

## ÖZET

Bu çalışmada G0-G8 tayf türü arasındaki çift yıldızlarda Neptün ile Jüpiter arasında yarıçapa sahip ötegezegenlerin ışık eğrileri üzerinden gezegenin tutulma anındaki minimum zamanlarından O-C analizi yapılmaktadır. Bu projede 33 adet aday ötegezegen ele alınacaktır. Bu ötegezegenlerin transit geçişleri ve radyal hız yöntemleri ile TESS uydu teleskobu tarafından toplanan veriler kullanılacaktır. TESS verilerinde ışık eğrileri oluşturulur ve her sistemin minimum zamanı hesaplanır. Sistemlerin O-C değişim grafikleri elde edilir, analizleri yapılır ve değişimden ötegezegen varlığı ortaya konulacaktır.

## O-C ANALİZİ

- O-C (Gözlenen-Hesaplanan minimum zamanları), herhangi bir minimum zamanın gözlenen değeri ile hesaplanan teorik değerleri arasındaki farkı ifade eder.[5]
- Bu analiz, ötegezegenlerin yörüngelerindeki değişiklikleri ve diğer gök cisimlerin etkilerini tespit etmek için kullanılır.[5]
- Ötegezegenlerin kütle ve yörünge özellikleri hakkında bilgi sağlar.[5]

Bu proje çalışmasında Ötegezegen keşif yöntemi olan zamanlama yöntemini kullanılacaktır. Zamanlama yönteminde ötegezegenli çift yıldızların ışık eğrilerinden minimum çukurlarından minimum ortasına denk gelen zamanların tespitini içermektedir. Bu tespit edilen minimum zamanlarından gözlenen ve hesaplanan minimum zamanların arasındaki fark belirlenerek O-C ( Observed-Calculated ) değişim grafikleri oluşturulmaktadır. Bu O-C değişim grafikleri sistemin durumuna göre parabolik, sinüsel, doğrusal ya da üst üste binmiş değişimler gösterebilir. Sinüsel bir değişim gösteren O-C eğrilerinden ötegezegen belirlenmeye çalışılacaktır. Çift yıldızlarda bu şekilde ötegezegen belirlemek popüler bir tekniktir. Seçtiğimiz ötegezegenlerin varlığının ortaya konulması bu yolla pek yapılmamıştır.[5]

