

Ötegezegen geçiş ışık eğrilerinin

WinFitter ile analizi

A. Erdem, E. Budding, M.D. Rhodes, Ç. Püsküllü,
F. Soyduğan, E. Soyduğan, M. Tüysüz, O. Demircan

- WinFilter yazılımı, ILOT (ya da diğer adıyla CURVEFIT) yazılımından türetilmiş bir programdır. ILOT (Information Limit Optimization Technique), özellikle RS CVn türü çift yıldızlarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (bkz. Budding & Zeilik, 1987). Aslında, ILOT, iki işleve sahiptir: bir örten çift yıldızın ışık eğrisini gözlemek ve yıldız lekelerini modellemek.

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 319:827–835, 1987 August 15
© 1987. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.

AN ANALYSIS OF THE LIGHT CURVES OF SHORT-PERIOD RS CANUM VENATICORUM STARS: STARSPOTS AND FUNDAMENTAL PROPERTIES

E. BUDDING

Carter Observatory, Wellington, New Zealand

AND

M. ZEILIK

Institute for Astrophysics, The University of New Mexico

Received 1986 October 1986; accepted 1987 February 2

ABSTRACT

We perform an analysis of selected light curves for the short-period RS CVn group: UV Psc, XY UMa, RT And, SV Cam, BH Vir, ER Vul, WY Cnc, and Cg Cyg. We optimize the photometric fitting parameters for the “distorted” light curves in order to derive the maculation wave for each system. We then fit a dark circular spot model to the maculation wave to infer the longitudes and sizes of one or two spot groups presumed to account for these effects. Using these spot properties, we “clean” the original light curves of their distortion waves and find new, optimal solutions, which give the adopted geometrical, orbital, and physical parameters for the stars of these systems, which fall on the lower end of the main sequence. We conclude that the secondary stars in these systems are all main sequence rather than subgiants typical for RS CVn binaries.

Subject heading: stars: binaries

- **ILOT** programı, ötegezegenlerin geçiş (transit) ışık eğrilerini analiz etmek amacıyla, ilk olarak, **WinKepler** adı altında bir fit programına dönüştürülmüştür.
- **WinKepler**, 16 tane Kepler ötegezegen adayının geçiş ışık eğrilerine uygulanmıştır; sonuçlar, Rhodes & Budding (2014) tarafından yayınlanmıştır.

Astrophys Space Sci (2014) 351:451–471
DOI 10.1007/s10509-014-1822-1

ORIGINAL ARTICLE

Analysis of selected Kepler Mission planetary light curves

M.D. Rhodes • E. Budding

- WinKepler yazılımı, özellikle Doppler far etkisini (Doppler beaming effect) modelleyecek şekilde geliştirildi ve yeni biçimine WinFilter adı verildi.



Living Together: Planets, Host Stars, and Binaries

ASP Conference Series, Vol. 496

Slavek M. Rucinski, Guillermo Torres, and Miloslav Zejda, eds.

©2015 Astronomical Society of the Pacific

Analysis of Exoplanet Light Curves

A. Erdem¹, E. Budding^{1,2,3,4}, M. D. Rhodes⁵, Ç. Püsküllü¹, F. Soyduğan¹,
E. Soyduğan¹, M. Tüysüz¹, and O. Demircan¹

¹*Astrophysics Research Centre and Observatory, Çanakkale Onsekiz Mart University, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Çanakkale, Turkey; aerdem@comu.edu.tr*

²*Carter Observatory, PO Box 893; ³SCPS, Victoria University, PO Box 600, Wellington; ⁴Department of Physics and Astronomy, University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch 8140, New Zealand; ed.budding@gmail.com*

⁵*Department of Ancient Scripture, Brigham Young University, Provo, Utah 84602, USA; michael.rhodes@comcast.net*

Abstract. We have applied the close binary system analysis package WinFITTER to a variety of exoplanet transiting light curves taken both from the NASA Exoplanet Archive and our own ground-based observations. WinFITTER has parameter options for a realistic physical model, including gravity brightening and structural parameters derived from Kopal's applications of the relevant Radau equation, and it includes appropriate tests for determinacy and adequacy of its best fitting parameter sets. We discuss a number of issues related to empirical checking of models for stellar limb darkening, surface maculation, Doppler beaming, microvariability, and transit time variation (TTV) effects. The Radau coefficients used in the light curve modeling, in principle, allow structural models of the component stars to be tested.

Photometric Study of Hot Jupiters: WASP-10 b and HAT-P-36 b

Ç. Püsküllü^{1,2}, F. Soyduğan^{1,2}, A. Erdem^{1,2}, E. Budding^{3,4}, E. Soyduğan^{1,2},
M. Tüysüz^{1,2}, M. Rhodes⁵, and O. Demircan^{1,2}

¹*Çanakkale Onsekiz Mart University, Physics Department, Çanakkale, Turkey;*
cpuskullu@comu.edu.tr

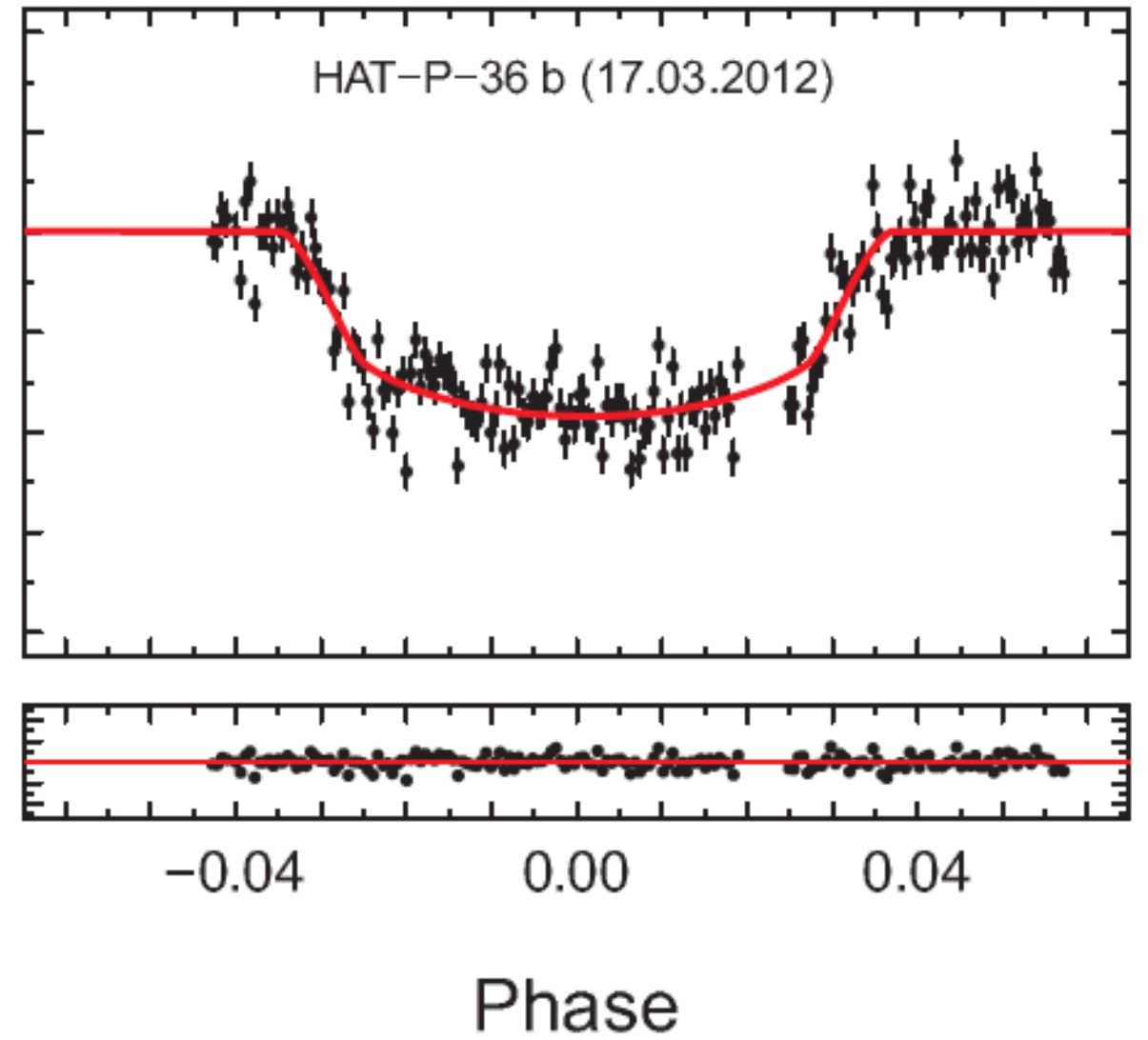
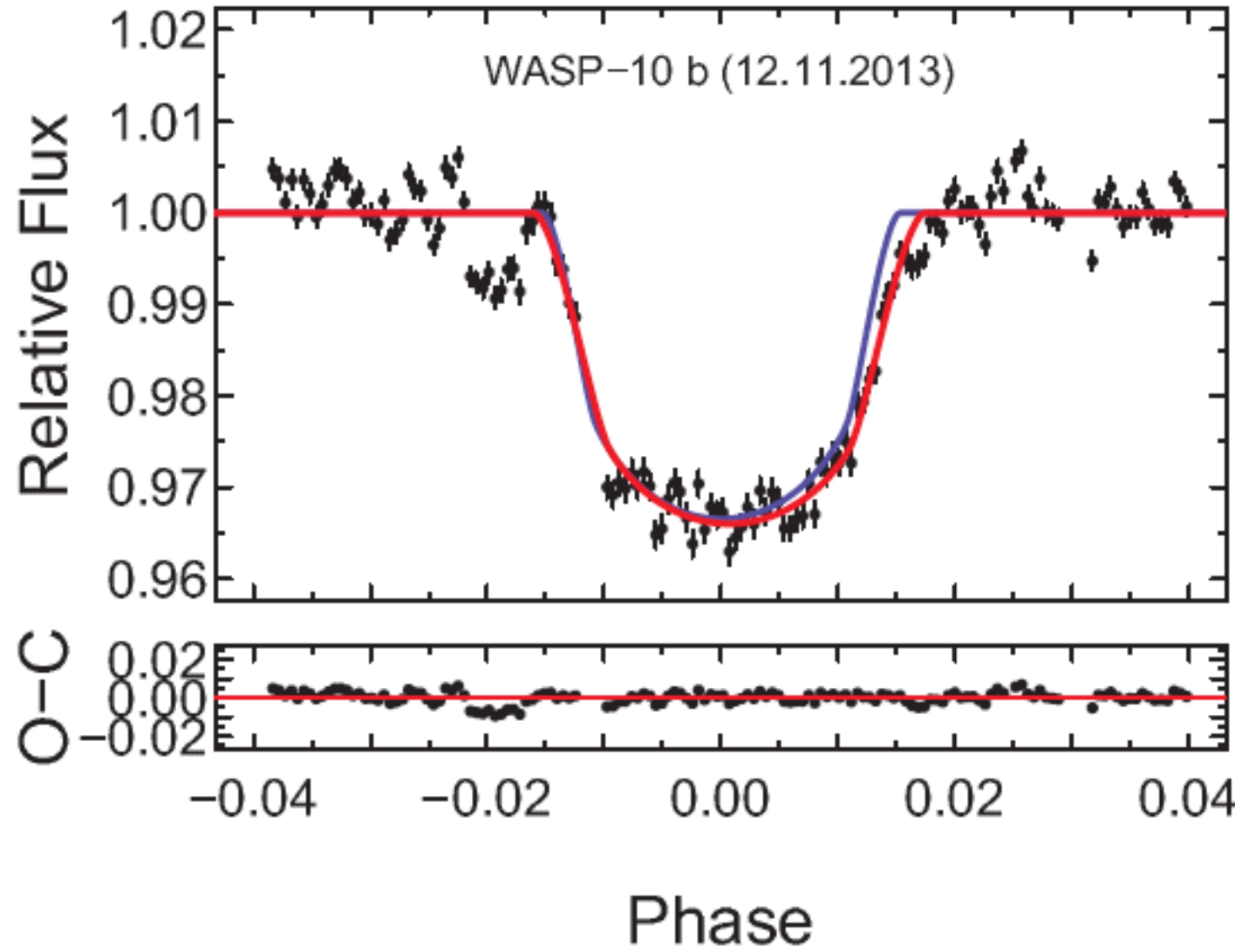
²*Çanakkale Onsekiz Mart University Observatory, Çanakkale, Turkey*

