

## FARKLI MORFOLOJİLERE SAHİP KEPLER IŞIK EĞRİLERİ

**Ekrem Murat ESMER<sup>1</sup>, Selim O. SELAM<sup>2</sup>, Cihan Tuğrul TEZCAN<sup>3</sup>,  
İbrahim ÖZAVCI<sup>4</sup>, Özgür BAŞTÜRK<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara  
(e-posta: [ekremmuratesmer@gmail.com](mailto:ekremmuratesmer@gmail.com))

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, 06837 Ahlatlıbel, Ankara

(e-posta: [selim.selam@science.ankara.edu.tr](mailto:selim.selam@science.ankara.edu.tr))

<sup>3</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara  
(e-posta: [c.tugrultezcan@gmail.com](mailto:c.tugrultezcan@gmail.com))

<sup>4</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara  
(e-posta: [ozavci@gmail.com](mailto:ozavci@gmail.com))

<sup>5</sup> Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi, 06837 Ahlatlıbel, Ankara

(e-posta: [obasturk@ankara.edu.tr](mailto:obasturk@ankara.edu.tr))

**Özet:** Otomatik indirgeme algoritmalarıyla elde edilen KEPLER ışık eğrilerinin, farklı amaçlara yönelik fotometrik çalışmalarda kullanılabilmesi için, yeniden indirgeme ve düzeltme işlemlerinin yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, PyRAF'ın PyKE task'ı kullanılarak, KEPLER uzay teleskobuyla elde edilen farklı morfolojilere sahip ışık eğrileri üzerinde uygulanması gerekli işlemler ve giderilmesi gereken etkiler irdelendi.

### 1. Giriş

KEPLER uzay aracının asıl amacı, transit yani geçiş yöntemi ile Dünya benzeri öte-gezegenleri keşfetmek olsa da bu görev esnasında bir çok yan ürün elde edilmektedir. KEPLER uzay aracı, Kuğu-Çalgı (Cygnus-Lyra) takımyıldızları civarında, yıldızların oldukça yoğun bulunduğu bir bölgeye yöneltilmiştir. KEPLER teleskobu, gördüğü ~10x10 derece-karelik alanda, yaklaşık 160.000 tane yıldızın sürekli fotometrik verisini kaydetmektedir. Bu yıldızlar içerisinde birçok değişen yıldız türüne ait yıldız da yer almaktadır. Ham KEPLER verileri 3 ana adımda işlenerek (Kalibrasyon" (Calibration-CAL), "Fotometrik Analiz" (Photometric Analysis-PA) ve "Analiz Öncesi Veri Hazırlama" (Pre-Search Data Conditioning-PDC) zamana bağlı fotometrik veriye, yani ışık eğrilerine dönüştürülür. Otomatik işleyen bu algoritmalar, geçiş yöntemiyle öte-gezegen belirlemek için geliştirilmiş olduğundan, aletsel ve sistematik hataları ayıklarken bazı astrofiziksel sinyalleri de ortadan kaldırmakta ve veri üzerinde istenmeyen değişimlere yol açabilmektedir. Işık şiddeti değişimi gösteren yıldızların Kepler veri analiz modülleri ile elde edilen ışık eğrilerinde gözlenen değişimlerin kaynağı belirlenememekte, aletsel ve sistematik hatalarla astrofizik süreçler sonucu oluşan değişimler birbirine karışabilmektedir. Bu durum, farklı türden ışık değişimleri gösteren yıldızlara ilişkin Kepler ışık eğrilerinin analizinde ele alınan türe özgü, farklı veri işleme süreçlerinin takip edilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, bu süreçlere ilişkin adımlar tanımlanarak, farklı morfolojilerdeki ışık eğrileri için uygulamaları gerçekleştirildi.

