluşturulan O-C diyagramı. Orta panelde O-C eğrisine yapılan fit. Alt panelde ise artıklar gösterilmiştir

Hata barları panellerin solundadır.



Şekil 4.62 KIC12019674 yıldızı için oluşturulan O-C eğrisine yapılan LiTE fiti

Üst panelde kırmızı düz çizgi fiti, kırmızı noktalar yer tabanlı teleskoplar ile elde edilen minimum zamanları ile hesaplanan O-C değerlerini, mavi noktalar ise Keplerler uzay teleskobuyla elde edilen ışık eğrisi üzerinden Xtrema programı kullanılarak hesaplanan minimum zamanlarından oluşturulan O-C değerlerini göstermektedir. Alt paneldeki grafik ise artıkları göstermektedir.

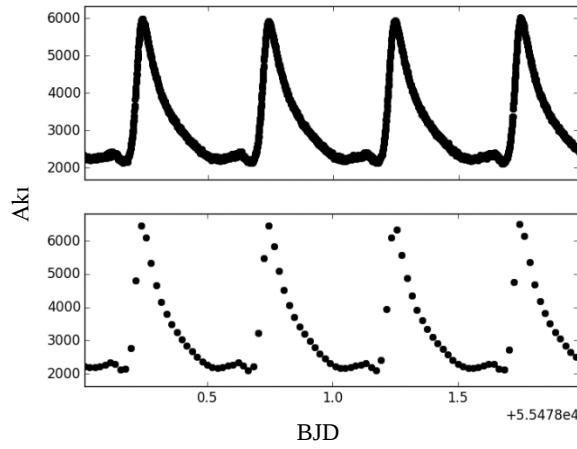
Çizelge 4.6 KIC12019674 yıldızının O-C eğrisine yapılan LiTE fitinden elde edilen parametreler ile Conroy vd. (2014) ve Liska (2014) tarafından elde edilen parametreler.

	e_3	w_3 (derece)	P_3 (gün)	T_3 (gün)	A_{LiTE} (sn)
Bu Çalışma	0.237 ± 0.007	331.36 ± 1.87	2862.11 ± 11.19	479.18 ± 12.10	929.71 ± 2.12
Conroy vd.	0.346 ± 0.001	-	1088.4 ± 34.7	-	198 ± 4
Liska	0.27	2	2907	-	942

Burada ikili sistemin ortak kütle merkezi etrafındaki yörüngesinin; dış merkezliği e_3 , enberi noktasının boylamı w_3 , dönemi P_3 ve ikili sistemin enberiden geçiş anı T_3 'dür. A_{LiTE} ise sinüs eğrisinin genliğidir.

4.9 KIC7671081 Zonklayan Değişen Yıldızına İlişkin Bulgular

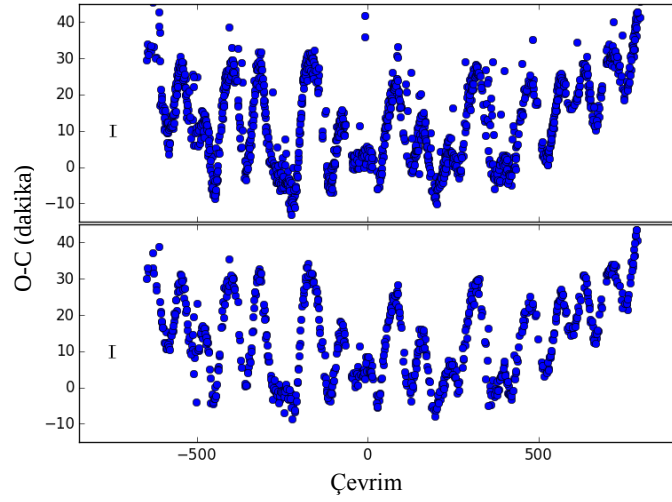
KIC7671081 B bandı parlaklığı 14.3 kadir³¹ olan RR Lyr türü bir değişen yıldızdır. Zonklama dönemi Xtrema pogramı kullanılarak 0.5046207 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 17 sezonluk veriye sahiptir. 17 sezonluk “long cadence” verilerinin yanında 1 sezonluk “short cadence” verisi de mevcuttur. Şekil 4.63’da görüldüğü gibi “long cadence” verisinde maksimum profili 19 civarında noktadan oluşmaktadır.



