

Manyetik Özellikli Kimyasal Sıra Dışı Yıldızların CoRoT Verileriyle Periyot ve Yüzey Leke Analizleri

Ergün Özgür¹  , Kutluay Yüce¹ 

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, TR-06100, Tandoğan, Ankara, Türkiye

Accepted: January 23, 2023. Revised: January 10, 2023. Received: November 6, 2022.

Özet

Bu çalışmada, manyetik özellikli kimyasal sıra dışı (mCP) HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının CoRoT uyu gözlem verilerine dayalı fotometrik analizleri gerçekleştirildi. Periyot analizlerinde Period04 (Lenz & Breger 2005) ve Lomb-Scargle (Lomb 1976, Scargle 1982) programları kullanılarak yıldızların dönme periyotları belirlendi. İncelenen manyetik özellikli A tayf türüne sahip kimyasal sıra dışı iki yıldızın oldukça duyarlı, kesintisiz, uzun zaman aralığını kapsayan gözlemsel verilerinden tespit edilen fotometrik ışık değişimleri değerlendirilerek, Dorren (Dorren 1987) ve Macula (Kipping 2012) programları ile yüzey element bolluk dağılımları ilk kez incelendi. HD 171586 ve HD 170973 yıldızları için, sırasıyla, üç ve iki sıcak lekeye uyumlu yüzey haritalı modellerin uygun olduğu anlaşıldı.

Abstract

In this study, photometric analysis of magnetic chemically peculiar (mCP) stars HD 171586 and HD 170973 was carried out based on CoRoT satellite-telescope observation data. Period04 (Lenz & Breger 2005) and Lomb-Scargle (Lomb 1976, Scargle 1982) programs were used for period analysis. The high-resolution, continuous and long-exposure observation data for the two type magnetic and chemically peculiar A stars were employed in Dorren (Dorren 1987) and Macula (Kipping 2012) programs for surface spot analyses. HD 171586 and HD 170973 have been shown to comply with the three and two surface-spot stellar models, respectively.

Anahtar Kelimeler: chemically peculiar – stars – photometry – starspots – periyot analizi – period analysis – leke modeli – spot model

1 Giriş

Manyetik özellikli kimyasal sıra dışı (mCP) yıldızlar, optik bölge tayflarında beklenenin dışında anormal kimyasal element bolluklarıyla ve farklı enerji dağılımlarıyla karakterize edilirler. Üst ve orta anakol yıldızları olarak da bilinen birçok mCP yıldızı, dönme modülasyonunun bir sonucu olarak 0.1 kadirde varan maksimum ışık değişkenliği gösteren yavaş dönen yıldızlardır (Adelman & Woodrow 2007, Abt & Morrell 1995).

mCP tipi yıldızların ışık değişkenlikleri özellikle son 30 yılda yer-tabanlı fotometrik gözlemsel verilere dayalı olarak ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir (örn. Adelman ve diğ. 1992, North & Adelman 1995, Adelman 2004). Uzay teleskoplarının ürettiği kaliteli fotometrik gözlem verileri, yıldızların fotometrik leke modellenmesinde önemli bir potansiyel taşımaktadır. Yüksek fotometrik hassasiyete sahip veriler kullanılarak, mCP tipi yıldızların bölgesel kuvvetli manyetik alanları sebebiyle (Netopil ve diğ. 2017) oluşan homojen olmayan yüzey element dağılımları modellenenir hale gelmiştir (örn.; Lüftinger ve diğ. 2012, Pauszen ve diğ. 2015).

mCP tipi yıldızlarda gözlenen fotometrik değişimler, homojen olmayan yüzey element dağılımına sahip yıldızların dönme hareketlerinin gözlemsel sonuçları olarak kabul edilmektedir (Pyper & Adelman 2004). Babcock (1949) tarafından önerilen ve Stibbs (1950) ve Deutsch (1958) tarafından geliştirilen, manyetik alan ekseninin büyük ölçüde

dönme eksenine eğimli olduğu “eğik dönücü” (rigid oblique-rotator) model bu değişimi açıklamada kullanılmaktadır (Pyper 1969). Güneş benzeri yıldızlarda gözlenen fotometrik değişim, yıldız iç yapısındaki dinamo hareketinin bir sonucu olarak oluşan lekelerin yarattığı aktiviteden kaynaklanırken; mCP tipi yıldızlarda gözlenen ışık değişkenliğinin fiziksel doğası, lekeli bölgelerin diğer bölgelere göre farklı donukluk kaynaklarına sahip olmaları ile doğrudan ilintilidir (Krtićka ve diğ. 2012).

Bu çalışmada yüksek fotometrik hassasiyete sahip CoRoT uyu verileri kullanılarak, HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının ışık eğrileri Period04 (Lenz & Breger 2005) ve Lomb-Scargle (Lomb 1976, Scargle 1982) programları ile analiz edilerek dönme periyotları belirlenmiştir. Aynı zamanda yıldızların leke modellenmesinde kullanılan Dorren (Dorren 1987) ve Macula (Kipping 2012) kodları Python programlama dili üzerinden bu yıldız tiplerine uyarlanarak her iki yıldızın yüzey parlaklık haritaları elde edilmiştir.