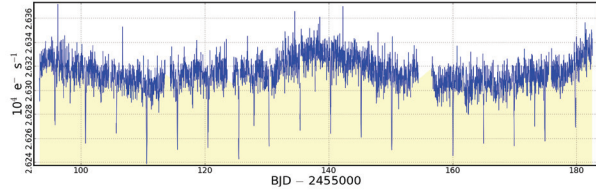
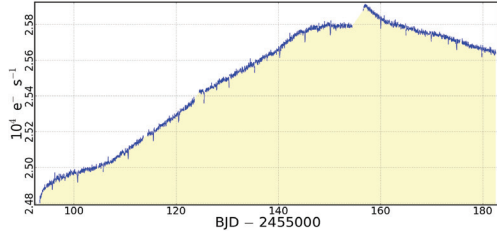
### 2. PyKE

PyKE, KEPLER'in ham verilerinin (Simple Aperture Photometry - SAP), ilgili cisimlerin karakteristiklerine göre yeniden işlenmesi için Python bilgisayar dilinde geliştirilmiş bir

PyRAF paketidir. PyKE, kullanıcının bilimsel hedeflerine göre alternatif veri indirgeme yöntemlerini destekleyen açık kaynak kodlu bir projedir.

### 3. KIC 2449074

Bu sistemin, KEPLER ham (SAP) ışık eğrisi üzerinde bazı düzensiz değişimler üzerinde tutulma benzeri yapılar görülmektedir (Şekil 1) . Bazı sistematik ve aletsel hataların düzeltildiği otomatik indirgeme sonrasında verilen PDC ışık eğrisinden de (Şekil 2) görüldüğü gibi bu işlem bazı hataları tamamen arındıramamaktadır.

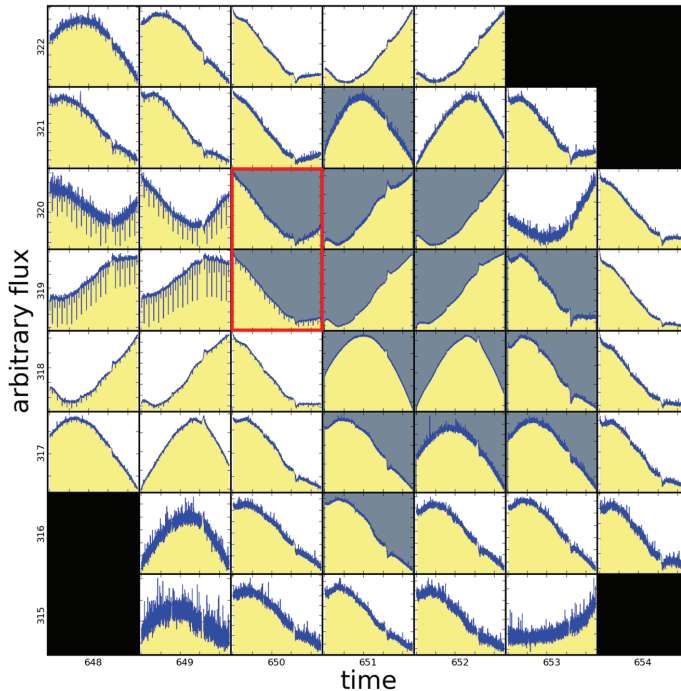


Şekil 1: KIC 2449074 yıldızının KEPLER ham ışık eğrisi.

Şekil 2: KIC 2449074 yıldızının KEPLER PDC ışık eğrisi.

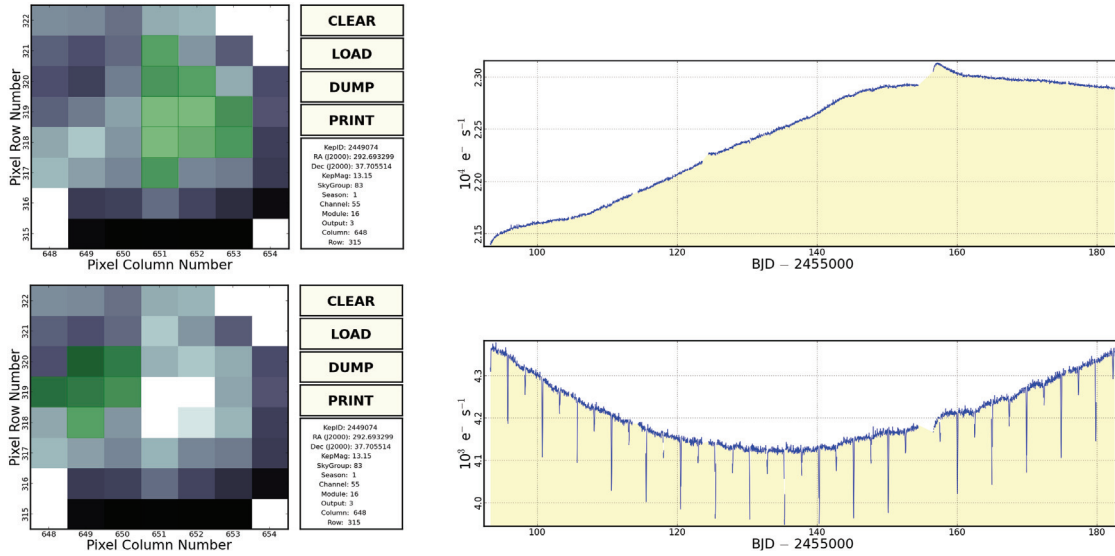
Şekil 2’de görülen uzun dönemli değişimin, aletsel etkilerden mi yoksa ölçüm açıklığı içerisine düşen farklı bir cismin ışık katkısından mı kaynaklandığı ayırt edilmelidir. Bu amaçla aşağıdaki işlemler gerçekleştirildi.