Şekil 4.63 Üst panelde KIC7671081 yıldızının “short cadence” verisinden alt panelde ise “long cadence” verisinden bir kesit.

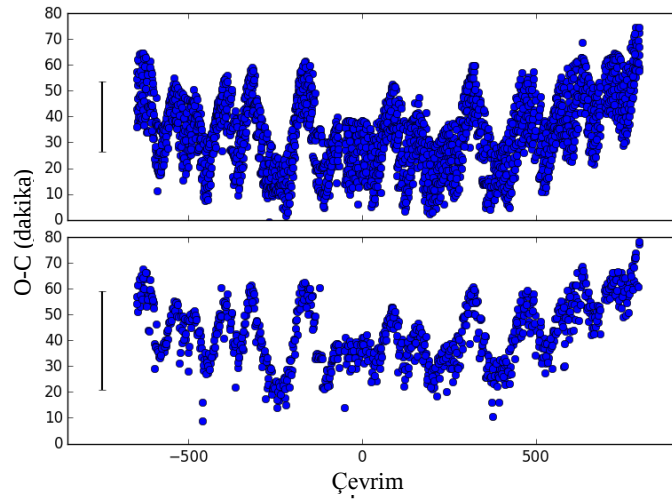
KIC7671081 yıldızının ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları Şekil 4.64 - 4.68’de gösterilmiştir. Şekil 4.69’da ise KIC7671081 yıldızının zamana göre maksimum parlaklıklarının değişimi gösterilmiştir.

³¹ <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=7671081>



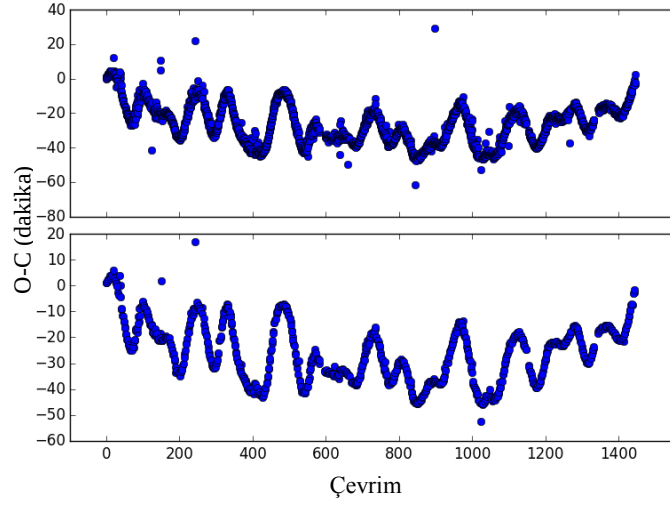
Şekil 4.64 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



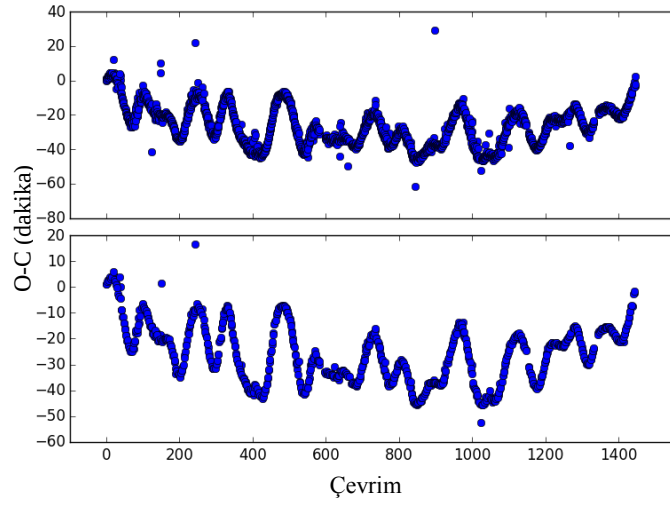
Şekil 4.65 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak giriş yöntemiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır. Hata barları panellerin solundadır.