³*Carter Observatory, New Zealand*

⁴*Dept. of Physics & Astronomy, University of Canterbury, New Zealand*

⁵*Department of Ancient Scripture, Brigham Young University, Utah, USA*

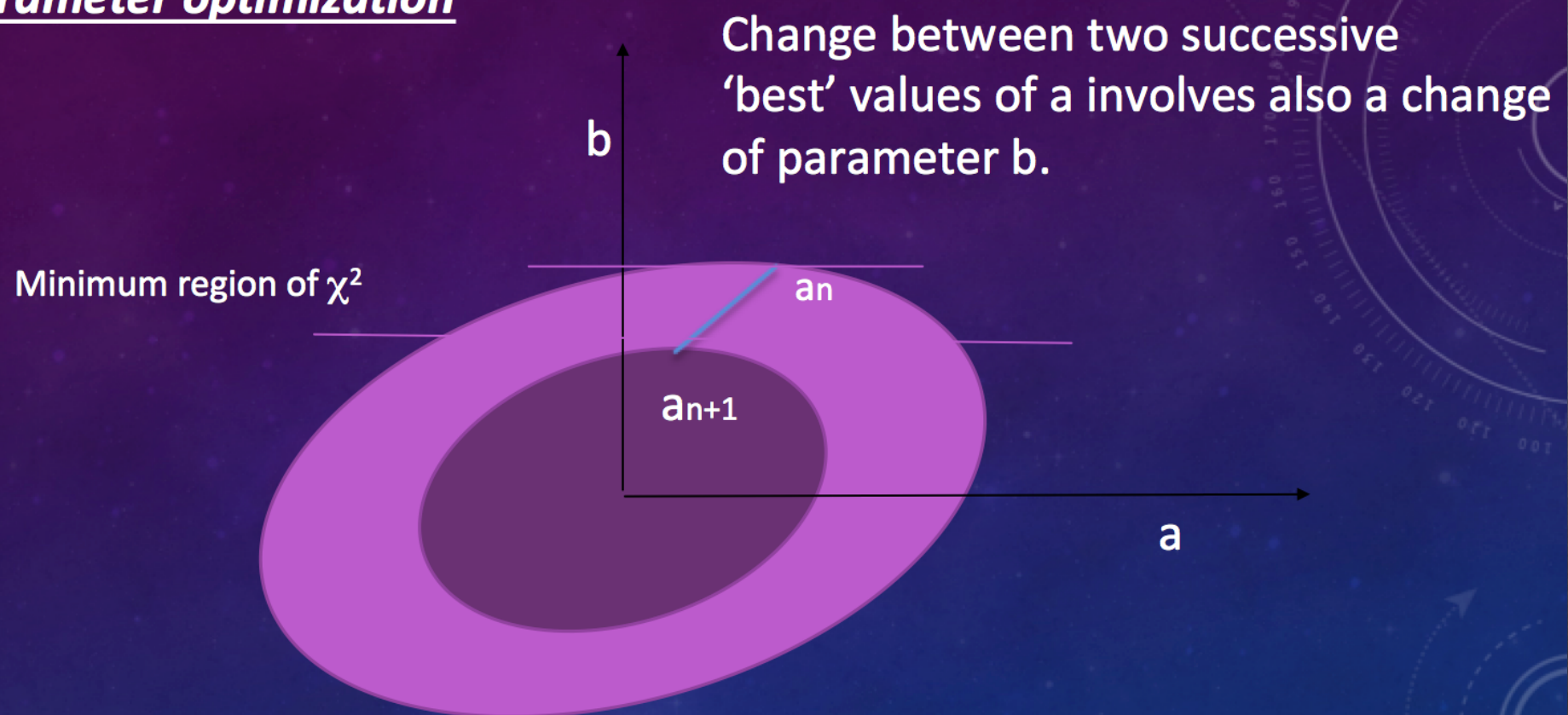
Abstract. This work presents preliminary results of WINFITTER analyses of photometric observations of two hot Jupiters, WASP-10 b and HAT-P-36 b. According to these results, HAT-P-36 b has mean radius of $R_p = 1.40 \pm 0.25 R_{\text{Jup}}$, and transit parameter $b = 0.44 \pm 0.09$. WASP-10 b shows some additional variations, and we therefore preferred to model its transit light curve with and without probable spot variations.



WASP-10b ve HAT-P-36b ötegezegenlerin, ÇOMÜG'de 60-cm Cassegrain teleskopu ve SBIG STL-1001E CCD kamera kullanılarak, R filtresinde elde edilen transit ışık eğrileri ve WinFilter modelleri. WASP-10b ötegezegenin geçiş ışık eğrisinde **leke modeli** kullanılarak çıkış omuzundaki asimetri giderilmiştir.

- **WinFitter** yazılımında, en küçük ki-kare değerini bulmak için yapılan iterasyonlarda, serbest bırakılan parametrelerde eşzamanlı iyileştirmeyi bulmak için **Marquardt-Levenberg yöntemi** kullanılır. Bu yöntemle ki-kare gözüm uzayında optimal sonuç için **Hessian hata matrisleri** hesaplanır. En iyi gözüm için χ^2/ν değeri kullanılır (ki burada ν , veri setinin serbestlik derecesi sayısıdır) ve 1'e yakın olması beklenir.

General parameter optimization



In other words, a given (small) improvement by changing a can be produced also by changing b

Parameter values are inter-correlated

• ki-kare,

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(l_{o,i} - l_{c,i})^2}{\Delta l_i^2}$$

olarak tanımlanır (Bevington, 1969).

Burada, $l_{o,i}$ ve $l_{c,i}$, verilen bir evrede gözlenen ve hesaplanan ışık akı değerleridir; Δl_i , gözlemsel $l_{o,i}$ 'nin hata değeridir.

- WinFilter yazılımında, eşpotansiyel yüzey tanımları kullanılarak; dönme (rotation) ve gel-git (tidal) tedirginlikleri altında bozunmuş cismin biçimini bulmak için klasik yaklaşım takip edildi.
- Eşpotansiyel yüzeyleri tanımlamak için küresel harmonik seriler kullanılır. Küresel harmonik serilerde terimlerin katsayılarını hesaplamak için **Clairaut teoremi** (Pressley, 2001) izlendi.
- Öte yandan dönme ve gel-git altında bozunmuş biçim hesabında Kopal (1959) tarafından **Radau denklemi** adı verilen 1. mertebeden diferansiyel denklemin nümerik açılımı kullanıldı.

THE INTERNATIONAL ASTROPHYSICS SERIES

VOLUME FIVE

Close Binary Systems

ZDENĚK KOPAL

*Professor of Astronomy
University of Manchester*

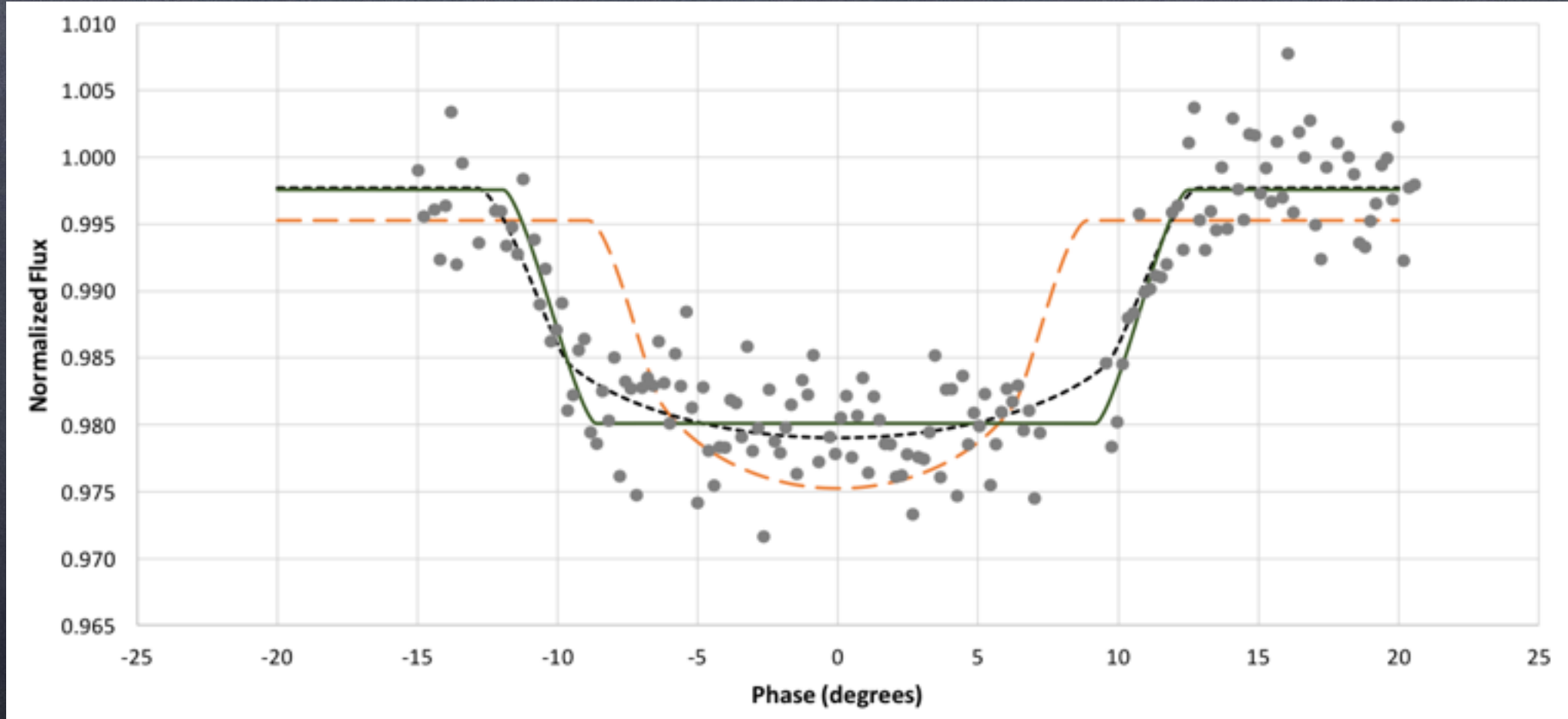
NEW YORK
JOHN WILEY & SONS INC.
440 FOURTH AVENUE
1959

-WinFitter yazılımında, gezegen geçiş ışık eğrisi modellenirken 14 bağımsız parametre kullanılır:

- (i) U , 1'e normalize edilmiş ışık eğrisinin tutulmalar dışındaki akı düzeyinin ortalama değeri,
- (ii) L_s , yıldızın kesirsel ışıması (L_s 'in genelde U 'ya yakın olması beklenir),
- (iii) k , gezegen yarıçapının yıldız yarıçapına oranı,
- (iv) u_s , yıldız diski için kenar-kararma katsayısı,
- (v) $\Delta\phi_0$, evre kayması,
- (vi) r_s , yıldızın kesirsel yarıçapı,
- (vii) i , yıldız-gezegen sisteminin yörünge eğikliği,
- (viii) e , yıldız-gezegen sisteminin yörünge dışmerkezliği,
- (ix) M_0 , sıfır evredeki ortama ayıklık açısı,
- (x) q , gezegenin kütesinin yıldızın kütesine oranı,
- (xi) T_s , yıldızın etkin sıcaklığı,
- (xii) T_p , gezegenin yüzey sıcaklığı,
- (xiii) λ_{eff} , gözlemin yapıldığı filtrenin etkin dalgaboyu ve
- (xiv) E_p , gezegen için ışınım yansımaya (albedo) katsayısı.

Yıldız Diskinin Kenar Kararması

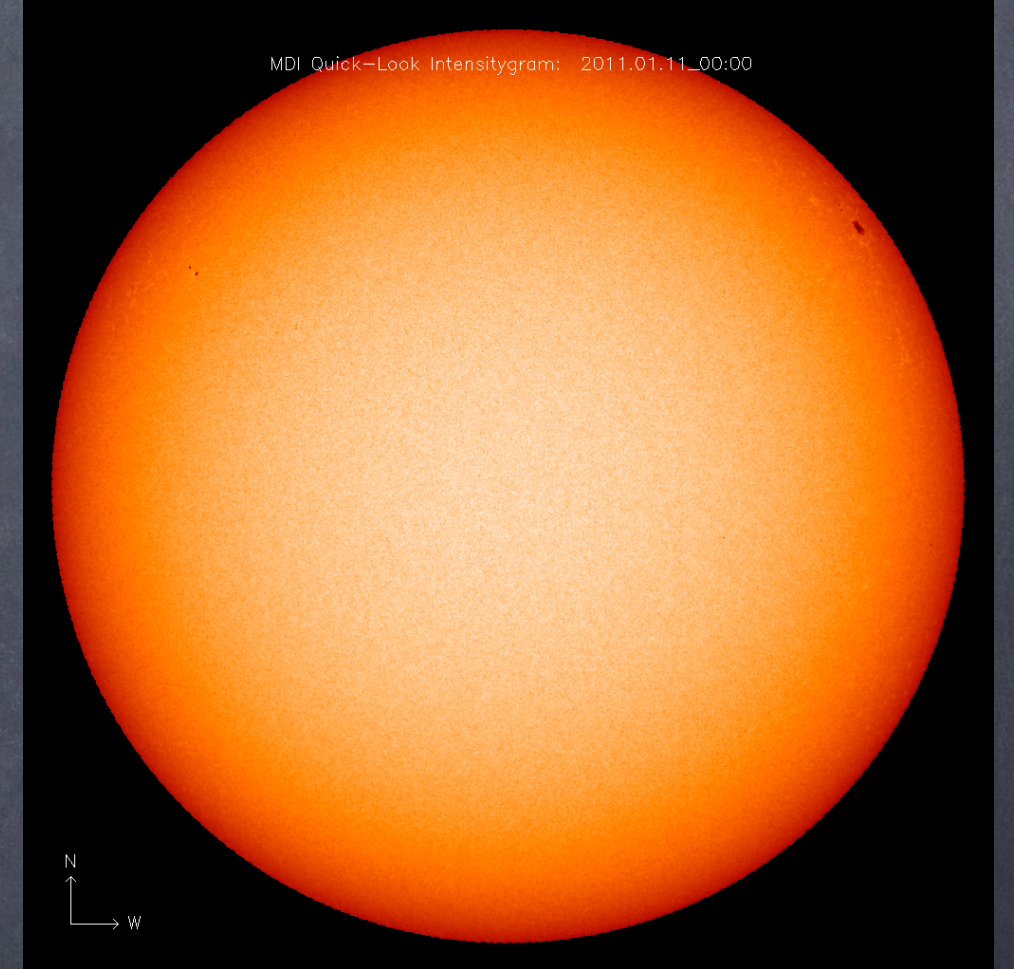
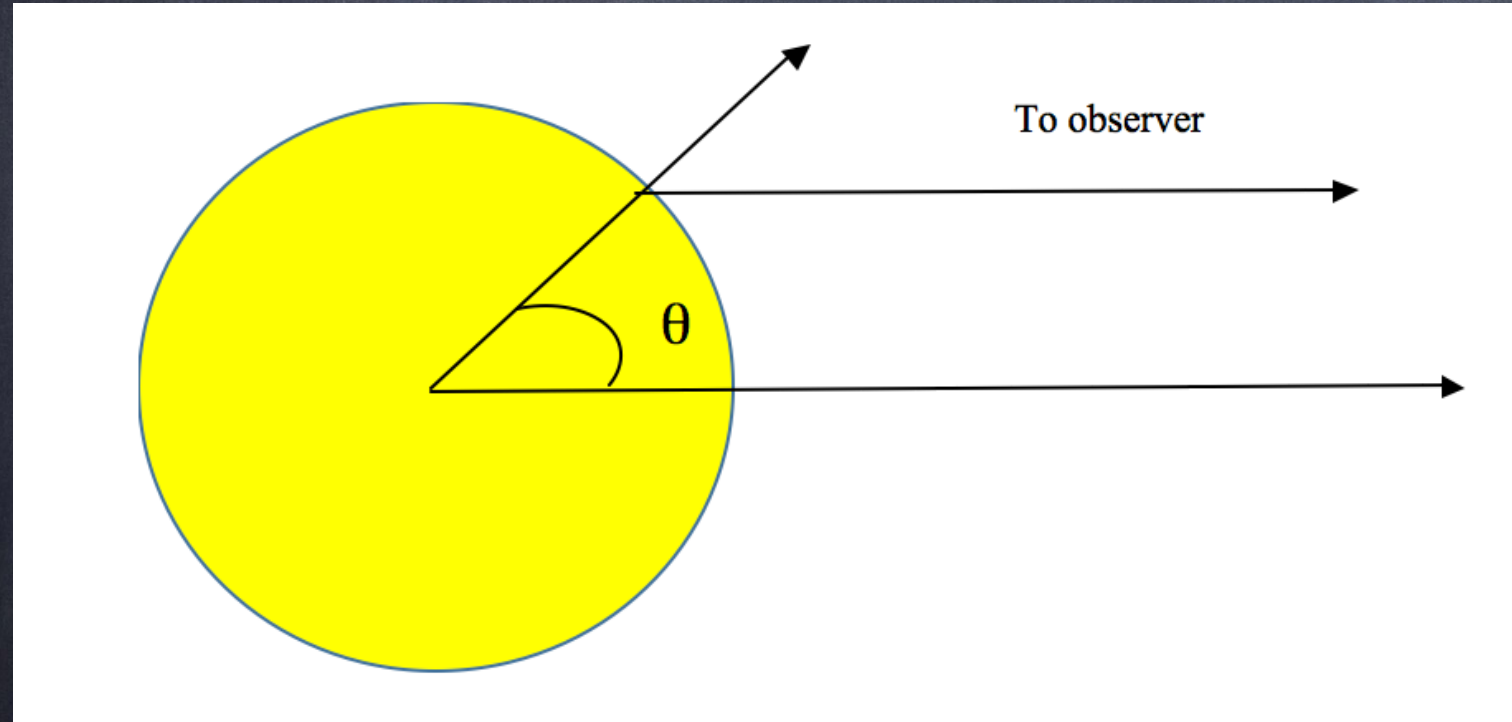
- Ötegezegen geçiş ışık eğrisinde tutulmanın derinliğini belirleyen en önemli parametre, gezegen yarıçapının yıldız yarıçapına oranıdır. Kenar kararması, geçiş eğrisinin derinliğine etkiyen ikinci parametredir; aynı zamanda geçiş eğrisinin biçimine de belirler.