HD 171586 (FR Ser, CoRoT 8158, BD+04 3801, HIP 91142) yıldızı, 6.46 kadir görsel parlaklığında (Catalano & Leone 1993) ve AOVp (Sr-Eu-Cr) (Gray & Corbally 2002) tayf türünden bir yıldızdır. Winzer (1974), yıldızın yer-tabanlı ışık eğrisini literatüre kazandırarak ışık elemanlarını

$$JD(U_{\max}) = 2441460.79 + 2.1436E$$

olarak belirlemiştir. Aurière ve diğ. (2007), yıldızın dönme hızını ($v \sin i$) 37 km s^{-1} olarak belirlemiş ve Winzer (1974) tarafından verilen periyot değerini (2.1436 gün) kullanarak eğim açısını $i=48^\circ \pm 19^\circ$ olarak hesaplamıştır. Gebran ve diğ.

* erozgur30@gmail.com

(2016) tarafından yıldızın etkin sıcaklığı 8600 K, yüzey çekim ivmesi 3.7 dex, dönme hızı ($v \sin i$) 50 km s⁻¹ ve demir bolluğu ([Fe/H])=-0.1 dex olarak verilmiştir. **Glagolevskij (2019)** tarafından manyetik yıldızlar için oluşturulan katalogda HD 171586 yıldızı için etkin sıcaklık değeri 8650 K, yarıçapı 2.22 R_☉, yüzey çekim ivmesi (log g) 4 dex ve kütlesi 2.13 M_☉ olarak verilmiştir. Yıldızının manyetik alanını **Babcock (1958)** 740±157 Gauss olarak belirlerken; **Glagolevskij (2007)** ise ortalama yüzey manyetik alanını $B_s = 1.6$ kG ve ortalama etkin manyetik alanını ise $B_e = 285$ G olarak belirlemiştir.

HD 170973 (MV Ser, HR 6958, HIP 90858, HR 6958, CoRoT 8081) yıldızı, 6.43 kadir görsel parlaklığında (**Catalano & Leone 1993**) ve A0Vp (Si-Sr-Eu) (**Abt & Morrell 1995**) tayf türünden bir yıldızdır. **Adelman (2008)**, FCAPT (Four College Automated Photoelectric Telescope, Arizona) teleskobunun 2003-04, 2005-06 ve 2006-07 gözlem sezonlarına ait Strömgren *uvby* fotometrisi gözlem verilerini kullanarak yıldızın ışık elemanlarını;

$$\text{HJD}(u_{\max}) = 2441459.136 \pm 0.007 + 18.0642 \pm 0.0005E$$

olarak belirlemiştir. **Bohlender ve diğ. (1993)**, yıldızın boylamsal manyetik alanını -650 ile 870 Gauss aralığında değiştiğini göstermiş, **Glagolevskij (2019)** ise HD 170973 yıldızının yüzey manyetik alanını $B_s=100$ Gauss olarak hesaplamıştır. **Gebran ve diğ. (2016)**, yıldızın etkin sıcaklığını 10529 K, yüzey çekim ivmesini (log g) 3.83 dex, dönme hızını ($v \sin i$) 18 km s⁻¹ ve demir bolluğunu ([Fe/H]) 0.74 dex olarak tespit etmiştir. **Glagolevskij (2019)**'in manyetik yıldızlar için oluşturduğu katalogda HD 170973 yıldızı için etkin sıcaklık 10730 K, yarıçap 3.27 R_☉, yüzey çekim ivmesi (log g) 3.82 dex ve kütle 2.64 M_☉ olarak listelenmiştir.

2 Gözlemsel Veri

Bu çalışmada incelenen gözlemsel veriler, **IAS CoRoT Public Archive** veritabanından 2018 yılında temin edilmiştir. Gözlemler, HD 171586 için 11 Nisan ile 6 Eylül 2008 tarih aralığını kapsayan 144 günlük, HD 170973 için 6 Nisan 2010 ile 5 Temmuz 2010 tarih aralığındaki 89 günlük kesintisiz veri setini içermektedir. Bunlar CoRoT arşivindeki mevcut yedi mCP tipi yıldızın literatürde verileri çalışılmamış olan yıldızlardır.

27 Aralık 2006 tarihinde başarılı bir şekilde yörüngeye oturtulan ve esasen ötegezegenlerin transit geçiş yöntemine dayalı keşiflere katkı sağlamak amacıyla tasarlanmış orta büyüklükte bir teleskop olan CoRoT, 270 mm çaplı birincil aynaya sahip olup odak uzaklığı 1100 mm'dir. CoRoT verilerinin fotometrik band aralığı 370-950 nm ve ortalama zaman çözünürlüğü astrosismoloji gözlemleri için 32 saniye, ötegezegen gözlemleri için 512 saniyedir. CoRoT (CONvection, ROTation and planetary Transits; **Baglin & Fridlund 2006**) uydusu, gözlem programına 31 Ocak 2007 tarihinde başlamış, 2 Ekim 2012 tarihinde görevini sonlandırmıştır.

HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının CoRoT fotometrik ışık eğrilerinde zamanla belirgin bir düşüşe neden olan ışık şiddetindeki gözlenen sistematik azalım eğilimi (**Mislis ve diğ. 2010**), normalize işlemi ile düzeltilmiştir. Işık eğrilerinin normalize işlemi ise her bir periyodun maksimum seviyesinden noktalar seçilerek polinom fiti yardımıyla, akı değerlerine bölünerek gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ışık eğrileri, HD 170973 yıldızı için 233748 gözlemsel nokta ve dört çevrimden, HD 171586 için 392587 nokta ve 68 çevrimden oluşmaktadır.