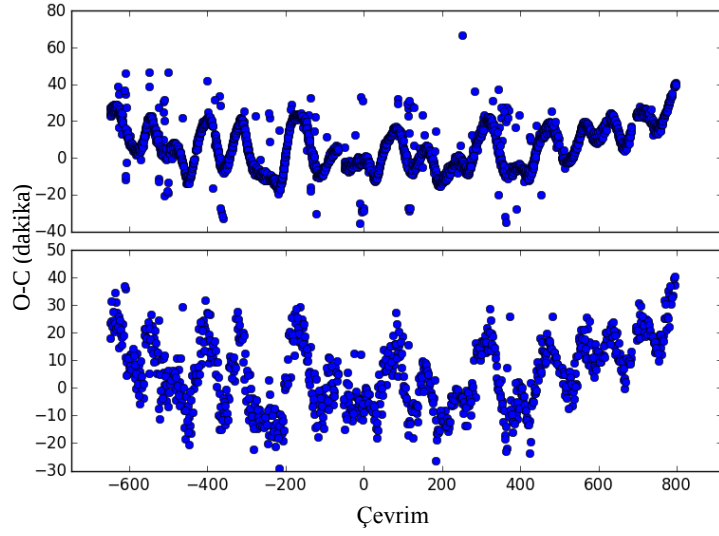
Şekil 4.66 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



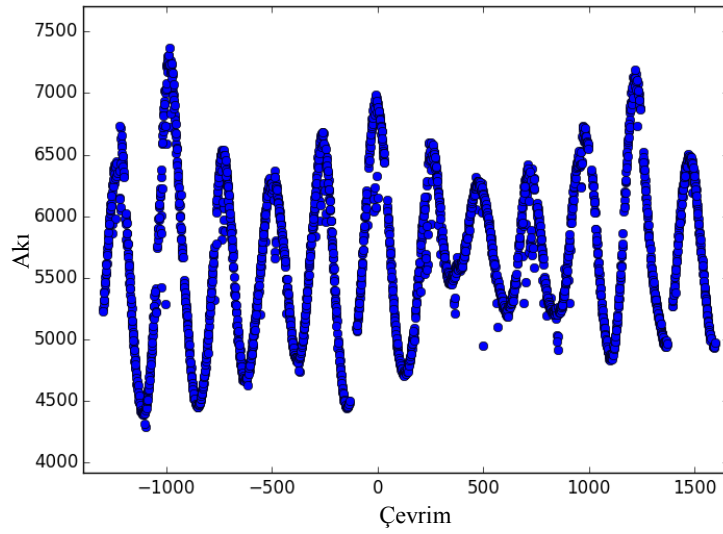
Şekil 4.67 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



Şekil 4.68 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

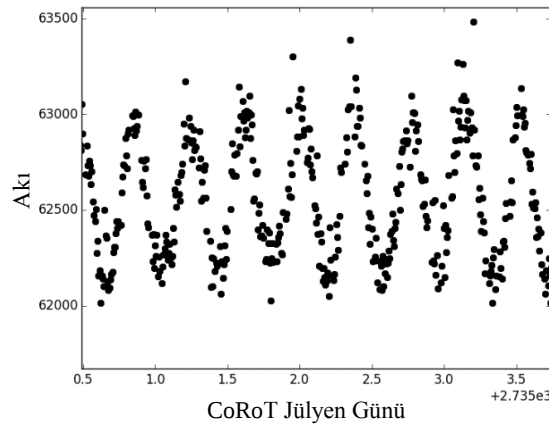
Alt paneldeki O-C diyagramı art arda gelen 3 çevrim birleştirilerek hesaplanan maksimum zamanları ile oluşturulmuştur. Üst paneldeki O-C diyagramı için herhangi bir birleştirme yapılmamıştır.