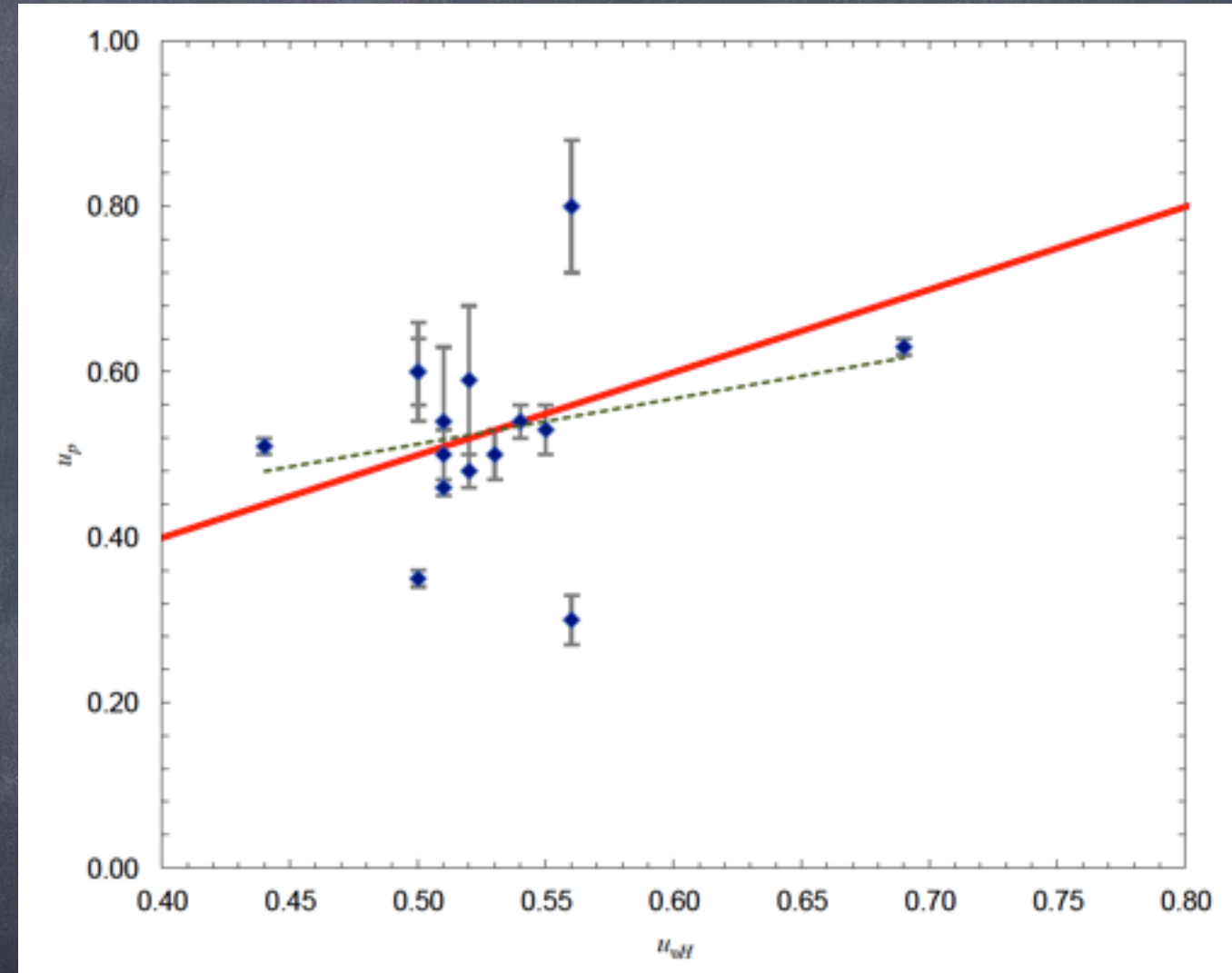
HAT-P-36b ötegezegeninin ÇOMÜG'de 17.03.2012'de R filtresinde yapılan gözlemleri. Lineer kenar-kararma katsayısı için kullanılan 0.0, 0.60 ve 1.0 kuramsal değerleriyle yapılan üç farklı fit.

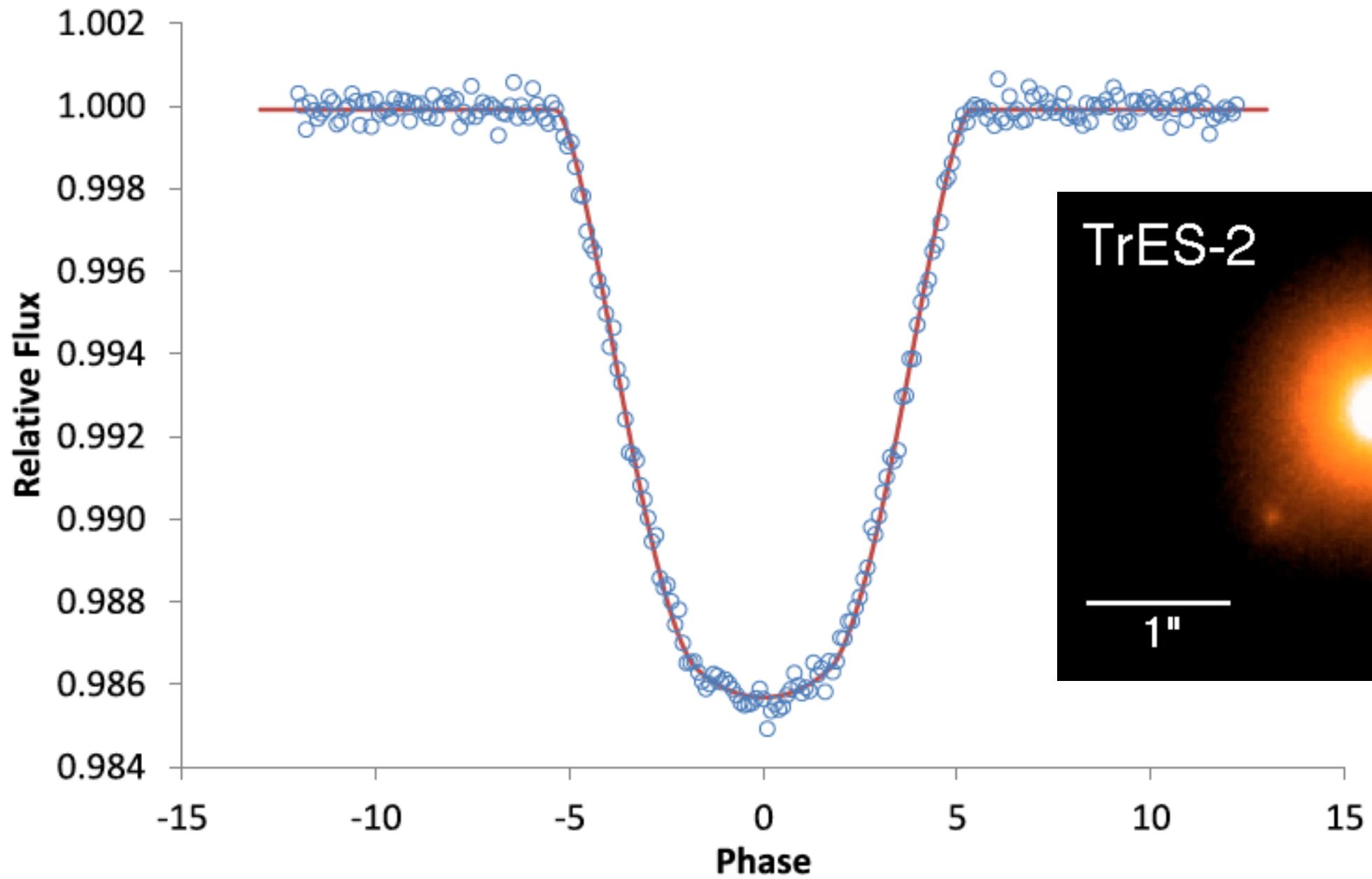
İlk kez Bouguer (1729) tarafından kayıt altına alınan yıldız diskinin kenar-kararma yasasının genel -kosinüslü-biçimi;

$$I(\theta) = I(0) (1 - u + u \cos \theta)$$

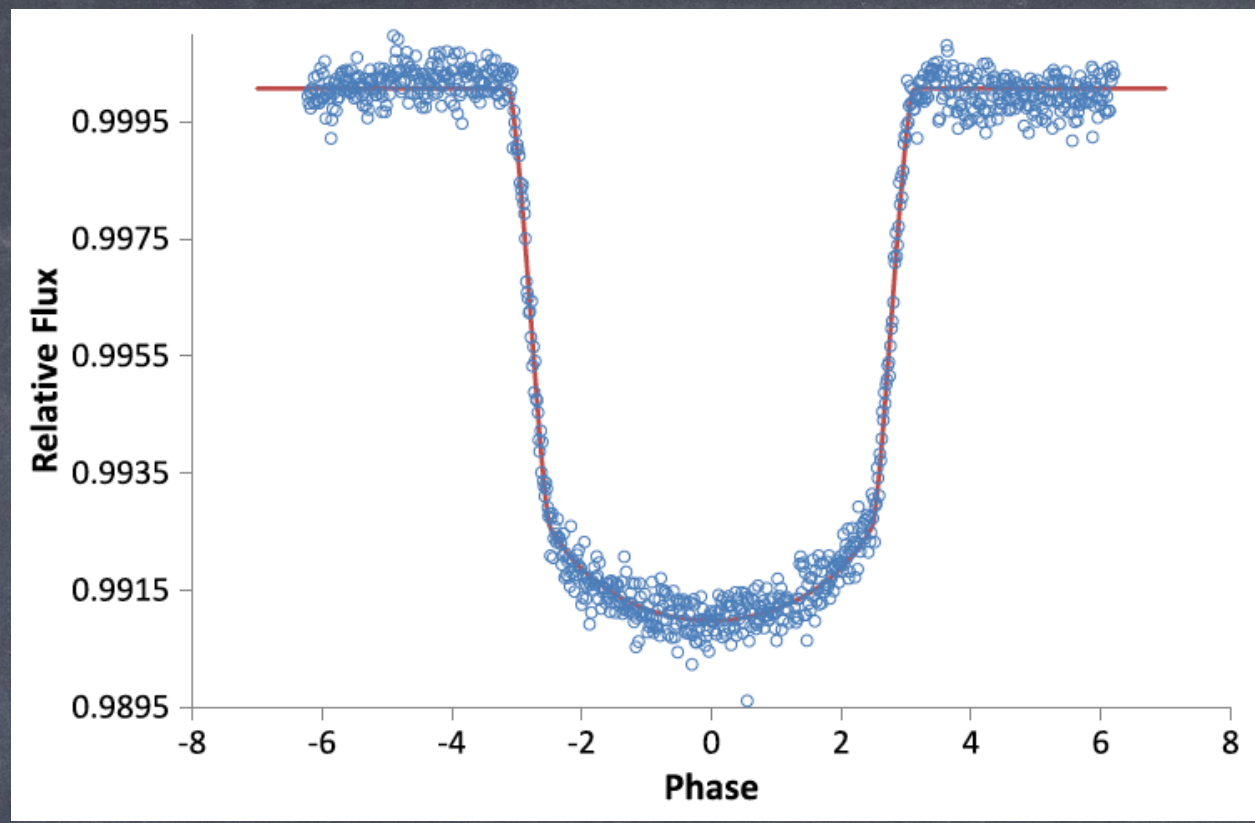


- Geçiş ışık eğrilerinde kenar-kararma etkisini tartışmak için en uygun gözlemler, yüksek duyarlıklı uydu gözlemleridir.
- Bunun için 16 Kepler ötegezegenin geçiş ışık eğrileri ele alındı (Rhodes & Budding 2014). Yapılan fitlerde kuramsal değerleri gözlemlerden elde edilen değerlerle karşılaştırabilmek için iterasyonlarda kenar-kararma katsayıları serbest bırakılmıştır.
- Böylece lineer kenar-kararma katsayıları için, Van Hamme (1993)'ün tablolarından hesaplanan kuramsal değerler ile geçiş ışık eğrilerinin fitlerinden çıkarılan gözlemsel değerlerin karşılaştırması verilmektedir.
- Çoğu ötegezegenin geçiş ışık eğrileri için gözlemsel kenar-kararma katsayı değerleri, kuramsal değerlere yakın çıkmıştır.