- i) Ölçüm açıklığı içine ikinci bir cisim girip girmediğini anlayabilmek için keppixseries task’ı kullanılarak yıldız verisindeki her pikselin akı değerleri zamana göre çizdirildi. Şekil 3’deki gri kareler varsayılan ölçüm açıklığını göstermektedir. Tutulmaya ilişkin yapı, ölçüm açıklığı içerisinde sadece kırmızı dikdörtgen ile gösterilen piksellerden kaynaklanmaktadır. Burdan anlaşılmaktadır ki yıldız verisi içerisinde iki farklı cismin etkisi bulunmaktadır.

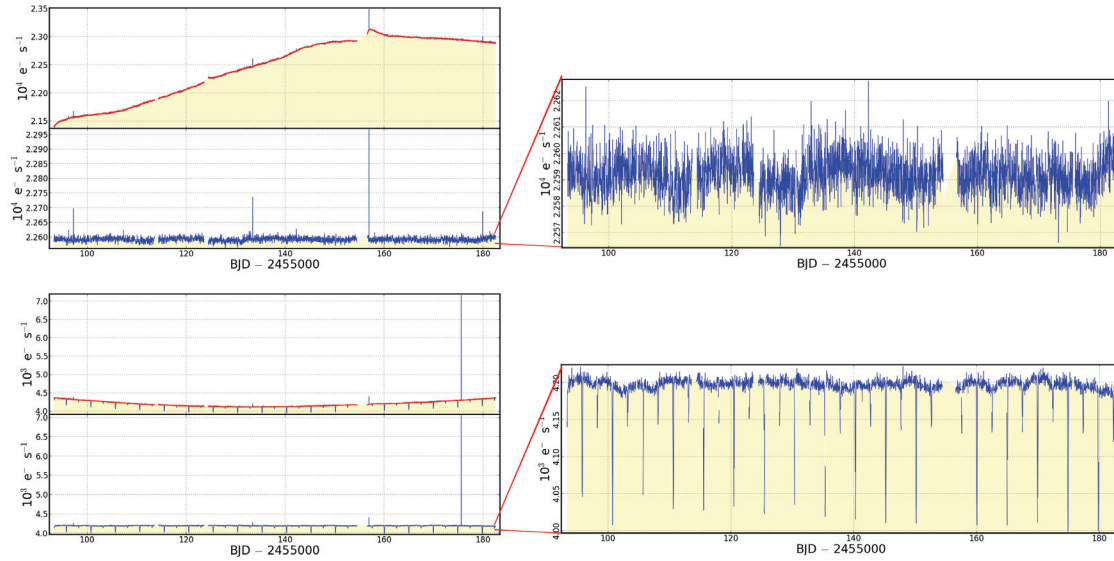


Şekil 3: keppixseries ile elde edilen her pikselin ışık eğrileri.

ii) kepmask task'ı ile bu iki cisme ait ölçüm açıklıkları yeniden belirlendi ve kepxtract task'ı ile her iki cisim için ışık eğrileri ayrı ayrı elde edildi. (Şekil 4)



Şekil 4: kepmask ile belirlenen birinci açıklık (sol üst), kepxtract ile çizdirilen ışık eğrisi (sağ üst). kepmask ile belirlenen ikinci açıklık (sol alt), kepxtract ile çizdirilen ışık eğrisi (sağ alt).