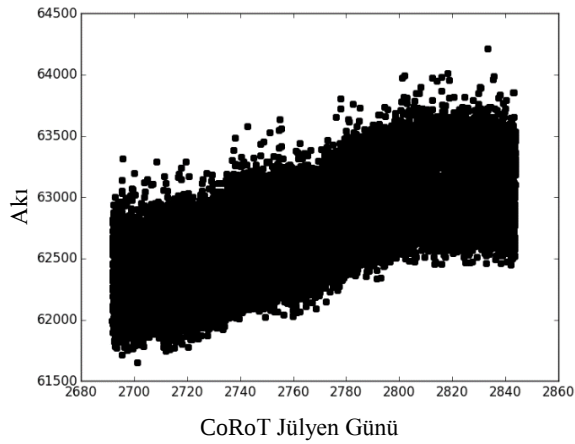
Şekil 4.69 KIC7671081 yıldızının Xtrema programı kullanılarak hesaplanan maksimum parlaklıklarının çevrime göre grafiği

4.10 CoRoT 101058035 Örtün Çift Yıldızına İlişkin Bulgular

CoRoT 101058035 V bandı parlaklığı 14.69 kadir³² olan bir örtün çift yıldızdır. Yörünge dönemi Xtrema programı kullanılarak 0.7647522 gün olarak hesaplandı. NASA'nın ötegezegen veri arşivinde 152 günlük ışık eğrisi mevcuttur. Minimum çukurları Şekil 4.70'de görüldüğü gibi 45 civarında noktadan oluşmaktadır. Bu sisteme ait ışık eğrisinde saçılmalar mevcuttur ve herhangi bir detrending işlemi yapılmamıştır. Sistemin ışık eğrisi Şekil 4.71'de görüldüğü gibi bir trend (eğilim) göstermektedir.



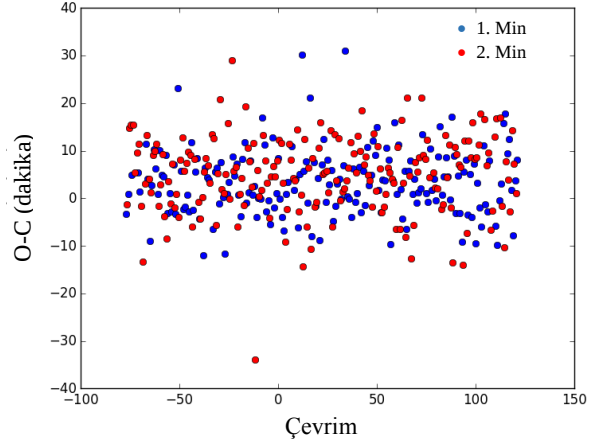
Şekil 4.70 CoRoT 101058035 yıldızının ışık eğrisinden bir kesit



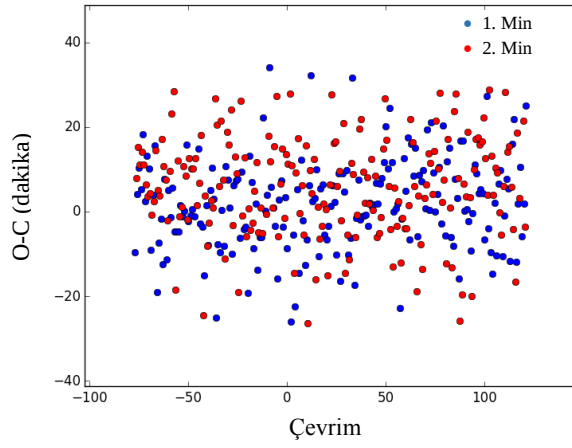
Şekil 4.71 CoRoT 101058035 yıldızının ışık eğrisinin tamamı.

³² http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/bgTools/nph-bgExec?bgApp=%2FETSS%2Fnph-etss&etss_dataset=corot_exo&etssdetail=101058035&etssfind=View

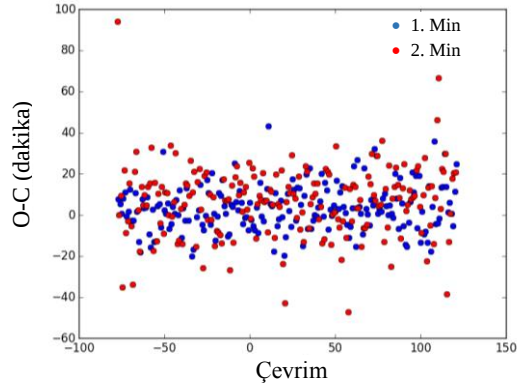
CoRoT 101058035 sisteminin ışık eğrisinden 5 farklı yöntemle minimum zamanı hesabı yapılmıştır. Bu yöntemlerle bulunan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramları şekil 4.72 - 4.76’da gösterilmiştir.