Çizelge 1. Period04 programı ile gözlemsel verinin tamamı üzerinden frekans analiz sonuçları.

Yıldız	Frekans (gün ⁻¹)	σ	Genlik	σ
HD 171586	f1 1f1 0.4749	3.819E-07	0.0181	1.19E-06
	f2 2f1 0.9499	8.478E-07	0.0052	1.90E-06
	f3 3f1 1.4248	1.331E-05	0.0006	1.07E-06
Dönem (gün)= 2.1055486±0.0000017				
Yıldız	Frekans (gün ⁻¹)	σ	Genlik	σ
HD 170973	f1 1f1 0.0554	1.939E-06	0.0169	3.267E-05
	f2 2f1 0.1107	5.185E-06	0.0042	3.470E-06
Dönem (gün)= 18.0569236±0.00063				

3 Fotometrik Analiz ve Bulgular

3.1 Periyot Analizi

Period analizi için iki ayrı bilgisayar programından yararlanılmıştır. Bunlar, büyük astronomik zaman serisi içeren veri setlerinin istatistiksel analizini gerçekleştiren Period04 (**Lenz & Breger 2005**) ve Fourier benzeri bir algoritma ile rastgele örneklenmiş verilerden verimli bir şekilde frekans hesaplanmasını sağlayan Lomb-Scargle (**Lomb 1976**, **Scargle 1982**) programlarıdır. Period04 programı ile her iki yıldızın frekans analizi hesabında Nyquist frekansı olarak programın önerdiği 25 değeri seçildi.

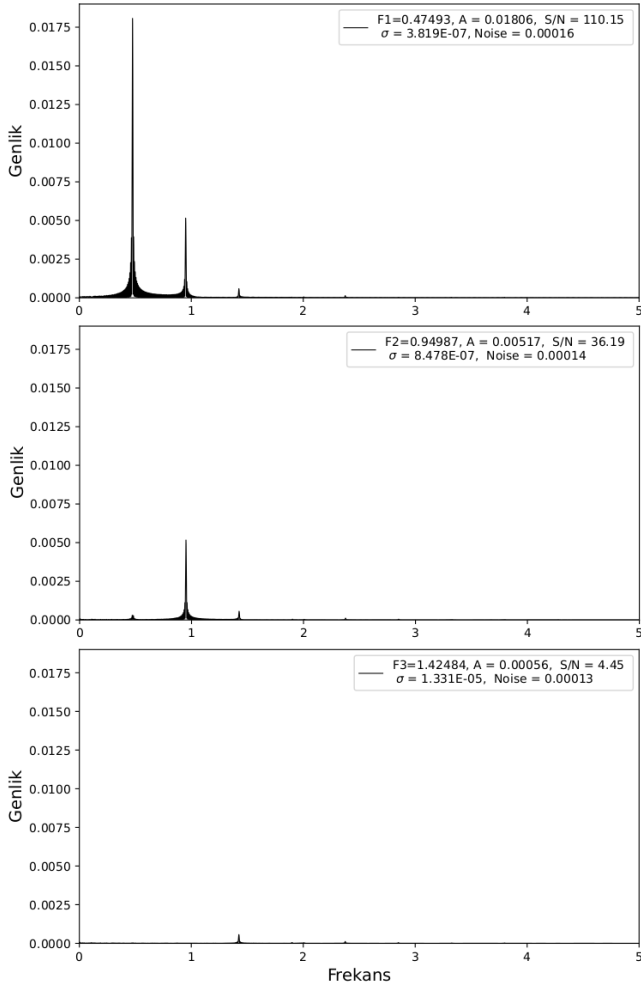
Analizlerde denetleme parametresi olarak Sinyal/Gürültü (S/N) değerleri dikkate alındı. Her iki yıldız için bulunan frekans ve periyot değerleri Çizelge 1'de listelenmiştir. Analiz neticesinde elde edilen frekanslar, birinci frekansın harmonikleri şeklindedir. Her iki yıldızın dönme periyotlarının belirlenmesinde birinci frekanslar kullanıldı. Period04 programı ile elde edilen f1-f4 frekanslarına ait genlik-frekans grafikleri HD 171586 için Şekil 1'de, HD 170973 için Şekil 2'de görülmektedir.

Lomb-Scargle programı ile gerçekleştirilen periyot analizinde Python programlama dilinin gatspy.periodic paketi içindeki Lomb-Scargle periyodogram modülü kullanıldı. Gözlemsel nokta sayısının fazla olması (>100000) nedeniyle periyot analizi indirgenmiş (binning) nokta sayıları üzerinden gerçekleştirildi: HD 171586 için 14549 ve HD 170973 için 8664. Lomb-Scargle programı ile yapılan çözümlerden elde edilen güç spektrumları ve evrendirilmiş ışık eğrileri, her iki yıldız için Şekil 3'de gösterilmektedir.

4 Leke Modellenmesi

Bu çalışmada incelenen mCP tipi yıldızların ışık değişimlerinin modellenmesinde yıldız lekelerinin yol açtığı etkileri modelleyebilen ve analitik hesaplama tekniğine dayanan LCM yöntemini temel alan Dorren (**Dorren 1987**) ve Macula (**Kipping 2012**) kodları kullanılmıştır. Her iki bilgisayar programın orijinal halleri, kullanıcı tarafından yüklenen girdi parametrelerine göre sentetik ışık eğrileri üretmektedir.