Kepler-1 (KOI-1) sistemi, gezegenin etrafında dolandığı bir G0 yıldızından ve K4.5-K6 kırmızı cücesinden oluşmaktadır (Daemgen et al., 2009). **Kepler-1b** ötegezegenin geçiş ışık eğrisi için kenar-kararma katsayısının kuramsal değeri **0.56** iken gözlemsel değeri **0.80 ± 0.08** olarak bulunmuştur. Bu anormal fark, gezegenin etrafında dolaştığı yıldızın 5800 K'den çok daha soğuk bir yıldız olabileceğini göstermektedir. Belki de bu farka yıldızlararası soğurma yol açmış olabilir.



Kepler-448 (KOI-12) sistemi, bir F3V anakol yıldızından ve 10 Mj'lik maksimum kütleyle sahip bir ötegezegenden oluşmaktadır. Geçiş ışık eğrisinde Van Hamme (1993)'ün tablolarından hesaplanan kuramsal kenar-kararma katsayısı **0.50** sabit alınarak yapılan fitte kuramsal ışık eğrisi ile gözlemsel ışık eğrisi arasındaki farklar sistemik bir eğim göstermiştir. İterasyonlarda kenar-kararma katsayısı da serbest bırakıldığında kenar-kararma katsayısı için bulunan gözlemsel değer **0.35 ± 0.01** te gözümde en iyi fit olmuş ve farklardaki eğim ortadan kalkmıştır. Dolayısıyla, KOI-12'nin kuramsal kenar-kararma katsayısı hesaplanırken kullanılan NASA ötegezegen veri arşivinde bu ötegezegenin bağlı olduğu yıldızın etkin sıcaklığının muhtemelen yanlış tayin edildiğini göstermektedir. Ya da Bourrier vd. (2015)'in senaryolarına göre; KOI-12 ve KOI-12.01 aslında bir çift yıldız sistemidir ya da KOI-12'den gelen ışığa, başka bir çift yıldızın ışığı karışmaktadır ya da KOI-12 ve KOI-12.01 bir çift yıldızdır ve gelen ışığına bir üçüncü yıldızın ışığı karışmaktadır.

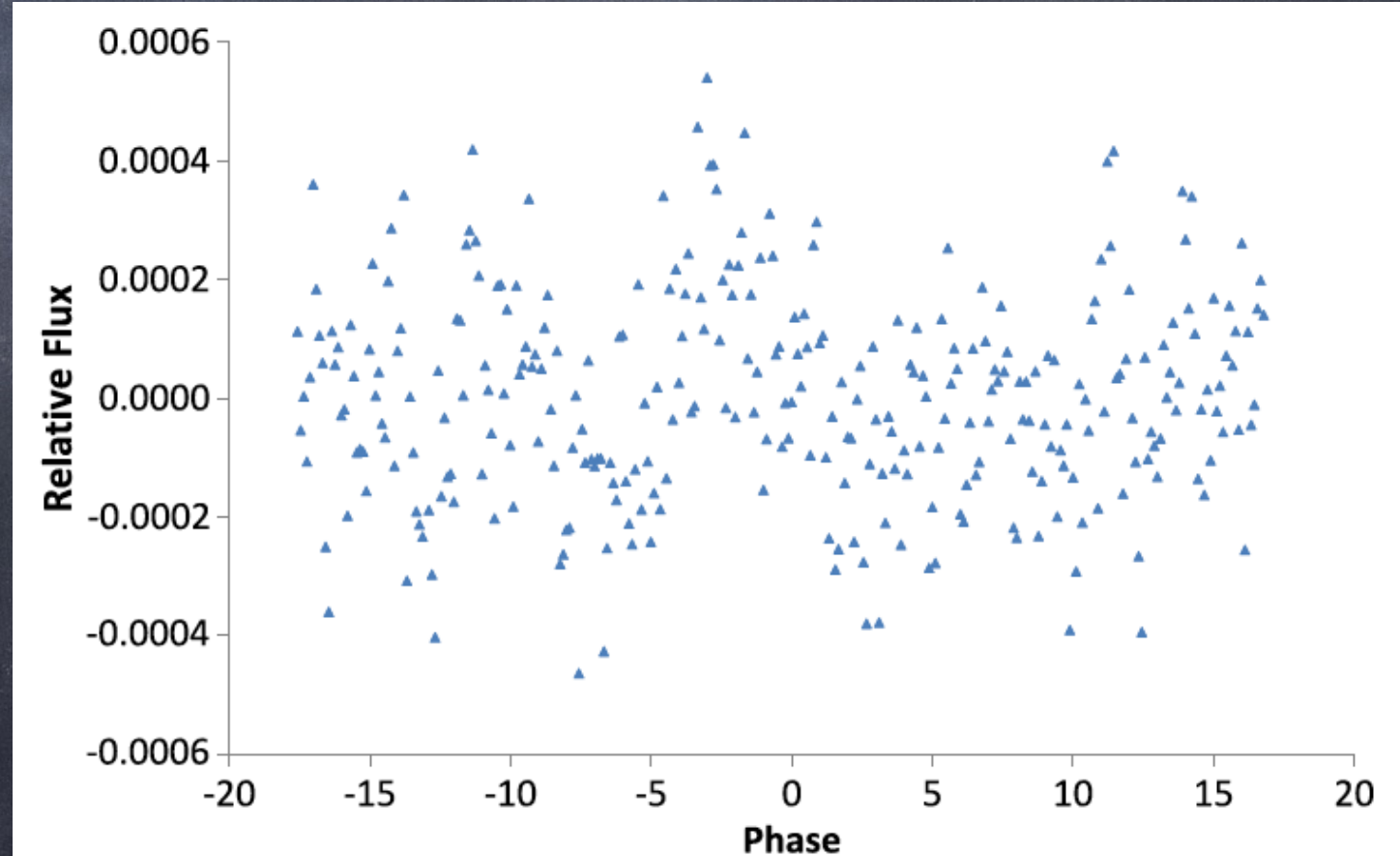
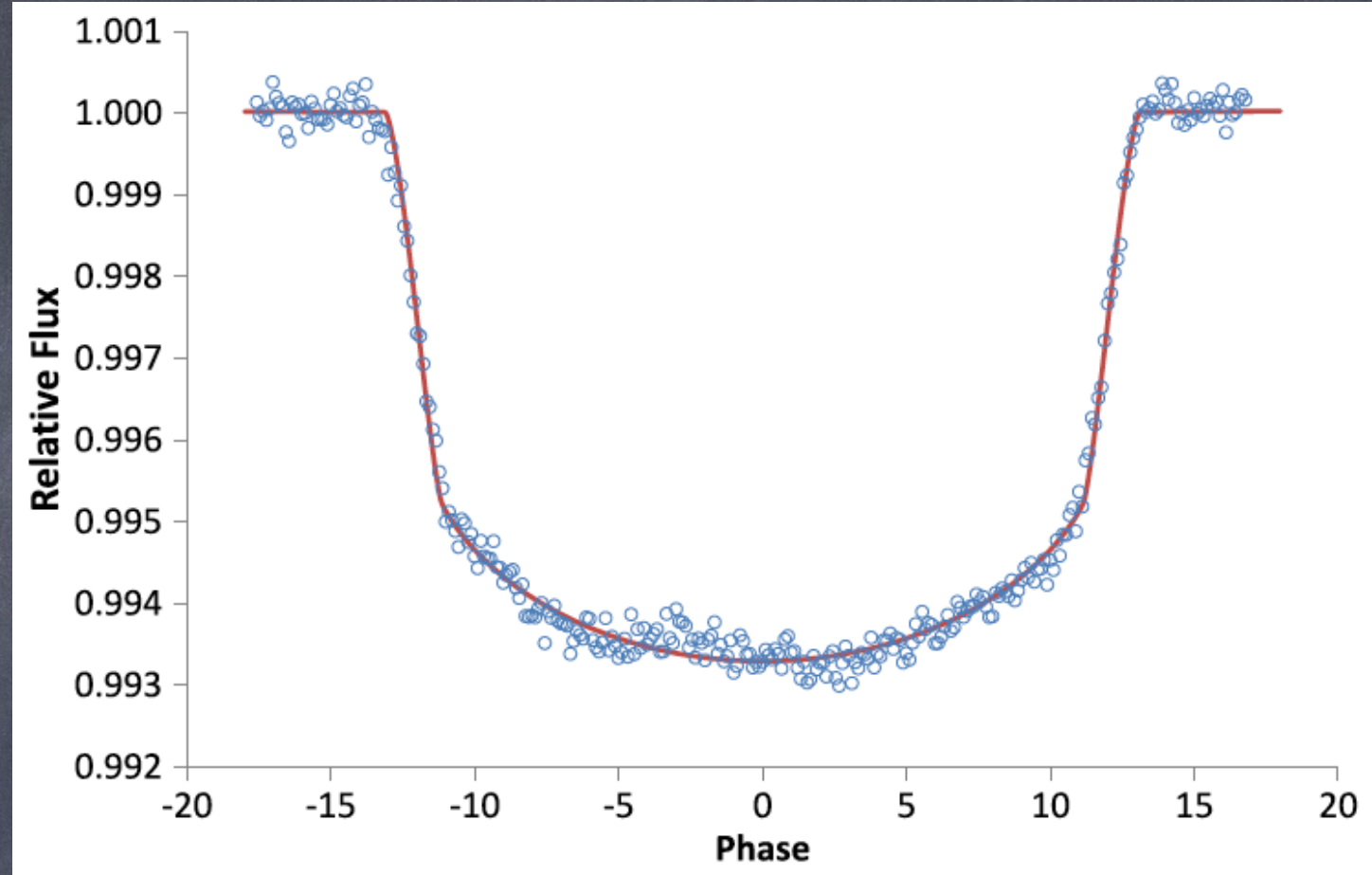