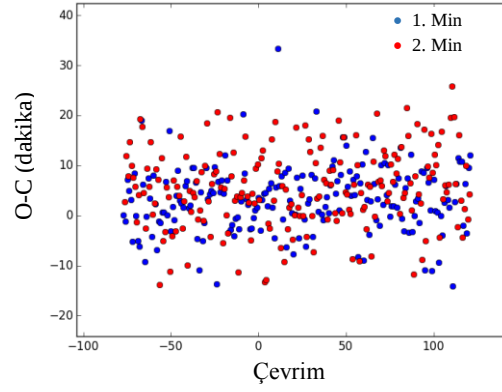
şekil 4.72 CoRoT 101058035 yıldıızının Xtrema programı kullanılarak Kwee – Van Woerden yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı



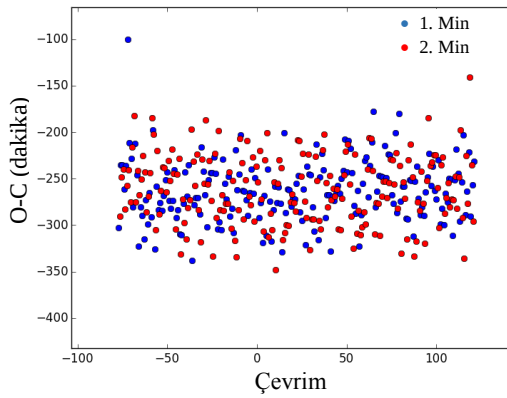
şekil 4.73 CoRoT 101058035 yıldıızının Xtrema programı kullanılarak kiriş yöntemiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı



Şekil 4.74 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak 4. dereceden polinom fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı



Şekil 4.75 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak Fourier fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı



Şekil 4.76 CoRoT 101058035 yıldızının Xtrema programı kullanılarak kübik spline fitiyle hesaplanan minimum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramı

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında örten değişen ve zonklayan yıldızların ekstremum zamanlarını hızlı ve hassas bir şekilde hesaplayıp dönem analizine hazır hale getiren, Python programlama diliyle yazılmış Xtrema programı geliştirildi. Xtrema programı çok fazla sayıda çevrimden oluşan ışık eğrilerinden ekstremum profillerini otomatik olarak belirler ve ekstremum zamanlarını 5 farklı yöntem ile hesaplar. Ekstremum zamanı hesabının yanında; JD, HJD, BJD ve MJD dönüşümlerini hesaplayabilme, ışık eğrisini normalize edip ışık eğrisi karakteristiklerini bulabilme, saçılmaya uğramış veya herhangi bir sebepten dolayı ekstremum hesabını olumsuz yönde etkileyebilecek olan etkileri giderebilme, güçlü periodogramı sayesinde dönem hesaplayabilme, hesaplanan ekstremum zamanları ile anında O-C diyagramı oluşturabilme, 4 farklı filtrede elde edilmiş minimum veya maksimum zamanlarını birleştirebilme gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca program, O-C Gateway ve BAV gibi örten değişen yıldızların minimum zamanlarının tutulduğu internet sitelerinden istenilen yıldızın minimum zamanları anında içe aktararak O-C grafiğini çizebilmektedir. Ekstremum hesabı sırasında ekstremum profillerine kullanıcı tarafından müdahale edilebilmesi (ekstremum profilinin genişliği, seviyesi gibi) önemli avantajlarındandır. Ekstremum profillerinin az sayıda noktadan oluşması durumunda (9 nokta gibi) ardışık profilleri birleştirebilme özelliği daha hassas ekstremum zamanı hesaplanabilmesine olanak sağlar. Ayrıca Xtrema programı ışık eğrilerinde O'Connell etkisi gibi örtme örtülmeler dışında, özellikle maksimum seviyelerinde oluşan parlaklık değişimini her çevrimde hesaplayıp grafike edebilir.