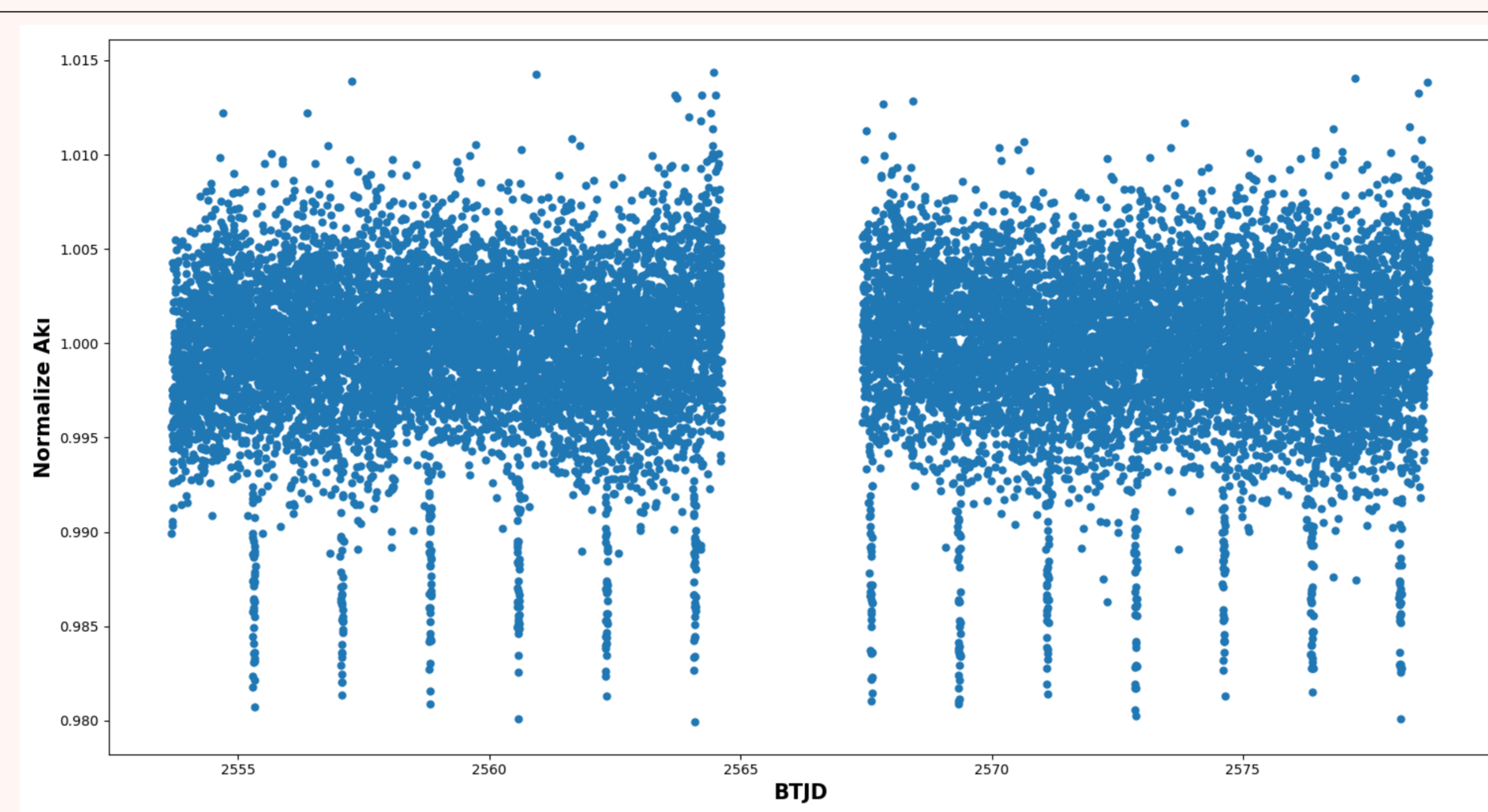
## WASP-104 b

WASP-104 b bu proje çalışmasında yapacağımız O-C analizlerinden Jüpiter büyüklüğünde olan otuz üç gezegenden birisidir. TESS uydusundan alınan verilerinden elde edilen ışık eğrilerine bakıldı ( sektör45 - sektör46 için). Her bir sektörde onüç minimum orta noktası bulundu.

Tablo 1. WASP-104 b Astrofiziksel Veriler[1]

Özellik	Değer