Yıldız Leke Etkisi

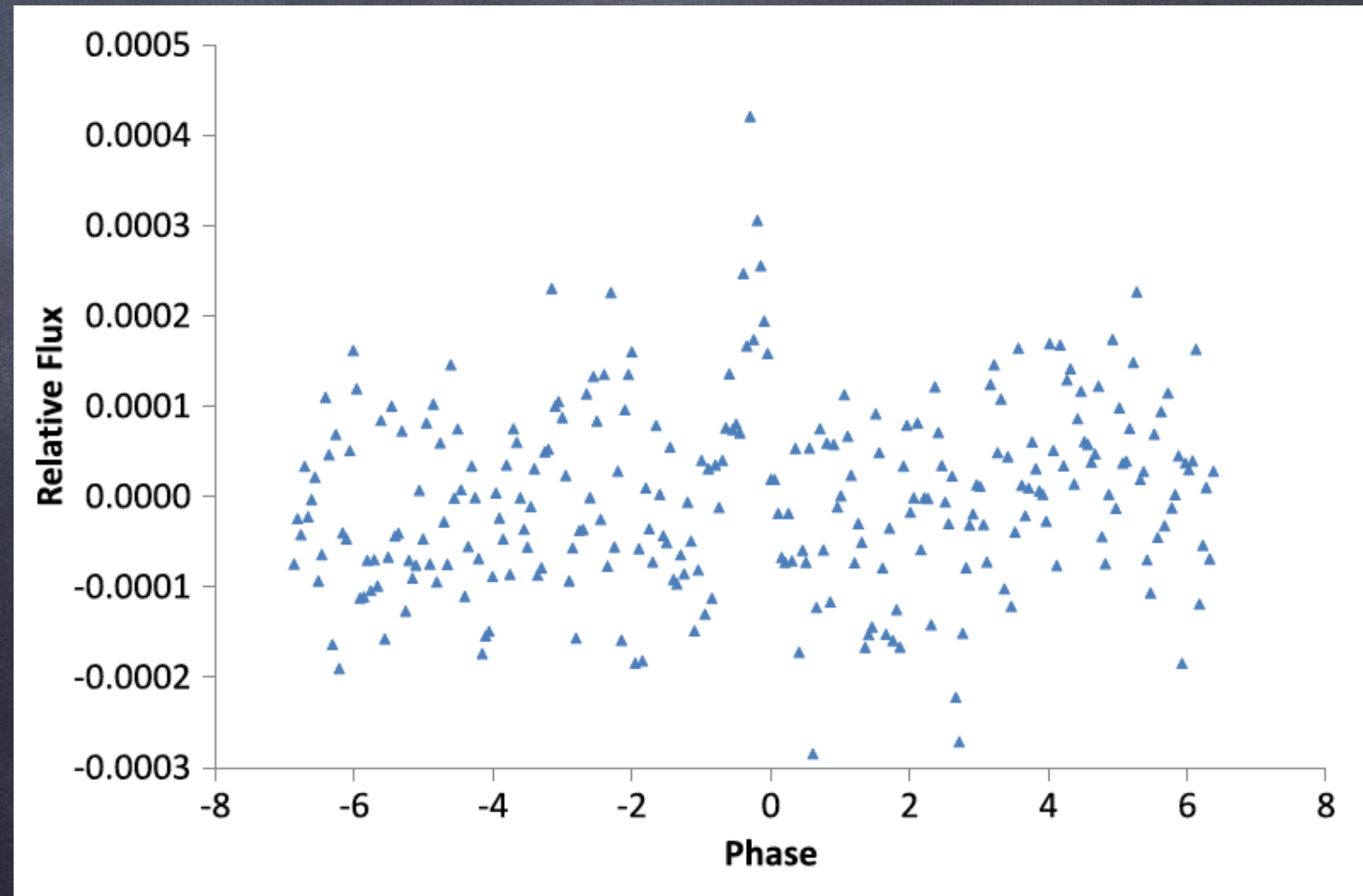
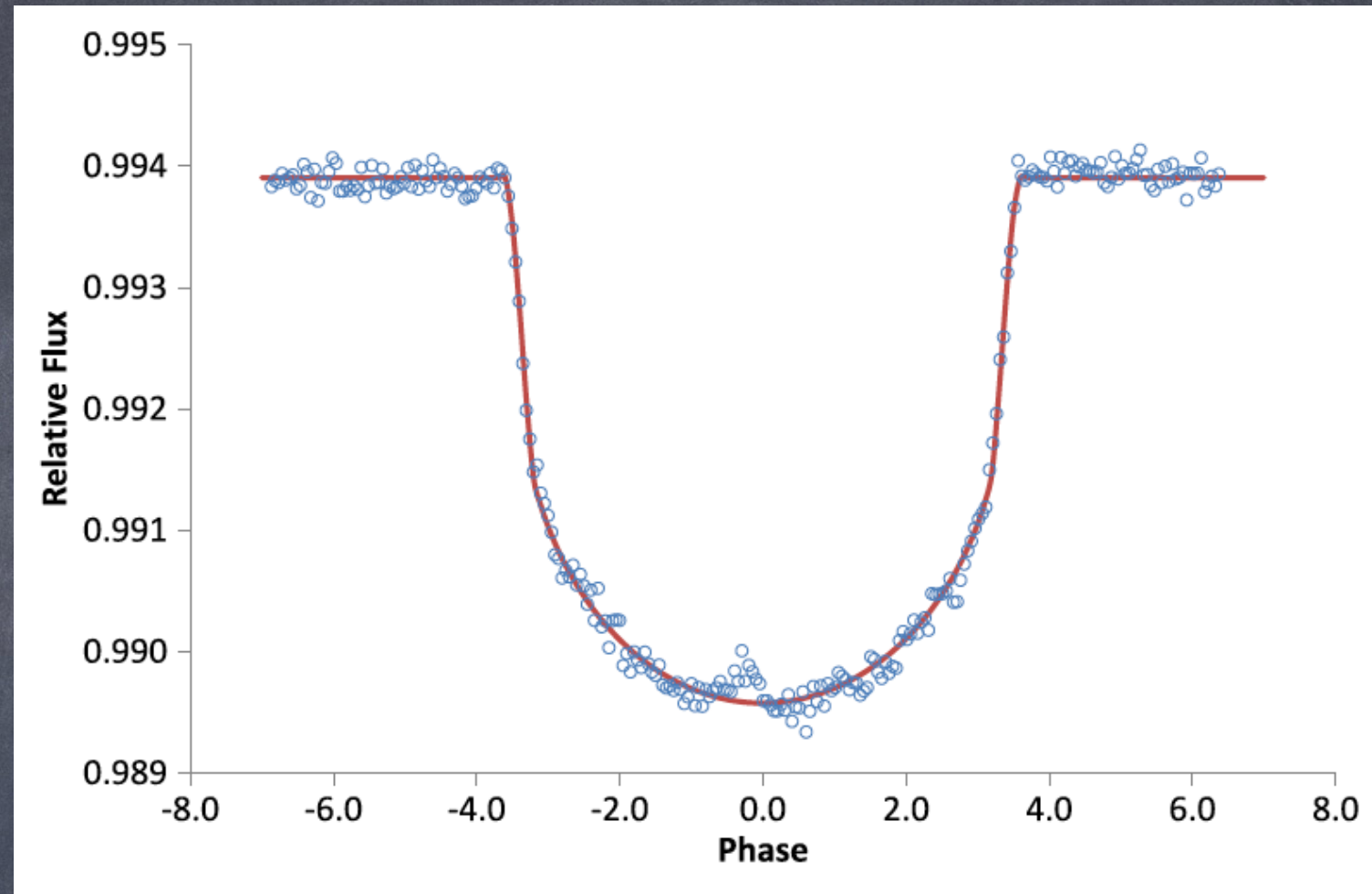
Ötegezegenlerin bağlı oldukları yıldızların %90'undan fazlası 6500 K'den daha soğuk yıldızlardır. Bu durumda, gezegenli ve konvektif zarflı olan bu yıldızlarda, manyetik etkinlik sonucunda ortaya çıkan soğuk leke etkilerini görmek mümkündür. Özellikle CoRoT ve Kepler ışık eğrilerinde yüksek duyarlık nedeniyle bu etkiler galışılmaya başlanmıştır.

Güneşe bakıldığında büyük güneş lekelerinin $\sim 4^\circ$ boyutlara kadar ulaştığı görülmektedir. Böyle bir leke $m \sim 0.005$ mag düzeyinde bir fotometrik değişim gösterir ki bu fotometrik düzey çoğu yer-tabanlı gözlemlerde kendini gösterebilecek sınıra çok yakındır. Kepler verisinde duyarlık sınırı ise $m \sim 0.0001$ mag olup bu değer $\sim 1^\circ$ boyutta bir lekeye karşılık gelir ki bu boyut aslında yerin güneşe göre boyutuyla hemen hemen aynıdır.

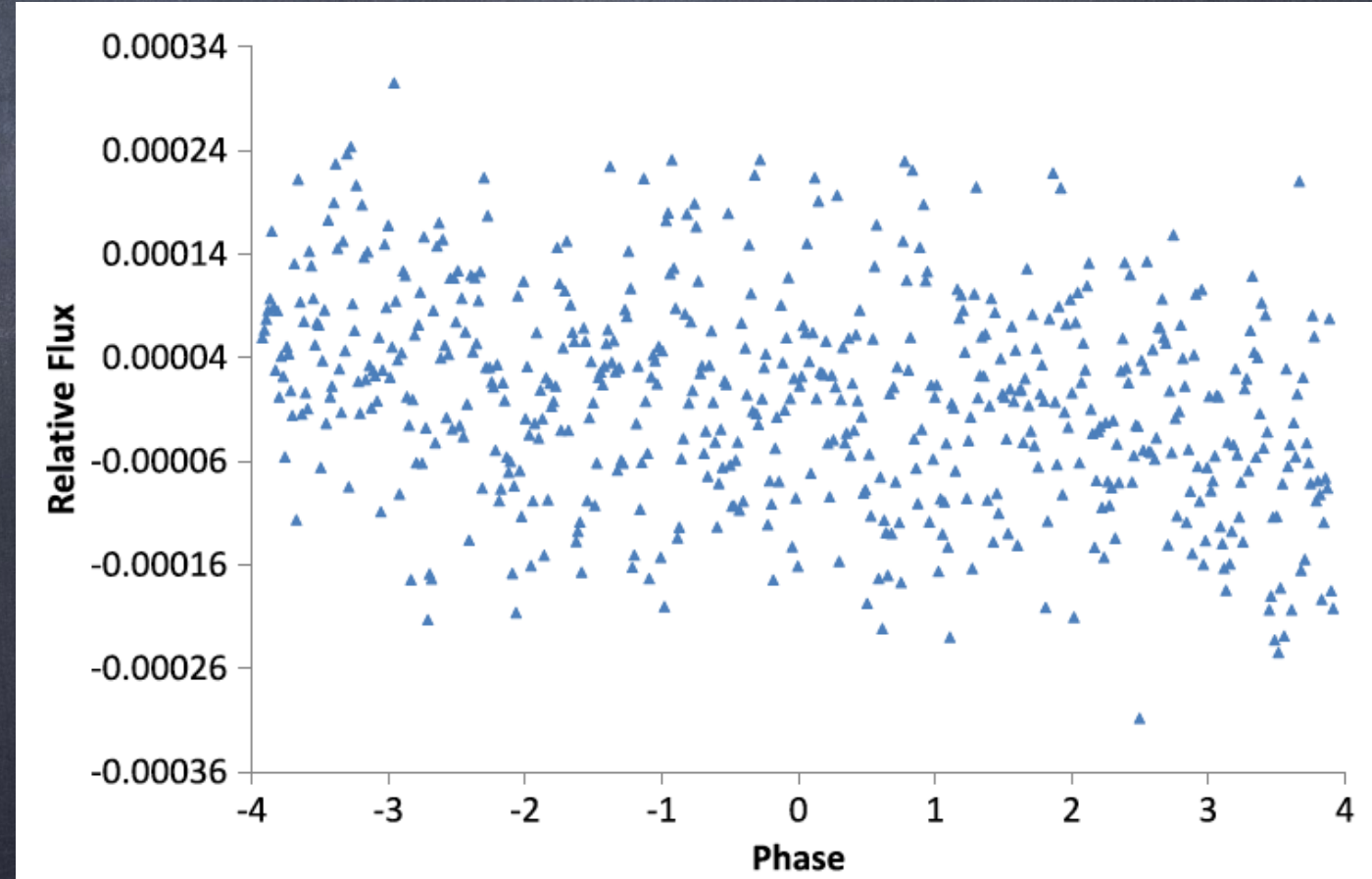
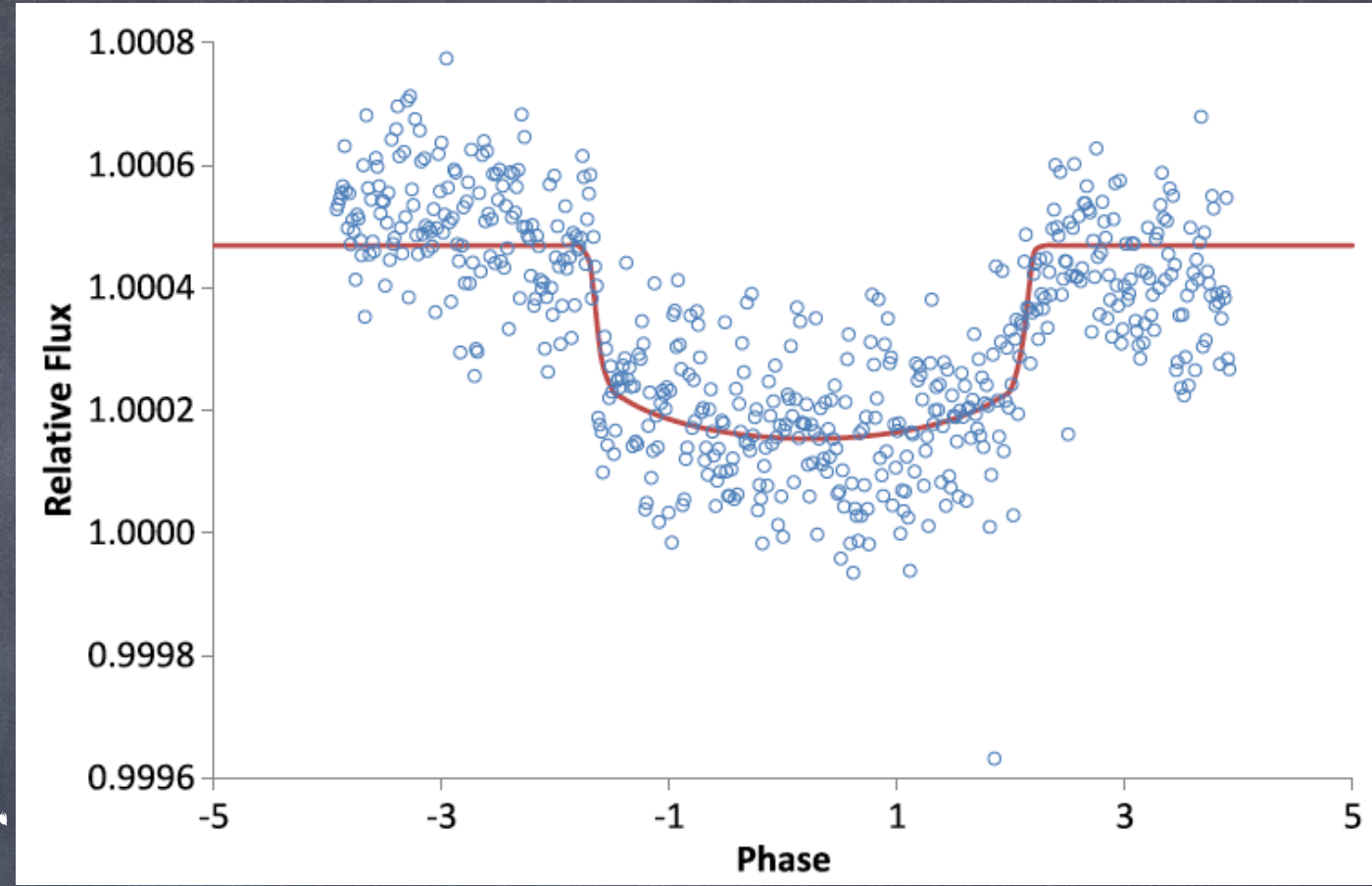
Örneğin yandaki şekilde **Kepler-2b** (**KOI-2.01**)'in geçiş minimumunda bir lekenin gezegen tarafından örtüldüğü açıkça görülmektedir (Rhodes & Budding, 2014). Lekenin tutulması, **yaklaşık 8 derecelik bir evre aralığına** denk gelmektedir ki bu da bize **lekenin $\sim 4.5 R_J$ yarıçapına sahip** gezegenden **çok daha büyük bir boyuta** sahip olduğunu gösterir. Bu gözlem de bu yıldızdaki lekenin güneş lekelerinden **çok daha büyük boyutlara** sahip olduğunu kanıtlamaktadır.



KOI-3 (Kepler-3) sisteminde gezegen geçiş minimumunda bir soğuk yıldız lekесinin varlığı, özellikle fark eğrisinde 0  evrenin hemen altında kendini göstermekte (Rhodes & Budding, 2014).