Daha önce de bahsedildiği gibi literatürde ekstremum zamanı hesabı yapabilen programlar mevcuttur. Ancak bu programlar ekstremum zamanı hesaplama yöntemlerinin azlığı ya da büyük çaplı verileri (örneğin 65000 noktadan oluşan) açamama gibi sorunlardan dolayı yetersiz kalmaktadır. Kepler ve CoRoT gibi uzay teleskopları neredeyse kesintisiz gözlem yaptıklarından dolayı tek bir yıldız için elde edilen ışık eğrisi verisi muazzam boyutlara ulaşabilmektedir. Bu da yıldızın ışık eğrilerinde, dönemine bağlı olmakla beraber, çok fazla sayıda ekstremum profilinin mevcut olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla literatürdeki mevcut programlar bu ekstremum profillerinin

zamanlarını otomatik olarak hesaplayabilecek algoritmalara ya hiç sahip değildir, ya da bu büyüklükteki verileri açamamaktadır. Bu bağlamda Xtrema programının literatüre, bu türden sistemlerin ekstremum zamanlarının belirlenmesi adına önemli katkılar sunacağı inancındayız.

Bu tez çalışması kapsamında Kepler uzay teleskobu tarafından ışık eğrileri elde edilen KIC8719897, KIC10727655, KIC2021060, KIC10383620, KIC8265951, KIC10934755, KIC6187893, KIC12019674 ve KIC7671081 yıldızları ile CoRoT uzay teleskobu tarafından ışık eğrileri elde edilen CoRoT 101058035 yıldızı Xtrema programının denetlenmesinde kullanıldı. Bu yıldızların ışık eğrileri programa aktarıldı ve ekstremum zamanları hesaplanarak O-C diyagramları oluşturuldu. Bu O-C diyagramları incelendiğinde ekstremum profillerini oluşturan nokta sayısının azlığı durumunda art arda gelen çevrimlerdeki ekstremum profillerini birleştirmenin, özellikle Kwee – van Woerden ve giriş yöntemlerinde olumlu sonuçlar verdiği hata değerlerinin azalmasından anlaşılmaktadır. Polinom ve Fourier fitiyle hesaplanan ekstremum zamanları ile oluşturulan O-C diyagramlarında ekstremum profillerini birleştirmenin hata değerlerini arttırabildiği görüldü. Polinom ve Fourier fiti için yapılan hata hesabı fark kareler toplamı prensibine dayandığı için ekstremum profili birleştirme işlemi sonucunda, profillerin tam üst üste oturmaması bu duruma yol açmış olabilir. Öte yandan hatanın yüksek çıkması sonucu saçılmanın fazla olması beklenirken çoğu zaman durum tam tersidir. Bu da polinom ve Fourier fiti için yapılan hata hesabının gerçeği çok da yansıtmadığını gösteriyor olabilir. Kübik spline fitiyle hesaplanan ekstremum zamanlarıyla oluşturulan O-C diyagramlarına bakıldığında çoğu zaman saçılmanın fazla olması sebebiyle iyi sonuç vermediği görülmektedir. Ayrıca kübik spline için anlamlı bir hata da programda verilememektedir. Ancak yine de bazı durumlarda diğer yöntemlerden daha iyi bir sonuç verebilmektedir.

Ekstremum profillerinin otomatik olarak belirlenmesi sürecinde kullanıcının belirleyeceği kriterlerin de ekstremum zamanı hesabının hassasiyeti için oldukça önemli olduğu program üzerinde yapılan denemelerde görülmüştür. Ekstremum zamanı bu profiller üzerinden hesaplanacağından dolayı kullanıcının en uygun ekstremum profilini belirlemesi gerekmektedir. Örneğin bir örten çift sistemde, bileşenlerdeki şekil bozulması

sebebiyle minimum profilleri üzerinde oluşan etkiyi en aza indirmek için profilin daha dar bölgesinin seçilmesi daha iyi bir sonuç verir. Bu da Xtrema programını değerli kılan sebeplerden biridir.

Bir diğer sonuç ise kullanılan ekstremum zamanı hesaplama yöntemlerinin farklı yıldızlarda farklı sonuçlar verdiğidir. Bu doğaldır. Çünkü ekstremum profilleri yıldızlardaki farklı süreçler sonucu yıldızdan yıldıza değişiklik gösterebilmektedir. Dolayısıyla bir yıldızın ışık eğrisindeki bir ekstremum profili fourier fiti ile daha iyi temsil edilebilirken, başka bir yıldızda polinom fiti daha iyi bir sonuç verebilmektedir. Örneğin giriş ve özellikle Kwee - van Woerden yöntemi simetrik ekstremum profillerinde daha iyi sonuç verirken asimetrik ekstremum profillerinde iyi sonuç vermemektedir. Asimetrik ekstremum profillerinde de polinom ve Fourier fitleri daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Böylece Xtrema programının ekstremum zamanı hesabı için 5 farklı yöntem sunması daha iyi bir sonuç alma açısından bir avantajdır.