RA	10 42 24,61
DE	+07 26 06,3
PERIOD(d)	1.755406
EPOCH	2457048.59061
V(mag)	11,12
DEPTH(mag)	0,0158
DURATION(min)	105,72
HOST	WASP-104

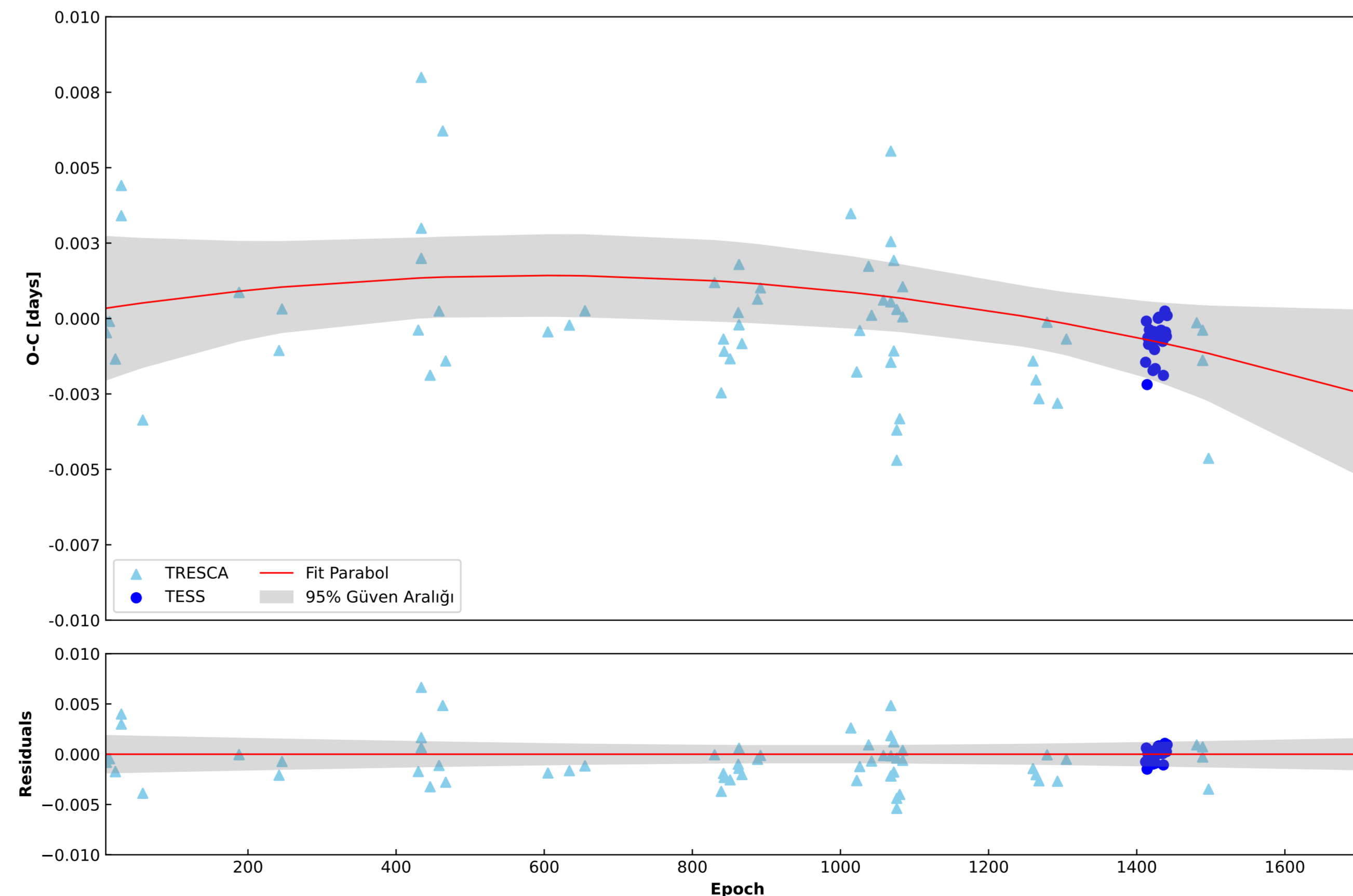
Her bir sektörün ışık eğrilerindeki minimum çukurları tespit edilerek bu verilere GAUSS fonksiyon fiti uyumu sağlandı ve böylelikle bu uyumdan her minimum çukuru için minimum zamanları hesaplandı.