Kepler-410b (KOI-42.01) ötegezegenin geçiş ışık eğrisinde; yıldız leke etkisinin büyüklüğünün neredeyse tutulmanın büyüklüğü kadar olduğu gözükmemektedir. Bu tür geçiş ışık eğrilerinde; yıldız leke modeli yerine daha basit olarak küçük eğimli doğrusal denklem gözlemlere fit edilir ve gözlemlerden fark alınarak ("detrending") geçiş modeli parametre arayışına geçilir.

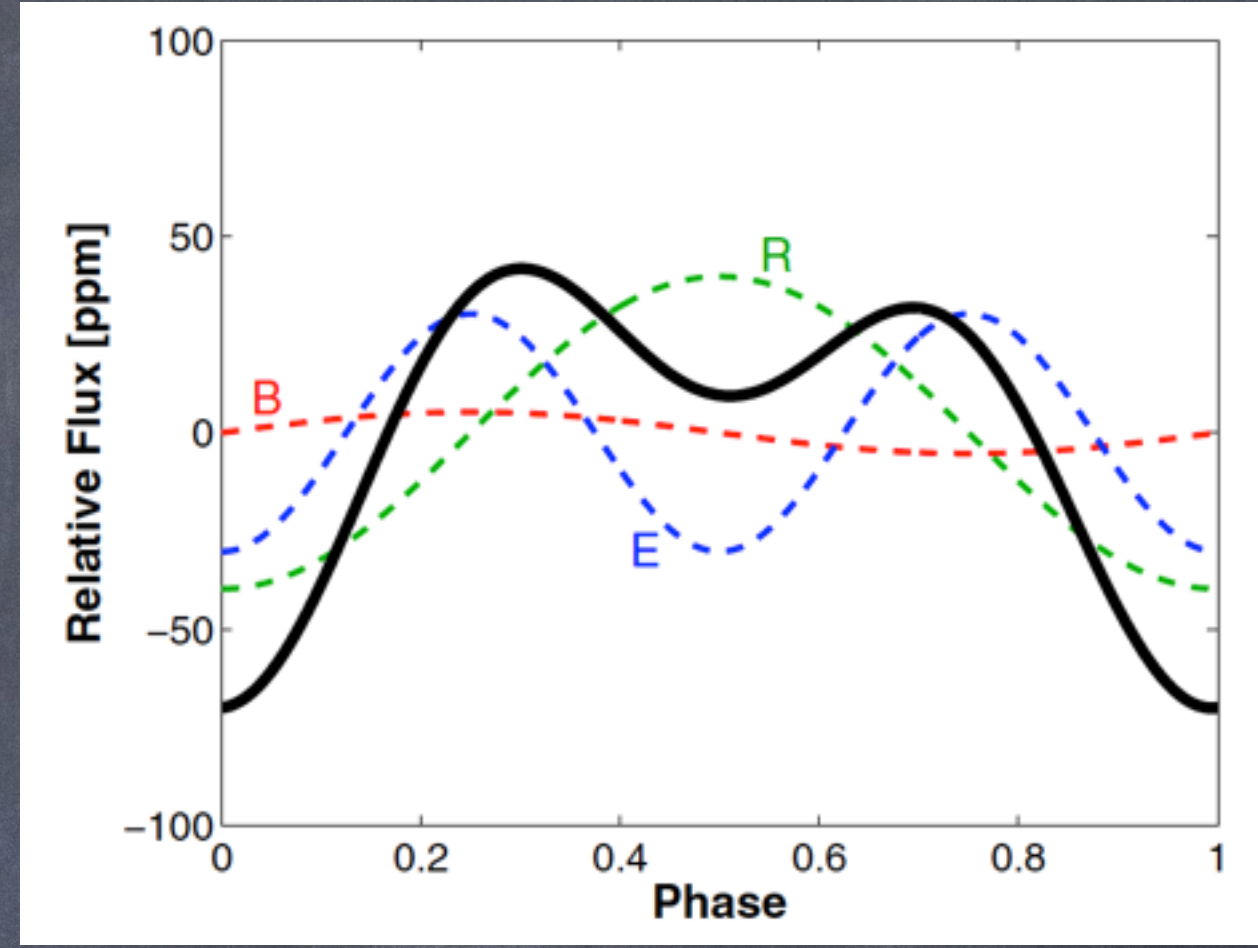


Doppler far etkisi (Doppler beaming effect)

Bir yıldız-gezegen sisteminde, örneğin yörünge hareketinden kaynaklanan Doppler etkisi yüzünden; yıldızın ölçülen akısının 0.25 yörünge evresinde (yani yıldız bize yaklaşıırken, ışığı maviye kayarken) en büyük değerde olması, 0.75 evresinde (yani yıldız bizden uzaklaşıırken, ışığı kırmızıya kayarken) en küçük değerde olması beklenir.

Doppler etkisi, yıldızın kendi ekseninde etrafında dönme hareketinde de kendisini gösterir: yıldızın gözlemciye yaklaşan yüzeyi, uzaklaşan yüzeyinden daha parlak gözükür. Buna **fotometrik Rossiter** etkisi denir.

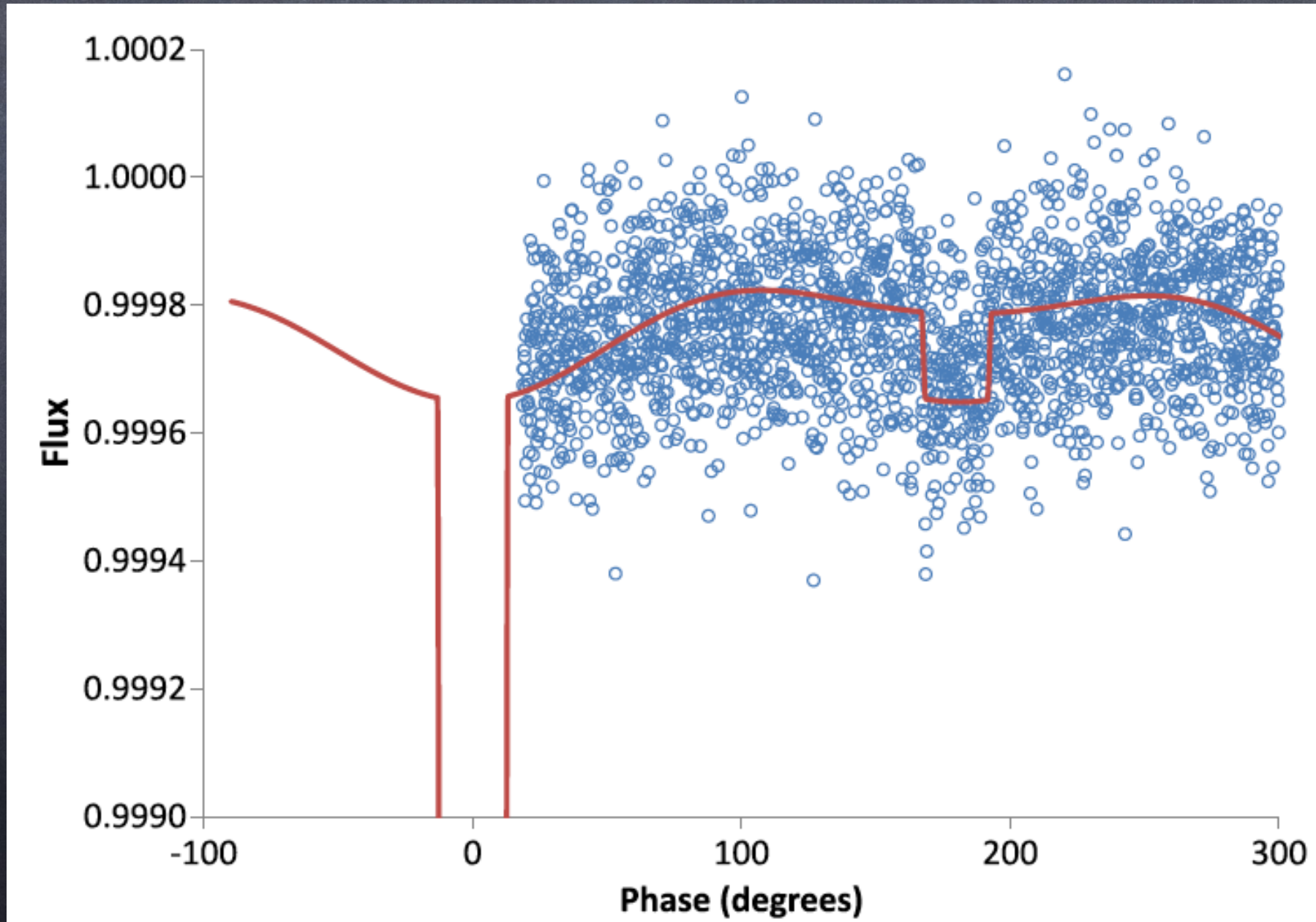
Sonuçta; evreye bağlı gizilen bir ışık eğrisinde, yalnızca Doppler far etkisinin sinüzoidal bir değişimle kendisini belli etmesi beklenir. Bu durum yandaki şekilde KOI-13 yıldız-gezegen sistemi için modellenmiştir.

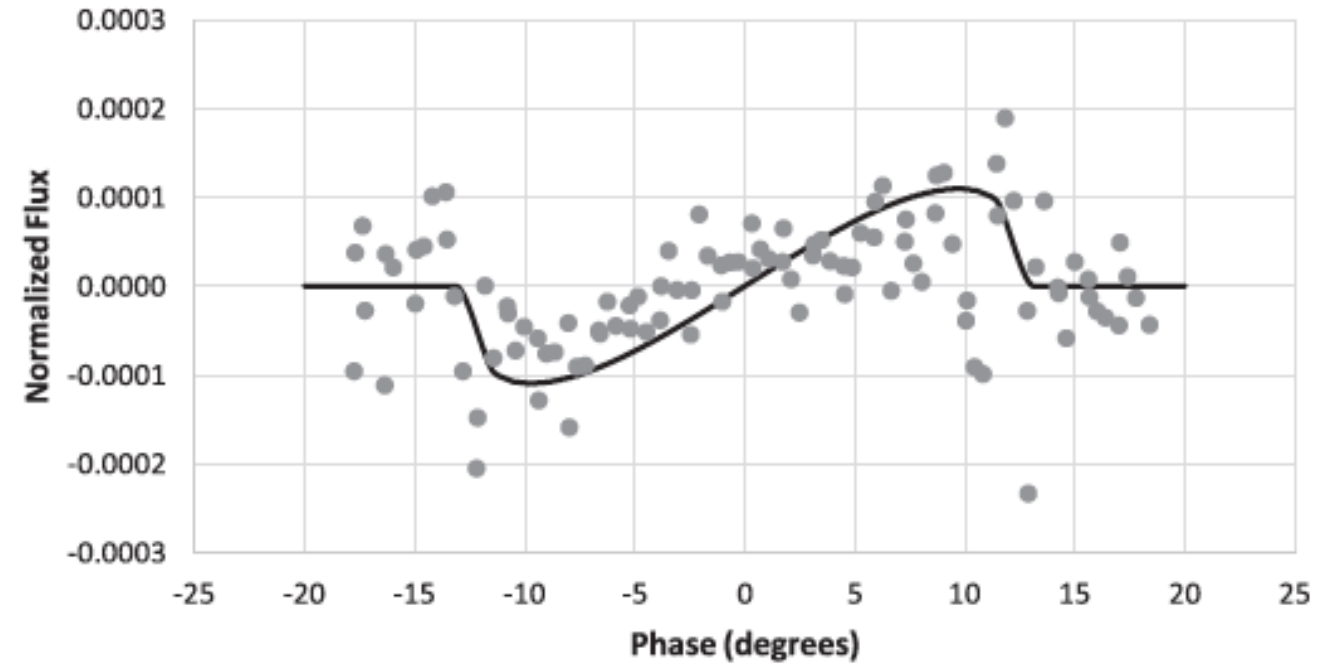
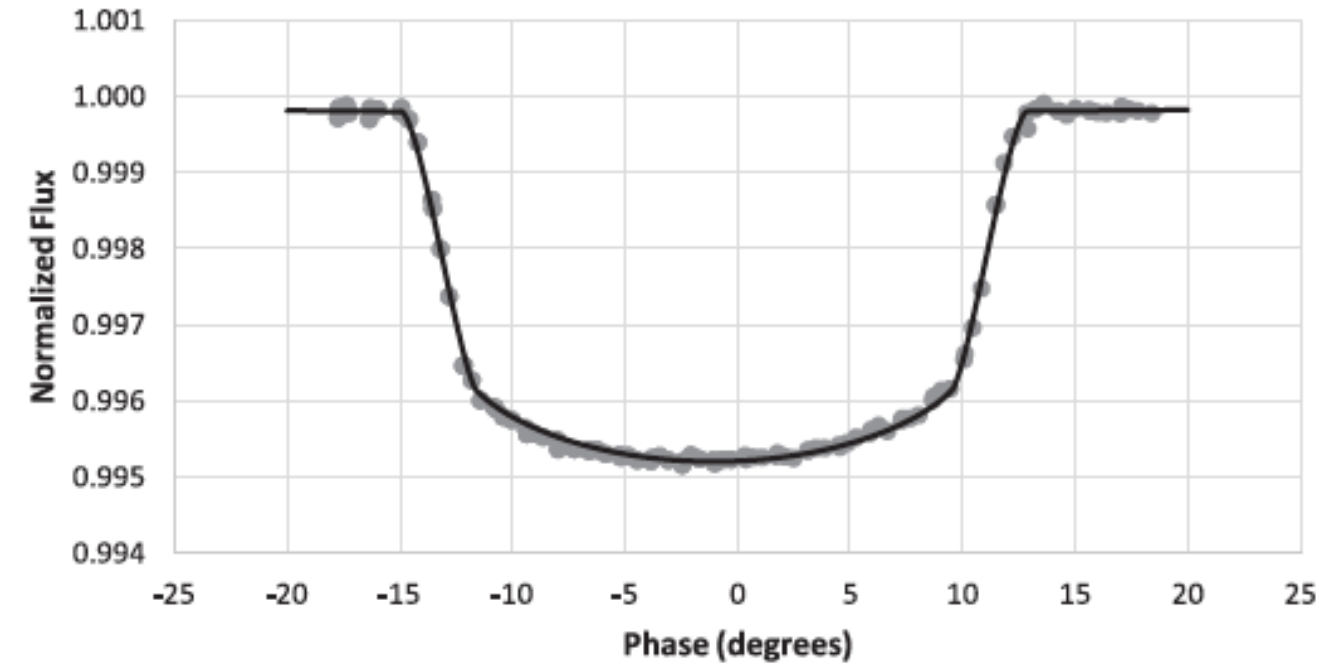


Kepler-13 (KOI-13) yıldız-gezegen sisteminde ölçülen ışık akısının modellenmesi (Shporer et al. 2011). Akı değişiminde, Doppler far etkisi, kırmızı kesikli çizgi (B), yansıma etkisi, yeşil kesikli çizgi (R) ve yakınlık ve dönmeden dolayı elipsoidal biçim bozunması etkisi, mavi kesikli çizgi (E) ile gösterilmiştir. KOI-13 sisteminden gelen toplam ışık akısı değişimi, siyah düz çizgi ile temsil edilmiştir.