KIC8719897, KIC10727655, KIC10383620, KIC8265951, KIC6187893 ve KIC12019674 örten çift yıldızlarının Xtrema programıyla belirlenen minimum zamanları ile elde edilen O-C diyagramlarında üçüncü bir cismin varlığını gösteren sinüsel bir değişim mevcuttur. Bu değişim LiTE göz önüne alınarak modellenmiş ve elde edilen yörünge parametreleri literatürdekiler ile karşılaştırılmıştır. Literatürde KIC8265951 ve KIC6187893 örten çift yıldızlarına eşlik eden muhtemel üçüncü cisimlere ait parametrelerden sadece yörünge dönemleri, Conroy vd. (2014) tarafından yaklaşık bir değer olarak verilmiştir. Bunun sebebi ise bu sistemlerin O-C diyagramında görülen değişimin tam bir sinüsü tamamlayamamış oluşudur. Dolayısı ile bu çalışmada elde edilen parametreler ile sağlıklı bir karşılaştırma yapılamamaktadır. KIC12019674 örten çift yıldızının O-C diyagramına yapılan LiTE fitiyle elde edilen parametreler Liska (2014) tarafından elde edilen parametreler ile örtüşmektedir. Benzer şekilde KIC8719897 örten çift yıldızının O-C diyagramından elde edilen parametreler de Rappaport vd. (2014) elde ettikleriyle uyumludur. KIC10727655 ve KIC10383620 örten çift yıldızlarında ise e_3 parametresi dışında diğer parametreler Conroy vd. (2014) tarafından hesaplanan parametreler ile uyumludur.

Xtrema programında mevcut olan “Optimizasyon” bölümü kullanılarak ışık eğrileri üzerinde yapılan iyileştirme (saçılmaları ve/veya diğer etkileri giderme) sayesinde ekstremum zamanları daha duyarlı hesaplanabilmektedir. Bu da kullanıcıya büyük fayda sağlamaktadır.

Gelecekte programa polinom, Fourier ve kübik spline için daha gerçekçi bir hata hesabı eklenmesi düşünülmektedir. Hata hesabındaki sorunların dışında program etkin bir şekilde çalışmaktadır. Kullanıcı dostu arayüzü ve etkileşimli grafik pencereleri kullanıcının işini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, henüz deneme aşamasında olan ve kısa sürede denemelerin tamamlanarak Xtrema programına eklenmesi düşünülen O-C analizi modülü de programı daha geniş bir kitleye hitap edecek hale getirecektir.

Xtrema programı 2014 yılı Eylül ayında Çek Cumhuriyeti’ndeki “Living together: planets, host stars and binaries” adlı konferansta “A Python-Based Gui Software To Calculate Minima And Maxima Times: Xtrema” isimli bir poster olarak sunulmuştur. Konferans sırasında Dr. Andrej Prsa ile yapılan özel görüşmede literatürde böyle bir programa ihtiyaç olduğu tartışılmış, kendisi ve ekibi tarafından geliştirilen PHOEBE ışık eğrisi analiz programına gerekli değişikliklerin yapıldıktan sonra Xtrema programının da eklenebileceği olasılığı üzerinde tartışılmıştır.