Dorren programında kullanılan temel girdi parametreleri yıldızın periyodu (P), dönme ekseninin gözlemci bakış doğrultusuyla yaptığı açı (i), doğrusal kenar kararma katsayısı (u), lekenin enlemi (β), lekenin boylamı (λ), lekenin açılal yarıçapı (γ), leke ile onu çevreleyen fotosfer arasındaki akı oranı (κ) ile tanımlanmaktadır. κ , parlak (sıcak) leke için 1'den büyük; soğuk (gri) leke için 1'den küçük değer alır.

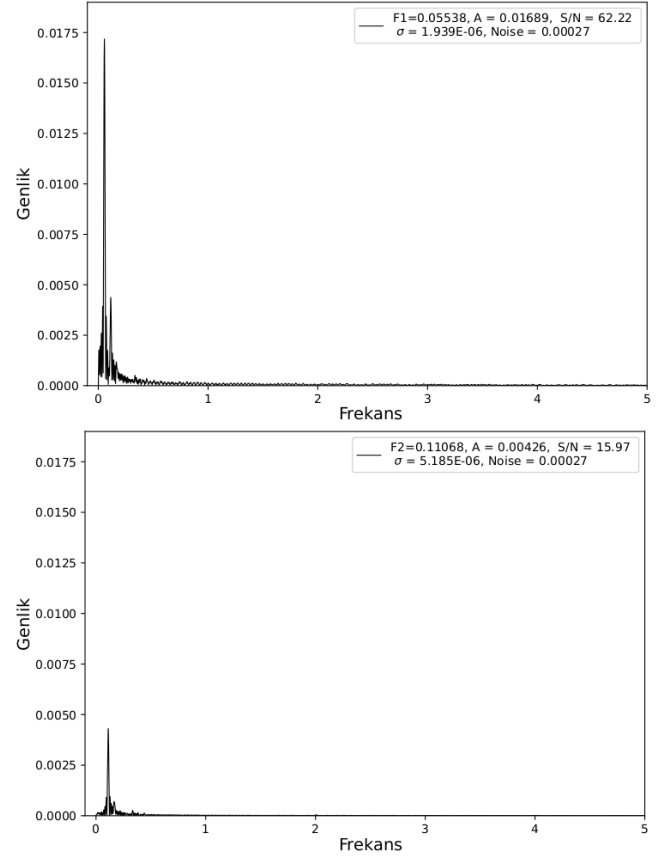


Şekil 1. HD 171586 yıldızının Period04 programı ile elde edilen f1-f3 frekanslarına ait periyodogramları.

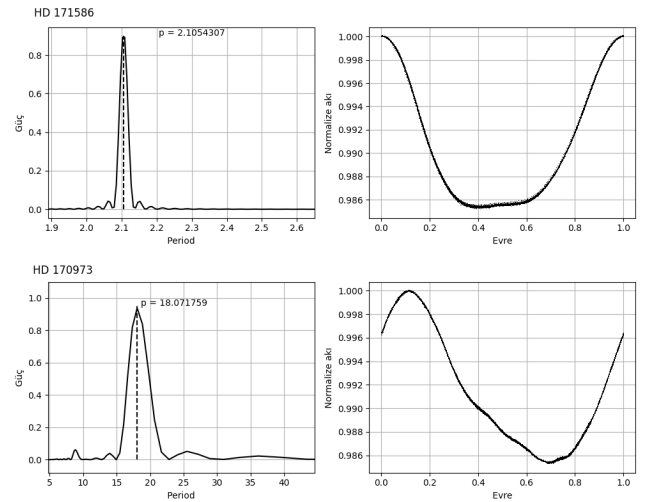
Macula programı ise diğerinden farklı olarak doğrusal kenar kararım katsayısı yerine dört parametrelilik doğrusal olmayan kenar kararım katsayıları (c1, c2, c3, c4) kullanılmaktadır. Ayrıca leke göçünün modellemesini sağlayan diferansiyel dönme katsayıları ile lekenin oluşma ve kaybolma zamanına ilişkin parametreler de yer almaktadır.

Yıldız yüzey lekelerine ilişkin olası parametreleri belirleyebilmek için prensip; gözlemsel ve teorik ışık eğrileri arasında uyum aramaktır. Bu işlem fark-kare toplamları en küçük olacak şekilde parametrelerin değiştirilmesini gerektirir. Bahsedilen işlemlerin hızlıca yapılabilmesi ve gözlemsel ile kuramsal verilerin uyumunun görülebilmesi amaçlarıyla her iki Fortran kodunun Python içerisinde modül olarak kullanılmasını sağlayan bir yöntem geliştirildi (detay için bkz. Özgür 2020). O, gözlemsel veri ve C, teorik veri olmak üzere, $\sum (O - C)^2$ en küçük olacak şekilde parametrelerin değiştirilmesi için Python programlama dilinin lmfit paketindeki Levenberg-Marquardt algoritmasından yararlanıldı.

HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının Period04'den elde edilen periyot değerleri, Dorren ve Macula programları aracılığıyla yapılan leke modellemelerinde sabit parametre değerleri olarak kullanıldı. Kenar kararım katsayıları, her iki yıldız için Gebran ve diğ. (2016) tarafından belirlenen atmosfer



Şekil 2. HD 170973 yıldızının Period04 programı ile elde edilen f1-f2 frekanslarına ait periyodogramları.