KOI-13, parlak bir A türü yıldızdan ve yaklaşık 9.2 M_J kütleli bir gezegenden oluşan ilginç bir yıldız-gezegen sistemidir (Rowe et al., 2011). Gezegenin yıldız etrafında dolanma dönemi 1.76 gün'dür. KOI-13 sisteminin ışık eğrisinde üç etki açıkça kendini göstermektedir: Doppler far etkisi, yansıma etkisi ve yakınlık ve dönmeden dolayı elipsoidal biçim bozunması etkisi.

Alttağı şekilde KOI-13'ün Kepler verisine uygulanan WinFilter modeli gösterilmektedir. Maksimum ışık düzeyleri arasındaki asimetriye dikkat ediniz :)

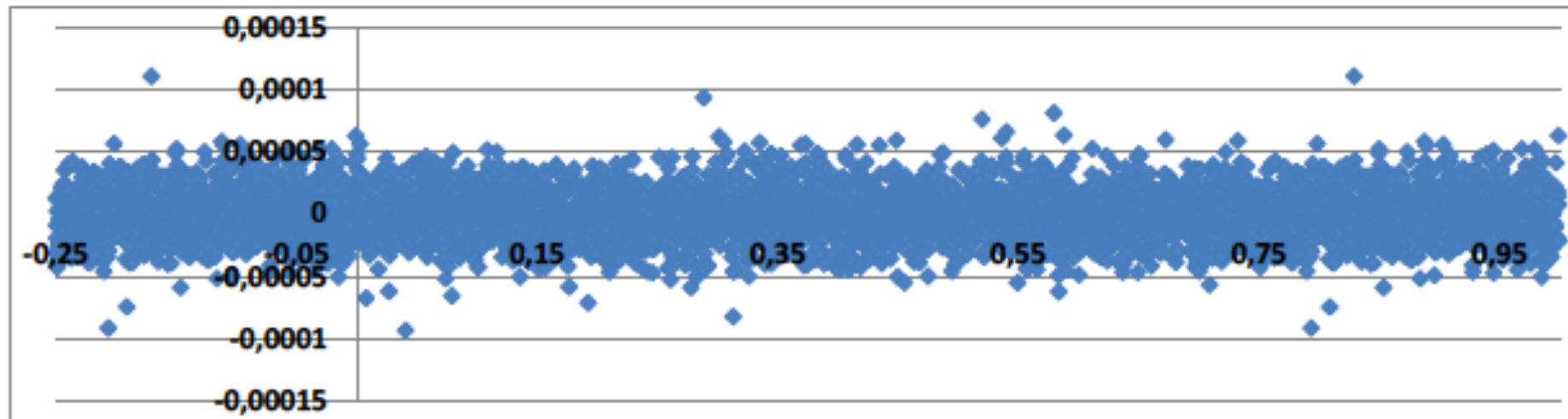
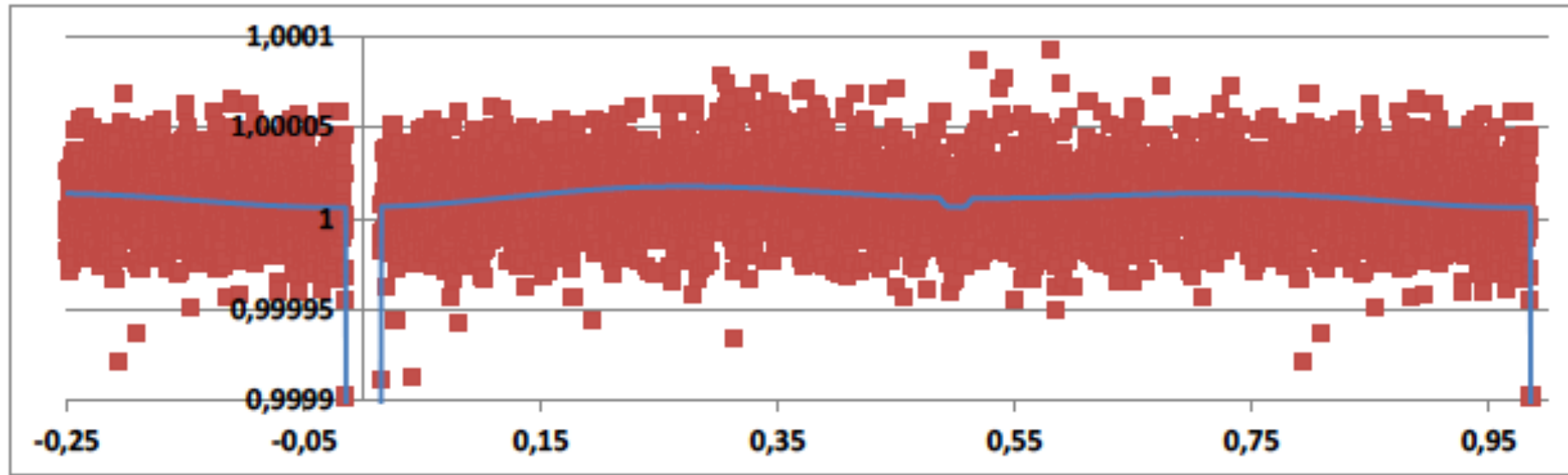




KOI-13.01 gezegenin geçiş ışık eğrisindeki asimetri, yıldızın dönme hareketinden kaynaklanan Doppler etkisini (yani, **fotometrik Rossiter etkisini**) göstermektedir. WinFilter programı uygulanarak yapılan fitte, yıldızın ekvatoryal dönme hızı, ~ 65 km/s olarak hesaplanmıştır. Fotometrik Rossiter etkisinin, hem dönme ekseninin eğim açısına bağlı olmasından dolayı hem de tutulmalar dışında yakınlık ve yansıma etkilerinin baskın olmasından dolayı, geçiş ışık eğrilerinde kendini göstermesi beklenir.

Kepler-1 (KOI-1) sistemi, gezegenin etrafında dolandığı bir G0 yıldızından ve K4.5-K6 kırmızı cücesinden oluşmaktadır (Daemgen et al., 2009).

Altındaki şekilde KOI-1'in Kepler verisine uygulanan WinFitter modeli gösterilmektedir. Maksimum ışık düzeyleri arasındaki asimetri için Doppler far etkisi ile elipsoidal biçim bozunması etkisi birlikte ele alınmıştır. Işık eğrisinde ikinci minimumda görülen küçük ışık azalmasında gezegenden yansıyan ışığın tutulması modellenmiştir.



ORIGINAL ARTICLE

Analysis of the exoplanet containing system Kepler-91

E. Budding^{1,2,3,4} · Ç. Püsküllü¹ · M.D. Rhodes⁵ · O. Demircan¹ · A. Erdem¹

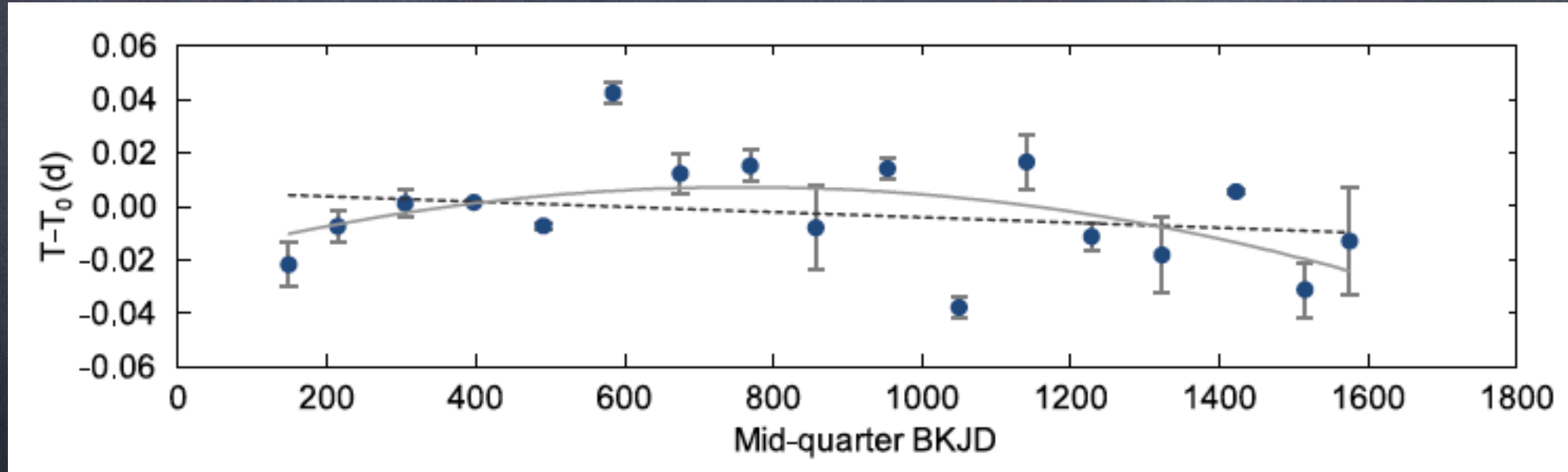
Kepler-91 (KOI-2133 = KIC 8219268),
1.3 M_{sun} kütleli ve 6.3 R_{sun} yarıçaplı bir
kırmızı dev yıldızdır (Lillo-Box et al.,
2014). Kepler-91'in etrafında yaklaşık
6.25 gün dönemli, 0.76 M_{jup} kütleli ve
1.30 R_{jup} yarıçaplı, oldukça sıcak
(yaklaşık 2000 K), bir ötegezegen
dolanmaktadır (Lillo-Box et al., 2014;
Barclay et al., 2015).



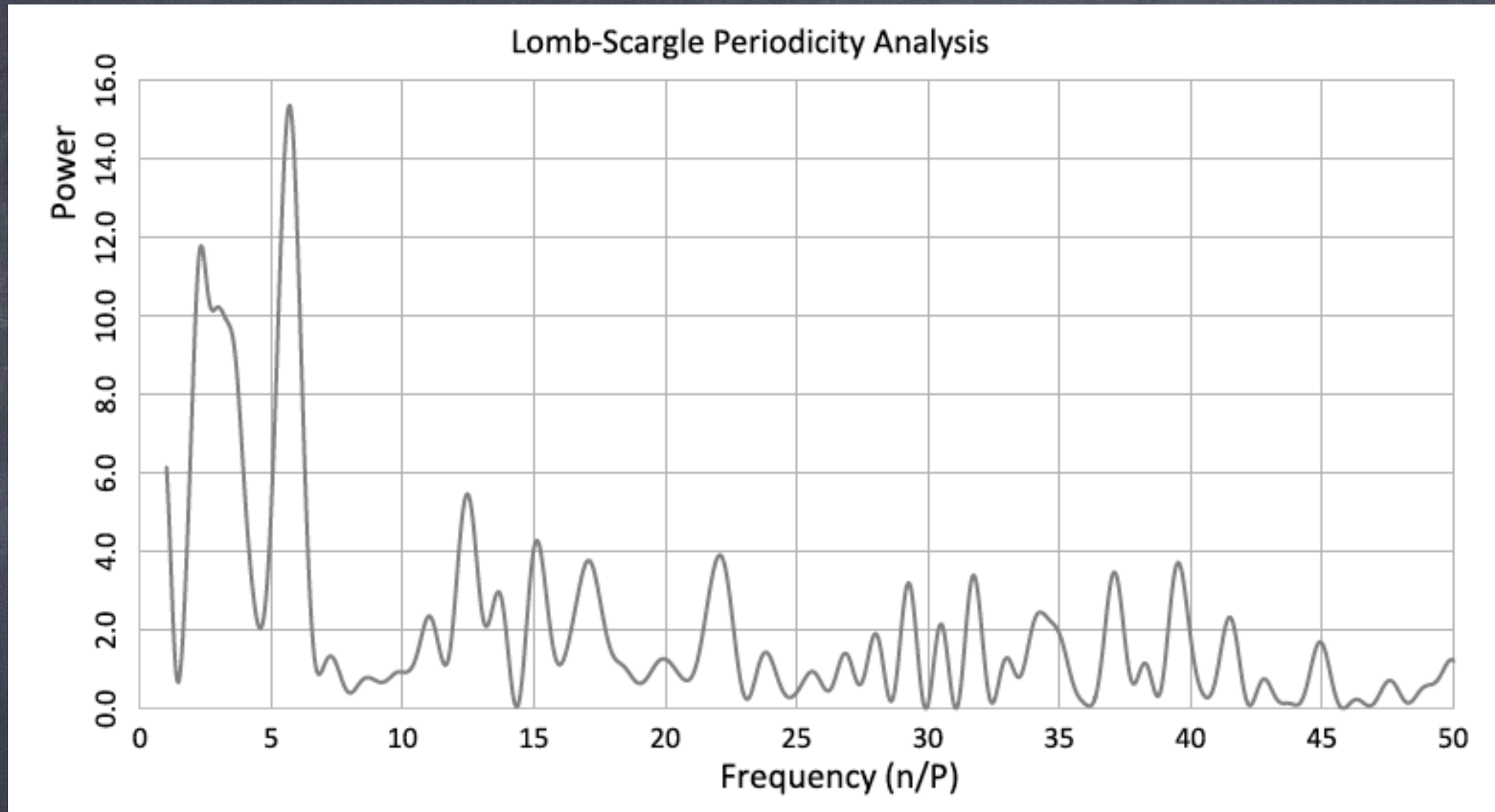
Kepler-91 (dev yıldız + dev gezegen) sisteminin WinFilter programı ile analizinde ilk adımda NASA Ötegezegen Veri Arşivi (NASA Exoplanet Archive, NEA)'dan alınan tüm fotometrik veri setleri (yaklaşık 65000 noktadan oluşan 17 ışık eğrisi) kullanıldı. Her bir veri seti, 0.0 ile 1.0 evre aralığında yaklaşık 4000 noktaya indirildi. İterasyonlarda, programa parametre girişi için önceki çalışmalarda bulunan değerler girildi ve U (1'e normalize edilmiş ışık eğrisinin tutulmalar dışındaki akı düzeyinin ortalama değeri), evre kayması, r_1 (yıldızın kesirsel yarıçapı) k (gezegenin yarıçapının yıldızın yarıçapına oranı), r_2 (gezegenin kesirsel yarıçapı) i (yıldız-gezegen sisteminin yörünge eğikliği) ve q (gezegenin kütlelerinin yıldızın kütlelerine oranı) parametreleri serbest bırakıldı.