KAYNAKLAR

Anonymous. 2015a. Web Sitesi: <http://astrogea.org>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015b. Web Sitesi: <http://astrogea.org/soft/ave/aveint.htm>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015c. Web Sitesi: <http://members.shaw.ca/bob.nelson/software1.htm>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015ç. Web Sitesi: http://www.pi.fuw.edu.pl/wp-content/uploads/2014/05/Cepheus2_final_2.pdf, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015d. Web Sitesi: <http://tonnyvanmunster.ipage.com/peranso/PeransoUserManual.pdf>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015e. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/papers>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015f. Web Sitesi: http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/applications/ETSS/Kepler_index.html, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015g. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015ğ. Web Sitesi: http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/applications/ETSS/CoRoT_exo_index.html, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015h. Web Sitesi: <https://www.python.org>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015ı. Web Sitesi: <http://www.qt.io>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015i. Web Sitesi: <http://www.riverbankcomputing.co.uk/software/pyqt/intro>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015j. Web Sitesi: <http://www.numpy.org>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015k. Web Sitesi: <http://www.scipy.org>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

Anonymous. 2015l. Web Sitesi: <http://www.astropy.org>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

- Anonymous. 2015m. Web Sitesi: http://www.hs.uni-hamburg.de/DE/Ins/Per/Czesla/PyA/PyA_0_3_0/pyaslDoc/coorTimeDate.html, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015n. Web Sitesi: <https://pythonhosted.org/guiqwt>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015o. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=87198972>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015ö. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10727655>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015p. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10727655.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015r. Web Sitesi: http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/bgTools/nph-bgExec?bgApp=%2FETSS%2Fnph-etss&etss_dataset=Kepler&etssdetail=2021060&etssfind=View5, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015s. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10383620>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015ř. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10383620.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015t. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=8265951>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015u. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=8265951.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015ü. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=10934755>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015v. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=10934755.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015y. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=6187893>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.

- Anonymous. 2015z. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=6187893.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015Q. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=12019674>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015q. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/plots/?k=12019674.00&cadence=lc&kind=etv>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015w. Web Sitesi: <http://keplerebs.villanova.edu/overview/?k=7671081>, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Anonymous. 2015x. Web Sitesi: http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/bgTools/nph-bgExec?bgApp=%2FETSS%2Fnph-etss&etss_dataset=corot_exo&etssdetail=101058035&etssfind=View, Erişim Tarihi: 01.07.2015.
- Conroy, K. E., Prsa, A., Keivan G., Jerome A., Daniel C. and William F. 2014. Kepler eclipsing binary stars. IV. precise eclipse times for close binaries and identification of candidate three-body systems. *AJ*, 147, 45
- 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
- Liska, J. 2014. Light Time Effect In The System V2294 Cyg. 6119, *IBVS*
- Lomb, N. R. 1976. Least-squares frequency analysis of unequally spaced data. *Ap&SS*, 39, 447L
- 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
- Rappaport, S., Deck, K., Levine, A., Borkovits, T., Carter, J., Mellah, I., Sanchis-Ojeda1, R. and Kalomeni, B. 2014. Triple-star candidates among the *Kepler* binaries. *ApJ*, 768, 33
- Scargle, J. D. 1982. Studies in astronomical time series analysis. II - Statistical aspects of spectral analysis of unevenly spaced data. *ApJ*, 263, 835S
- 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

- Thompson, Susan E., Everett, M., Mullally, F., Barclay, T., Howell, S., Still, M., Rowe, J., Christiansen, J., Kurtz, D., Hambleton, K., Twicken, J., Ibrahim, K., Clarke, B., 2012. A Class of Eccentric Binaries with Dynamic Tidal Distortions Discovered with Kepler. *ApJ*, 753, 86.
- 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

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Engin BAHAR
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Tarihi : 27.06.1987
Yabancı Dili : İngilizce

Öğrenim Durumu

Lise : Trabzon Fatih Lisesi (2001-2004)
Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (2006-2012)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (Eylül 2012 - Temmuz 2015)

Yayınlar

- 1) Nelson, R. H.; Şenavci, H. V.; Baştürk, Ö.; **Bahar, E.**; 2014, BI CVn - A spotted, overcontact, type-W eclipsing binary, New Astronomy, 29, 57N
- 2) Basturk, O.; **Bahar, E.**; Senavci, H. V.; Kilicoglu, T.; Ozavci, I.; Burdanov, A.; Yilmaz, M.; Caliskan, S.; Tezcan, C. T.; Yorukoglu, O.; Ozkeles, A.; Izci, D. D.; Gumus, D.; Avci, Z.; Ozturk, D.; Selam, S. O.; Ekmekci, F.; Albayrak, B.; 2015, Times of Minima of Eclipsing Binaries and Mid-Transit Times of Transiting Exoplanets, IBVS, 6125