Şekil 3. Lomb-Scargle programı kullanılarak HD 171586 (üst panel) ve HD 170973 (alt panel) yıldızlarının periyot-güç grafikleri (sol) ve evrelendirilmiş ışık eğrileri (sağ).

Çizelge 2. HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının atmosfer parametreleri ve kenar karama katsayıları. Kaynaklar: (1): [Gebran ve diğ. \(2016\)](#), (2): [Sing \(2010\)](#).

Parametreler	HD 171586	HD 170973	Kaynak
T_e (K)	8600	10529	(1)
$\log g$ (dex)	3.7	3.93	(1)
[Fe/H] (dex)	-0.1	0.74	(1)
u	0.583	0.5063	(2)
c1	0.4884	0.5742	(2)
c2	0.3827	0.3506	(2)
c3	-0.0905	-0.3268	(2)
c4	-0.0404	0.0940	(2)

parametrelerine karşılık [Sing \(2010\)](#)'in *CoRoT* uzay teleskobu için hazırladığı kenar karama katsayıları kataloğundan elde edildi (bkz. [Çizelge 2](#)).

mCP tipi yıldızların atmosferlerinde helyum, silisyum, krom ve demir elementleri, optik bölgede parlak, uzak-UV bölgede karanlık lekeler oluşturmaktadır ([Krtićka ve diğ. 2012](#)). Bu çalışmada kontrast değeri (κ) için parlak leke varsayımını kabul edildi.

HD 171586 için $v \sin i = 50 \text{ km s}^{-1}$ ([Gebran ve diğ. 2016](#)) ve $R = 2.22 R_{\odot}$ ([Glagolevskij 2019](#)) değerleri kullanılarak, [Stepien \(1989\)](#) tarafından verilen

$$v \sin i = 50.6 \frac{R(R_{\odot})}{P(\text{gün})} \sin i$$

ifadesinden; $i = 70^{\circ}$ olarak hesaplandı. Bu değer leke çözümünde sabit parametre olarak kullanıldı.

HD 171586 yıldızının her iki program yardımıyla leke modellemesi, öncelikle tek leke varsayımı altında ve periyot ve eğim açısı dışındaki diğer parametreler serbest bırakılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra leke sayıları artırılarak parametrelerin değer aralıkları daraltılmıştır. HD 171586 yıldızının üç leke varsayımı ile yapılan çözüm neticesinde elde edilen değerler, [Çizelge 3](#)'te, her iki kod ile elde edilen yıldızların yüzey leke haritaları (alt panel), ışık eğrisi (üst panel; gözlemsel veri siyah, sentetik ışık eğrisi kırmızı renkle gösterilmiştir) ve artıkların (orta panel) evreye göre değişimi [Şekil 4](#)'de görülmektedir. $\sum (O - C)^2$ değerlerinde kayda değer önemli bir değişiklik görülmediğinden ayrıca frekans analizinde S/N değeri 4'ten büyük sadece üç frekans olduğundan başka herhangi bir çözüm aranmamıştır.

HD 170973 yıldızının çözümüne tıpkı HD 171586 yıldızında olduğu gibi tek leke varsayımıyla başlandı. Periyot değeri dışında bütün parametreler serbest bırakıldı ve leke sayıları artırılarak parametre değerleri daraltıldı. Yıldızın frekans analizinde S/N değeri 4'ten büyük iki frekans olduğundan iki leke varsayımı altında çözüm yapıldı. İki leke varsayımı ile yapılan çözüm neticesinde elde edilen parametreler [Çizelge 3](#)'te ve her iki kod ile elde edilen yıldızın yüzey haritaları (alt panel), ışık eğrisi (üst panel; gözlemsel veri siyah, sentetik ışık eğrisi kırmızı renkle görülen) ve artıklar (orta panel) evreye göre değişimi [Şekil 5](#)'te verilmiştir.

5 Tartışma ve Sonuç

Yapılan analizlerden HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının dönme periyotları sırasıyla 2.1054859 gün ve 18.0569225 gün olarak bulunmuştur. Bu değerler, yer-tabanlı fotometrik verilerle bulunan 2.1436 gün ([Winzer 1974](#)) ve 18.0642(5) gün

Çizelge 3. HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının yüzey haritalarına ilişkin çözüm parametreleri. Son satırdaki OC_{ort} , $1/N \times \sum (O - C)^2$ değerine karşılık gelir.

Parametre	HD 171586		HD 170973	
	Dorren	Macula	Dorren	Macula
P (gün) sabit	2.1054859	2.1055486	18.0569225	18.0569225
i ($^{\circ}$)	70 (sabit)	70 (sabit)	21.2 \pm 0.1	21.5 \pm 0.2
λ_1 ($^{\circ}$)	139.6 \pm 0.2	140.0 \pm 0.2	157.3 \pm 0.4	158.2 \pm 0.3
β_1 ($^{\circ}$)	-43.6 \pm 0.9	-43.7 \pm 0.4	5.3 \pm 0.5	66 \pm 2
γ_1 ($^{\circ}$)	10.3 \pm 0.5	10.6 \pm 0.1	22.8 \pm 0.2	20.4 \pm 0.8
λ_2 ($^{\circ}$)	232.1 \pm 0.4	234.3 \pm 0.6	33.8 \pm 0.8	26.9 \pm 0.3
β_2 ($^{\circ}$)	-39.9 \pm 0.8	-38.9 \pm 0.8	-16.3 \pm 2	-50 \pm 2
γ_2 ($^{\circ}$)	5.9 \pm 0.5	5.5 \pm 0.1	20.2 \pm 2	15 \pm 2
λ_3 ($^{\circ}$)	144.4 \pm 0.7	144.9 \pm 0.1		
β_3 ($^{\circ}$)	51.5 \pm 0.6	52.6 \pm 0.4		
γ_3 ($^{\circ}$)	12.2 \pm 0.8	12.2 \pm 0.1		
κ sabit	1.25	1.25	1.25	1.25
OC_{ort}	8.64e-08	8.55e-08	1.21e-07	1.01e-07