Şekil 1. WASP-104 b Işık Eğrisi.

Bulunan minimumlar daha önce literatürde verisi paylaşılmış minimum zamanları ile birleştirildi. TESS uydu verilerinde zamanlar BJD (Barycentric Julian Day) olarak verildiği için literatürde HJD (Heliocentric Julian Day) olarak verilen zamanlar BJD zaman türüne çevrilerek O-C değişim diyagramı elde edildi.

O-C değişim diyagramına 2.dereceden polinom fiti geçirilerek en iyi uyum sağlayan parabol denklemi bulundu ve ardından O-C noktalarından farkları gösteren artıklar (residuals) diyagramı elde edildi.

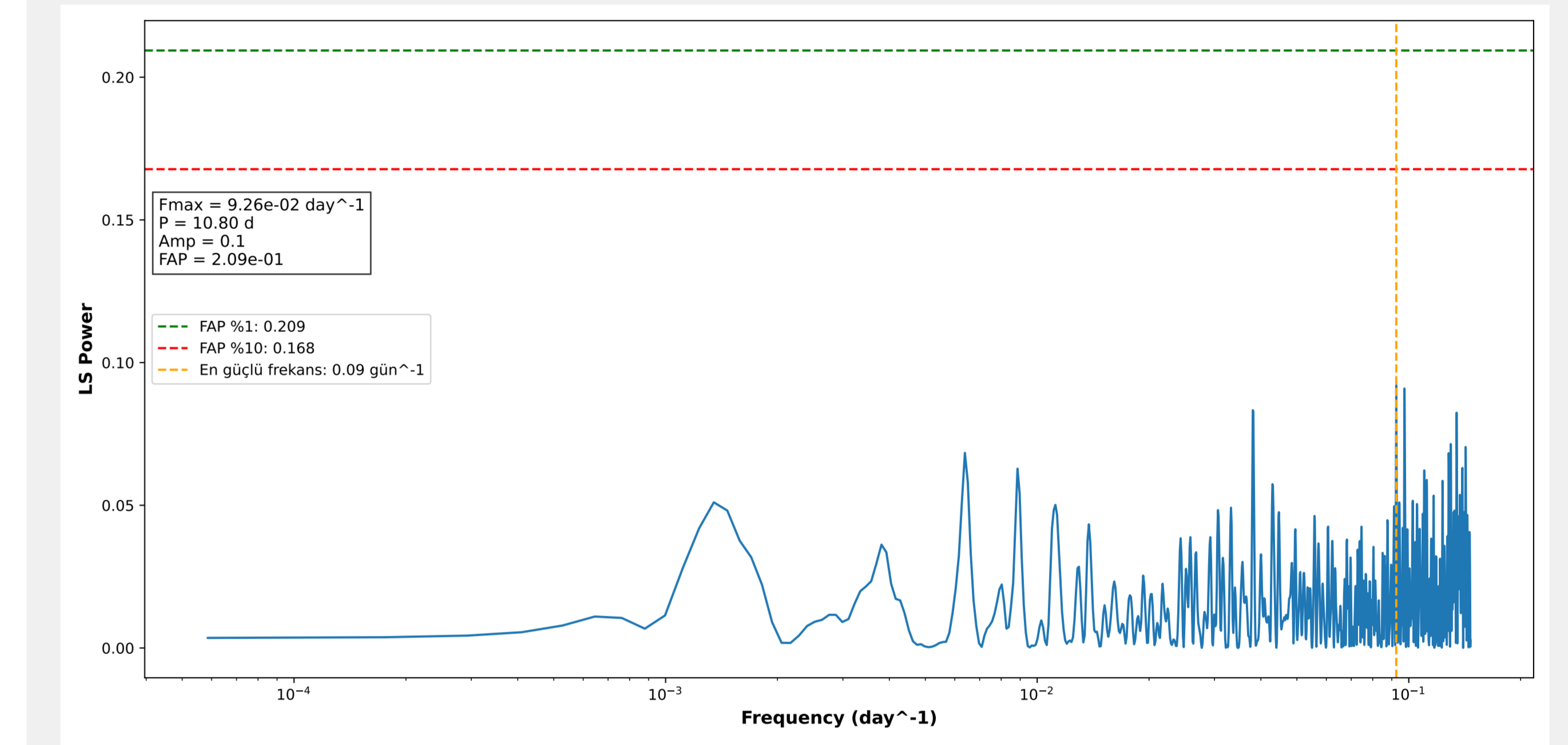


Şekil 2. WASP-104 b O-C Eğrisi.

## Lomb-Scargle

Lomb-Scargle periyodogramının ana amacı aşağıdaki denklemde verilen bir zaman serisi veri kümesi  $y(t)$  içindeki periyodik bir sinyalin frekansını ( $f$ ) belirlemektir:

$$y(t) = a \cos(2\pi ft) + b \sin(2\pi ft)$$



Şekil 3. WASP-104 b Lomb-Scargle grafiği.

Periyodik bir sinyal frekansını araştırmak için O-C artıklarından ( residuals) Lomb-Scargle periyodogramları oluşturuldu. Lomb-Scargle periyodogramlarında belirli bir frekanstaki sinüzoidal sinyal için tepe noktası beklenir ve böyle bir tepe noktası için istatistiksel önemi değerlendirmek amacı ile yanlış alarm olasılığı (FAP) hesaplandı. Herhangi bir frekanstaki yanlış alarm olasılığı (FAP) hesaplamaya yönelik çeşitli yaklaşımlar vardır. Bu proje kapsamında istatistiksel dağılımı yaklaşık olarak tahmin etmek için verilerin birçok rastgele yeniden örneklemeinde tekrar tekrar hesaplandığı bir teknik olan bootstrap (ön yükleme) yöntemi kullanılmıştır.[3] [5]

Sonuç olarak WASP-104 b'nin frekans analizinde bulunan 10.80 günlük dönem herhangi bir anlam ifade etmemektedir, çünkü FAP çok yüksek değerdedir ( % 20,09). Önceki çalışmalarda da belirgin transit zaman değişimi (TTV) bulgusuna rastlanılmamıştır. Bu kaynak ile ilgili dönem değişiminin izlenebilmesi için daha fazla veriye ihtiyaç vardır.

## Kaynakça

- [1] Exoplanet Transit Database. Ötegezegenlerin literatürdeki o-c analizleri, 2024.
- [2] ExoMAST. Ötegezegen arama, 2024.
- [3] Derya OÇLAKKAYA. XO-2b ve QATAR-3b ÖTEGEZEGENLERİN GEÇİŞ ZAMANLARININ İNCELENMESİ. Master's thesis, Çukurova Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Astronomi ve Astrofizik Anabilim Dalı / Yüksek Lisans, 2023.
- [4] E Sonbas, N Karaman, A Özdönmez, H Er, K S Dhuga, E Göğüş, I Nasiroglu, and M Zejmo. Probing transit timing variations of three hot jupiters: Hatp-36b, hatp-56b, and wasp-52b. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509(4):5102–5116, November 2021.
- [5] Jacob T. VanderPlas. Understanding the lomb-scargle periodogram. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 236(1):16, May 2018.
- [6] Ankara Üniversitesi. O-c analiz yöntemleri, 2024.