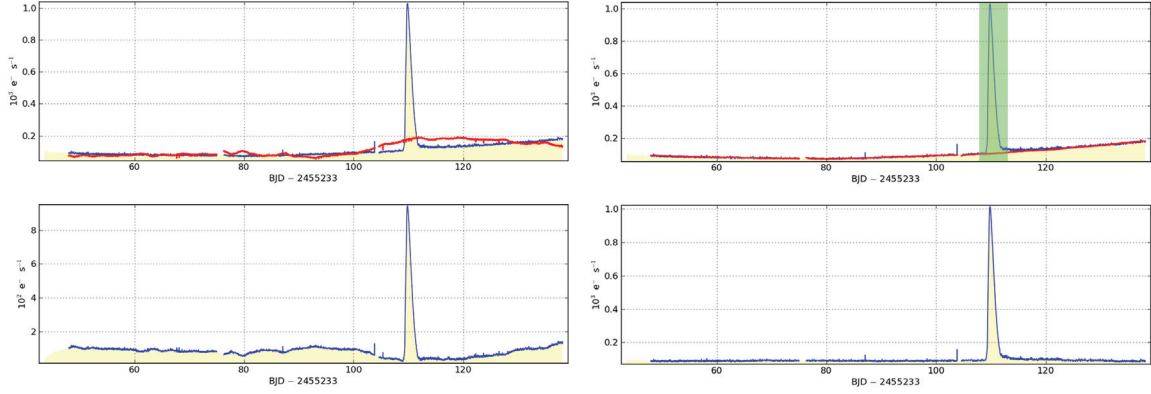


Şekil 5: KIC 2449074 ve KIC2 449074 yıldızlarının kepcotrend fiti (kırmızı eğri) kullanılarak (sol panel) elde edilen ışık eğrileri (sağ panel) .

iii) KEPLER verilerindeki aletsel ve sistematik etkilerin giderilebilmesi için KEPLER ekibi tarafından kullanılması önerilen Cotrend Basis Vectors (CBVs) verileri kepcotrend task'ı ile kullanıldı (Şekil 5 sol panel). Elde edilen sonuç ışık eğrileri ise sağ panelde verilmiştir. Şekil 5 sağ alt panlede verilen örten çift sistem KIC2 449074 olarak yeniden isimlendirilmiştir. Böylelikle başlangıçta tek bir yıldız olarak kataloglanan KIC 2449074 yıldızının ışık eğrisinin iki farklı kaynaktan oluştuğu gösterildi.

### 3. KIC 5110407

Keptrend task'ı ile sistematik ve aletsel hatalar düzeltilirken (cotrending), patlama gibi ani ve yüksek genlikli ışık değişimleri, işlemlerin sağlıklı yapılmasını engellemektedir (Şekil 6).



Şekil 6: *keprange* task'ı ile maskeleme işlemi gerçekleştirilmeden yapılan cotrend işlemi (sol üst panel) ve işlem sonucu elde edilen ışık eğrisi (sol alt panel). Ani ışık değişiminin olduğu bölgenin *keprange* task'ı ile maskeleme işlemi uygulanarak yapılan cotrend işlemi (sağ üst panel) ve işlem sonucu elde edilen ışık eğrisi (sağ alt panel).

### 4. Sonuç

KEPLER ışık eğrilerinin sistematik ve aletsel hatalarını gidermek için geliştirilmiş olan PDC modülü farklı morfolojilere sahip ışık eğrileri için istenilen sonucu veremediği durumlar bulunmaktadır. PDC modülünün yeni algoritmalarının sunulacağı SOC 8.0 versiyonunun bu problemleri gidereceği planlanmaktadır. (Martin C. Stumpe vd. 2012). Ancak bu versiyonun tümüyle kullanıma açılmasına kadar, bu çalışmada uygulanan indirgeme ve düzeltme adımları uygulanabilir (K. Kinemuchi, 2012)

### 5. Kaynaklar

Kinemuchi, K., Barclay, T., Fanelli, M. vd., 2012, arXiv:1207.3093v1  
Stumpe, M. C., Smith, J. C., Van Cleve, J. E., vd., 2012, arXiv:1203.1382