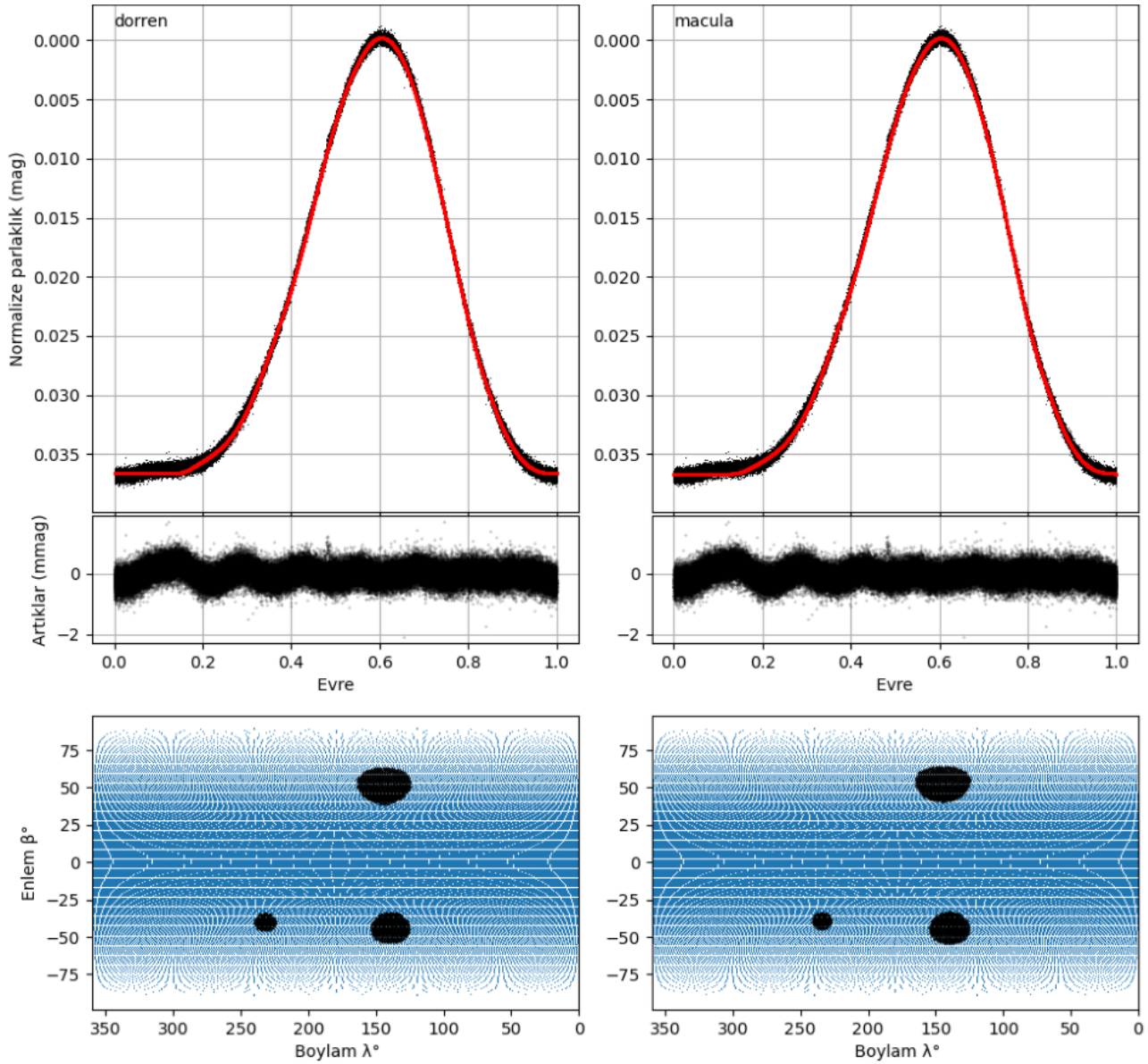
([Adelman 2008](#)) ile uyumludur ve gözlemsel verilerin zamana göre sürekliliği nedeniyle çok daha duyarlı bir şekilde elde edilmiştir.