Qtr.	U	$\Delta\phi_0$	r_1	k	r_2	i (deg)	q
1	1.00079	-1.5	0.404	0.0261	0.0105	68.2	0.00039
2	1.00084	-0.5	0.406	0.0247	0.0100	68.5	0.00040
3	0.99972	0.2	0.403	0.0209	0.0084	69.1	0.00037
4	0.99987	0.3	0.403	0.0206	0.0083	70.0	0.00021
5	0.99985	-0.6	0.403	0.0229	0.0092	70.1	0.00039
6	0.99991	2.0	0.407	0.0228	0.0092	68.6	0.00065
7	0.99980	0.6	0.403	0.0183	0.0074	69.8	0.00048
8	0.99981	0.6	0.400	0.0224	0.0089	70.4	0.00046
9	0.99984	-0.4	0.393	0.0215	0.0084	70.3	0.00027
10	0.99984	0.7	0.406	0.0229	0.0093	69.1	0.00051
11	0.99988	-2.1	0.405	0.0237	0.0096	68.9	0.00054
12	0.99984	0.5	0.396	0.0220	0.0087	69.5	0.00042
13	1.00000	-0.6	0.395	0.0220	0.0087	70.1	0.00012
14	1.00002	-0.9	0.403	0.0221	0.0089	69.6	0.00036
15	0.99994	0.6	0.405	0.0206	0.0084	68.8	0.00056
16	0.99967	-1.7	0.407	0.0213	0.0086	69.9	0.00048
17	0.99948	-0.5	0.409	0.0196	0.0080	69.2	0.00055
Mean	0.99999(34)	-0.2(1.0)	0.4026(43)	0.0220(18)	0.0089(7)	69.4(7)	0.00045(6)

Analizin ikinci adımımda; NEA'dan alınan yaklaşık 65000 gözlem noktasına gerekli evre kayması düzeltmeleri yapılarak, yaklaşık 360 noktadan oluşan tek bir temsili gözlemsel ışık eğrisi elde edildi. Bu temsili ışık eğrisinin çözümünde, iterasyonlarda, parametrelerin başlangıç değerleri için, 17 ayrı ışık eğrisinin çözümünden elde edilen değerlerin ortalamaları girildi.

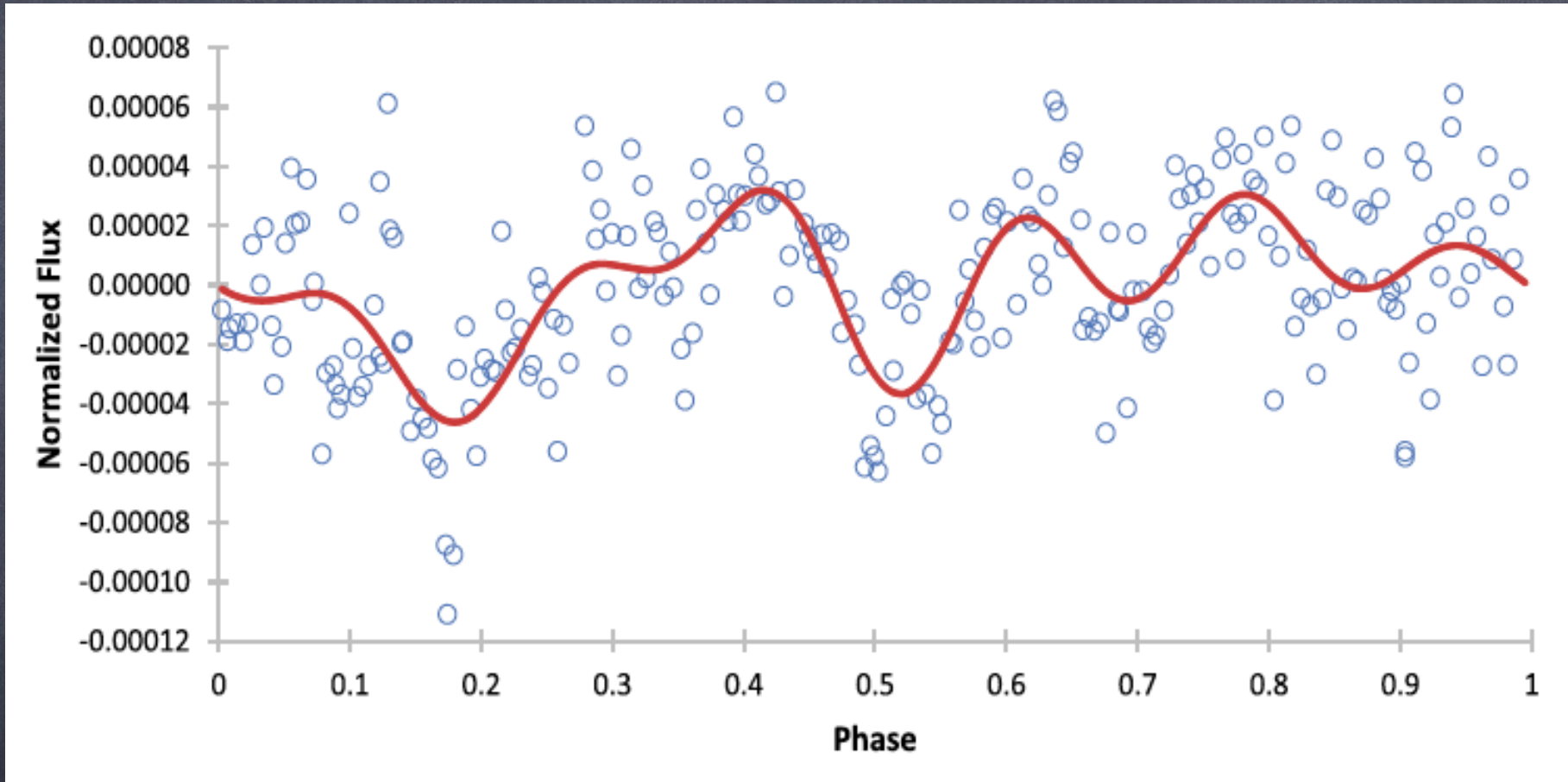


Kepler-91'in gözlenen ve hesaplanan minimum zamanları arasındaki fark.



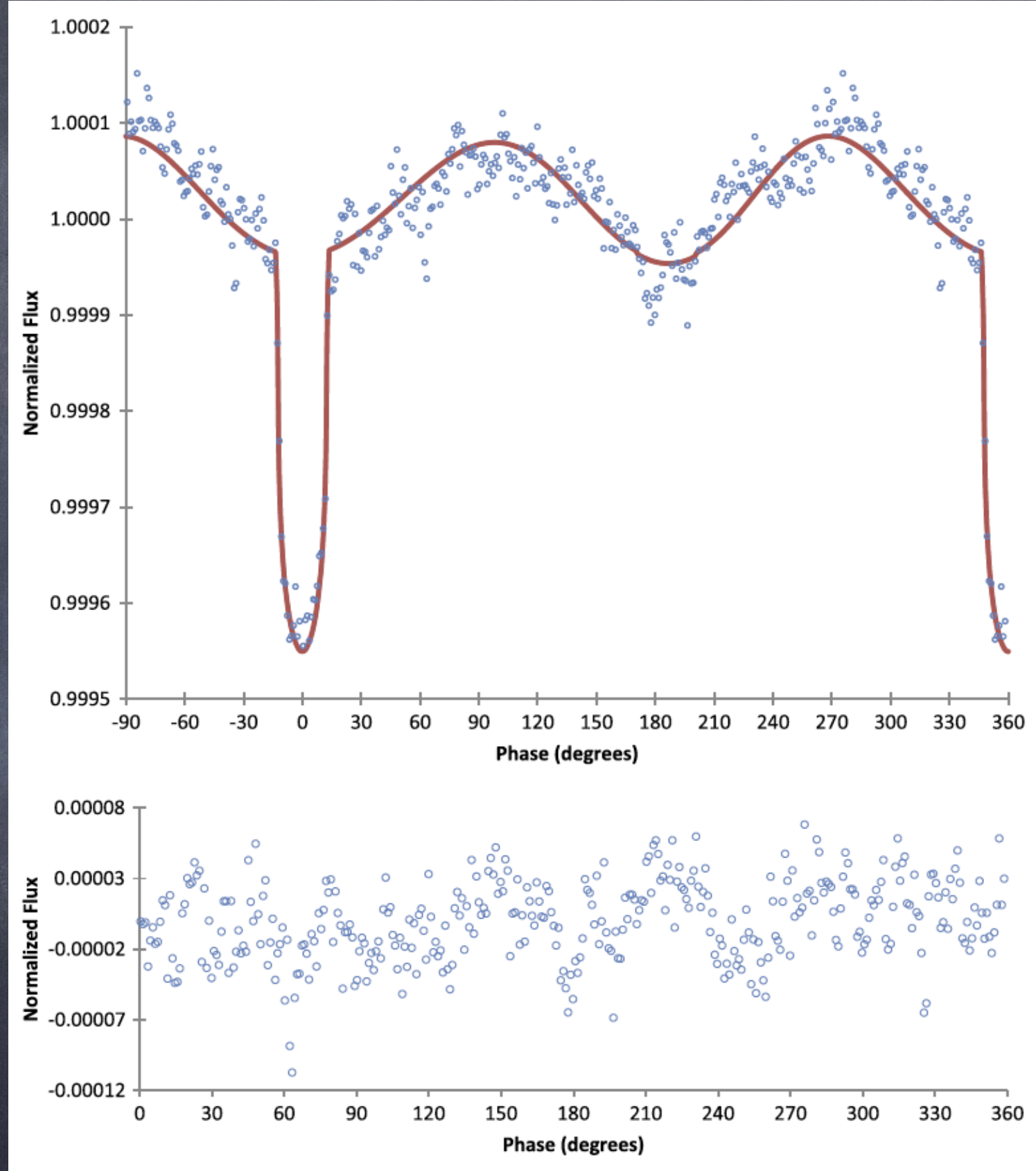
İterasyon sonucu elde edilen en iyi teorik fit ile gözlem noktalarının arasındaki farka (artıklara) bakıldı. Artık noktalar, bir salınım gösterdiğinden dolayı, bu artık noktalara bir Fourier frekans analizi uygulandı. Analiz sonucu, **$\sim 6/P$ frekansında önemli bir pik** ve **$\sim 3/P$ frekansında düşük ama geniş bir pik** görülmektedir. Kepler-91b gezegeninin ~ 240 yörünge dolanımını içeren gözlemsel veri setine fit edilen frekans analizi, aslında bir "yörünge-salınım rezonansına" işaret etmektedir.

Yörünge-salınım rezonansı, bu ilave fotometrik etkinin, Kepler-91 soğuk kırmızı dev yıldızın yüzeyinde oluşabilen soğuk lekelerden daha çok, Trojan ya da Hilda benzeri sistemde var olabilecek bir asteroid yoğunlaşmasının sistemden gelen ışığı yörünge evresine bağlı biçimde engellemesi olabileceğini göstermektedir.



6xP cinsinden evrelendirilmiş gözlem artıklarına uygulanan frekans analizinin sonucu. Yaklaşık 0.5 ve 0.17 evrelerde meydana gelen ışık azalmaları, sistemde olası **Trojan ve/veya Hilda türü asteroidlerin sistemin ışığını engellemesinden** kaynaklanmış olabilir.

Analizin üçüncü adımında; artık noktalardan elde edilen en iyi teorik (Fourier frekans) fit kullanılarak, temsili gözlemsel ışık eğrisi arındırıldı/temizlendi. Bu ilave fotometrik etkilerden arındırılmış/temizlenmiş temsili ışık eğrisine WinFilter programıyla son/final gözüm uygulandı. Gezegen geçişi dışındaki evrelerde, basıklık ve yansıma etkilerinin varlığı açıkça kendini göstermektedir.



"Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından
113F353 nolu proje altında
desteklenmektedir"



Recent Advances in Astrophysics Workshop

Exoplanets and Life

22-24 September 2016
ÇOMÜ Ulupınar Gözlemevi, Çanakkale

Düzenleme Kurulu / Organization Committee

Prof.Dr. Ahmet ERDEM
Prof.Dr. Tansel AK
Prof.Dr. Osman DEMİRCAN
Prof.Dr. Tolga GÜVER
Prof.Dr. Mehmet Emin ÖZEL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
İstanbul Üniversitesi
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
İstanbul Üniversitesi
Işık Üniversitesi



İletişim / Information

demircan@comu.edu.tr



Dinlediğiniz için teşekkür ederiz ;)