HD 171586 ve HD 170973 yıldızlarının bu çalışmadan elde edilen dönme periyotları ile literatürdeki değerler arasındaki farklar -0.0380514 gün (-54.79 dk) ve -0.0072775 gün (-10.48 dk) olup bu fark, yer-tabanlı fotometrik verilerdeki gözlemsel nokta eksikliklerinden kaynaklanabileceği gibi, yıldız yüzeyinde bulunan lekelerin zamana bağlı konumsal ve biçimsel değişiminden de kaynaklı olabilir. Gelecekte gerçekleştirilecek çevrim sayısı bakımından fazla, duyarlı ve kesintisiz gözlemsel uydu verilerine dayalı benzer araştırmalar, söz konusu manyetik özellikli kimyasal sıradışı yıldız atmosferlerinin doğasının anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Yıldızların yüzey yapılarının modellenmesinde kullanılan parametrelerin belirlenebilmesi için Python programlama dilinde bir algoritma yazılmıştır. Hazırlanan algoritmanın test edilmesi ve fotometrik analizlere hazır hale getirilmesi için sanal yıldız modelleri kurgulanmıştır. Bu modellerle yapılan fotometrik analizlerde yıldızlara ilişkin gözlem verileri girilmek suretiyle, hem Dorren hem de Macula kodları yardımıyla sentetik ışık eğrileri üretilmiş, leke analizleri gerçekleştirilerek her iki kodun karşılaştırılması yapılmıştır. İki farklı program ile elde edilen sonuçlar arasındaki küçük farklılıkların temel olarak Dorren ve Macula programları tarafından kullanılan kenar karama katsayılarındaki farklılıklardan kaynaklandığı anlaşılmıştır. Dorren doğrusal kenar karama katsayıları kullanırken; Macula programı doğrusal olmayan (dört parametrelili) kenar karama katsayılarını kullanmaktadır.

HD 171586 yıldızı için üç ve HD 170973 yıldızı için iki leke varsayımı altında iki ayrı bilgisayar programı kullanılarak teorik modeller üretildi ve sıcak lekeye uyumlu yüzey haritalı modellerin gözlemlerle uyum içerisinde olduğu anlaşıldı. Her iki programdan elde edilen parametre değerleri birbirleri ile uyum içerisindeydi. Lekeler farklı büyüklükte olup, en büyük leke yarıçapları HD 171586 için 12° ve HD 170973 için 28° 'dir.

Kimyasal sıra dışı yıldızların atmosferlerindeki element bolluk dağılımları ve manyetik etkinlik nedeniyle oluşabilecek parlaklık değişimlerinin modellenmesinde Dorren ve Macula kodlarının her ikisi bu yıldız tiplerine ilk kez uygulanmıştır. Bu türden astrofizik çalışmaların artırılması ile, kimyasal sıradışı



Şekil 4. HD 171586 yıldızının üç leke kabulü altında Dorren (sol panel) ve Macula (sağ panel) ile elde edilen ışık eğrisi (üst panel) ve artıkların (orta panel) evreye göre değişimi ve yüzey haritası (alt panel)

yıldızların yüzey element dağılımlarının zamana bağlı değişimi *CoRoT*, *Kepler* ve *TESS* gibi atmosfer dışı uydular gözlemsel verilerinin kullanımı sayesinde incelenerek yüzey kontrastlarının anlaşılmasına ivme kazandıracaktır.

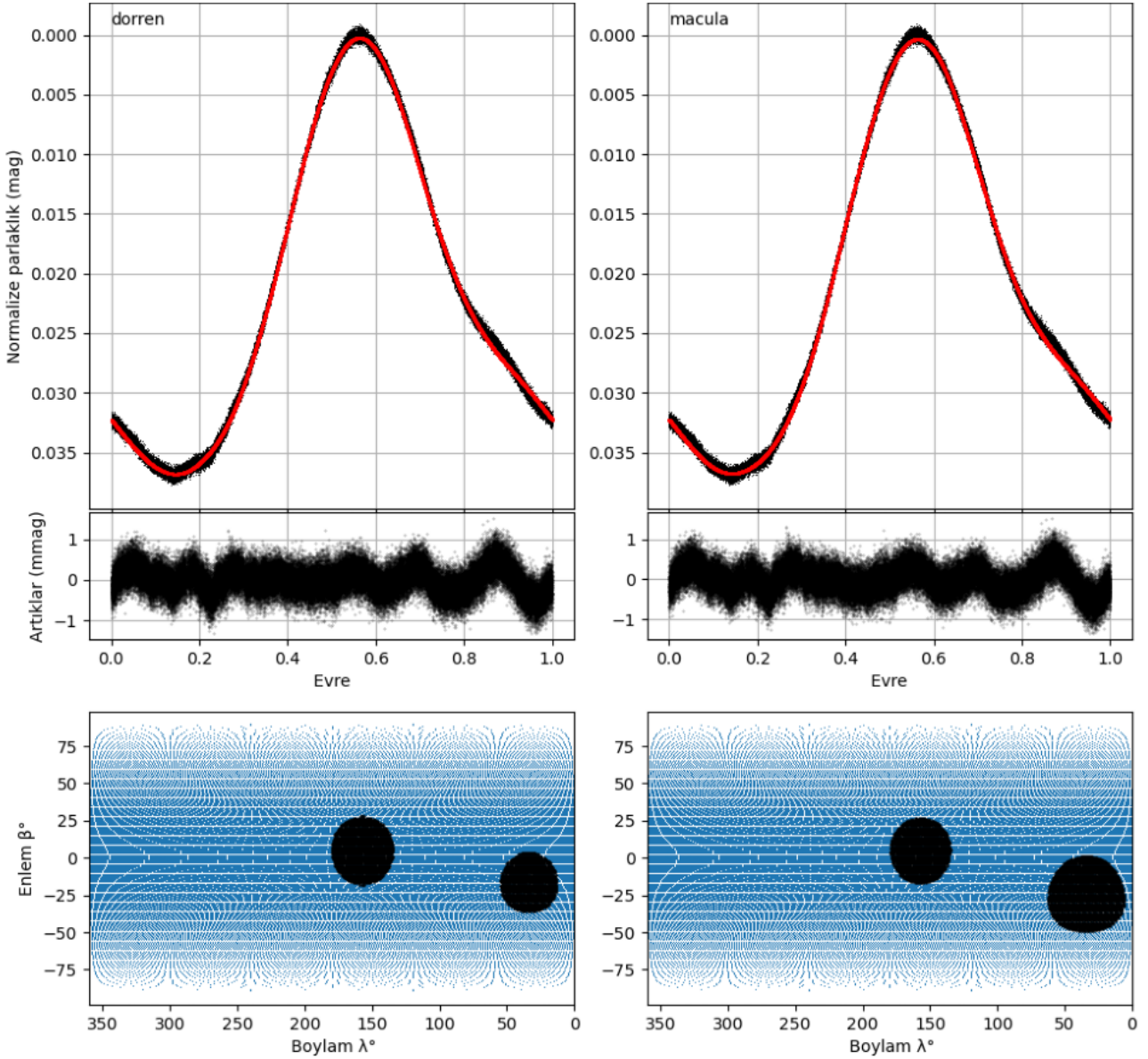
Teşekkür

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda Kutluay YÜCE danışmanlığında yüksek lisans öğrencisi Ergün ÖZGÜR tarafından Ocak 2020 tarihinde tamamlanan tez çalışmasının bir bölümüdür. Bu araştırmada kullanılan literatür bilgisi için CDS (Strasbourg, France) tarafından işletilen SIMBAD (Wenger ve diğ. 2000) veritabanından yararlanılmıştır.

Kaynaklar

Abt H. A., Morrell N. I., 1995, *ApJS*, 99,135
Adelman S. J., Duker R. J. Jr., Pyper D. M., 1992, *AJ*, 104, 314.

Adelman S. J., 2004, *MNRAS*, 351, 823
Adelman S. J., 2008, *PASP*, 120, 367
Adelman S. J., Woodrow S. L., 2007, *PASP*, 119, 1256
Aurière M., Wade G. A., Silvester J., Lignières F., Bagnulo S., et al., 2007, *A&A*, 475, 1053
Babcock H. W., 1949, *The Observatory*, 69,191
Babcock H. W., 1958, *ApJ*, 128, 228-258
Baglin A., Fridlund M., 2006, *ESA SP-1306*. ISBN 92-9092-465-9., p.11
Bohlender D. A., Landstreet J. D., Thompson I. B., 1993, *A&A*, 269,355
Catalano F. A., Leone F., 1993, *A&ASS*, 100, 319
Deutsch A. J., 1958, in *I.A.U. Symp. No. 6*, ed. B. Lehnert (Amsterdam: North-Holland Publishing Co.) p. 209.
Dorren J. D., 1987, *ApJ*, 320, 756
Gebran M., Farah W., Paletou F., Monier R., Watson V., 2016, *A&A*, 589, id.A83, 10
Glagolevskij Y. V., 2007, *Astrophysical Bulletin*, 62, 244



Şekil 5. HD 170973 yıldızının iki leke varsayımı ile Dorren (sol panel) ve Macula (sağ panel) ile elde edilen ışık eğrisi (üst panel) ve artıkların (orta panel) evreye göre değişimi ve yüzey haritası (alt panel)

Glagolevskij Y. V., 2019, *Astrophysical Bulletin*, 74, 66
 Gray R. O., Corbally C. J., 2002, *AJ*, 124, 989
 Kipping D. M., 2012, *MNRAS*, 427, 2487
 Krtićka J., Mikulášek Z., Lüftinger T., Shulyak D. et al., 2012, *A&A*, 537, id.A14, 14
 Lomb N. R., 1976, *ApSS*, 39, 447
 Lenz P., Breger M., 2005, *Communications in Asteroseismology*, 146, 53
 Lüftinger T., Fröhlich H.-E., Weiss W. W., Petit P., 2010, 509, id.A43, 11
 Mislis D., Schmitt J. H. M. M., Carone L., Guenther E. W., Pätzold M., 2010, *A&A*, 522, id.A86, 8
 Netopil M., Pauszen E., Hümmerich S., Bernhard K., 2017, *MNRAS*, 468, 2745
 North P., Adelman S. J., 1995, *A&AS*, 111, 41
 Özgür E., 2020, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
 Pauszen E., Fröhlich H.-E., Netopil M., Weiss W. W., Lüftinger T.,

2015, *A&A*, 574, id.A57, 5
 Pypser D. M., 1969, *ApJS*, 18, 347
 Pypser D. M., Adelman S. J., 2004, Cambridge, UK. Cambridge University Press, 307
 Scargle J. D., 1982, *ApJ*, 263, 835
 Sing D. K., 2010, *A&A*, 510, id.A21
 Stepień K., 1989, *A&A*, 220, 105
 Stibbs D. W. N., 1950, *MNRAS*, 110, 395
 Wenger M., Ochsenbein F., Egret D., Dubois P., Bonnarel F., et al., 2000, *A&A*, 143, 9.
 Winzer J. E., 1974, *AJ*, 79, 124

Access:
 M23-0334: [Turkish J.A&A — Vol.4, Issue 3.](#)