

HAT-P-19 Yıldızının Tayfsal Analizi

Selçuk Yalçinkaya^{1*}, Özgür Baştürk¹

¹Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara

Özet

Bu çalışmada ötegezegen barındıran HAT-P-19 yıldızının yüksek çözünürlüklü ($R = 55000$) KECK/HIRES tayfı tekrar analiz edilip temel atmosfer parametreleri ve bazı elementlerin bolluğu hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: stars: abundances, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

Sıcaklık (T_{eff}), yüzey çekim ivmesi ($\log g$) ve metalisite ($[Fe/H]$) yıldızı karakterize eden temel atmosfer parametreleridir. Bu parametreler ile yıldız evrim modelleri birleştirilerek yıldızın kütlesi (M_*), yarıçapı (R_*) ve yaşı gibi mutlak fiziksel parametrelerine ulaşılabilir (Girardi vd. 2000). Geçiş yapan bir ötegezegen'in mutlak parametrelerinin belirlenebilmesi için barınak yıldızının parametreleri hassas ve doğru bir biçimde hesaplanmalıdır. Yıldızın parametreleri, gezegenin parametrelerinin yanı sıra gezegen ile barınak yıldızının özellikleri arasındaki korelasyonların belirlenmesinde de kullanılabilir. Bu korelasyonlar gezegenlerin oluşum ve evrim mekanizmalarını kavramak adına önem arz etmektedir. Şimdiye kadar çalışılmış bu korelasyonlardan bazıları; yıldızın metal bolluğu ile gezegen frekansı Santos vd. (2004), yörünge dönemi (Sozzetti vd. 2004), gezegen kütlesi (Guillot vd. 2006) ve gezegen yarıçapı (Buchhave vd. 2012) arasında kurulan ilişkiler ile yıldızın sıcaklığıyla gezegenin yörünge düzleminin, yıldızın dönme eksenine göre eğikliği (Albrecht vd. 2012), (Winn vd. 2010), arasındaki korelasyondur. Bu çalışmalardaki korelasyonlar tüm gezegen sistemleri için geçerli olmasalar da ortaya ilginç sonuçlar koymaktadır.

Bu yüzden Bu çalışmada HAT-P-19 yıldızının KECK/HIRES ile alınmış yüksek çözünürlüklü ($R=55000$) tayfları ilk analiz tarihinden bu yana gelişen tayfsal analiz teknikleri kullanılarak tekrar analiz edilmiş, bu analizler sonucunda temel atmosfer parametreleri ve bazı elementlerin bollukları için bazı ön sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar geçiş yapan HAT-P-19b ötegezegenine ilişkin temel parametrelerin belirlenmesinde kullanılabileceği gibi yıldız parametreleriyle ötegezegen parametreleri arasında araştırılan korelasyonlara da girdi sağlayabilir.

2 Verinin Normalize Edilmesi

Soğuk yıldızların tayflarında çok sayıda ve birbirine çok yakın tayfsal çizginin varlığı sürekliliğin saptanmasını önemli ölçüde zorlaştırmaktadır. Bu nedenle öncelikle Vienna Atomic Line Database (VALD), (Piskunov vd. 1995) veritabanından yıldızın tahmini parametrelerine uygun bir sentetik yıldız tayfı oluşturulmuştur. Sentetik tayftan sürekliliğin nereden geçmesi gerektiği referans alınarak (sentetik ve yıldız tayfı arasındaki çizgi şiddetinin çok farklı olduğu yerlerde çizginin şiddetine göre etrafındaki sürekliliği aşağı çekeceği dikkate alınmıştır) yıldız tayfında sürekliliğin geçmesi beklenen noktalar manuel olarak

işaretlenmiştir. Daha sonra işaretlenen bu noktalar düğüm kabul eden kübik spline fonksiyonları oluşturularak yıldızın tayfı bu fonksiyonlara bölünmek suretiyle normalize edilmiştir.

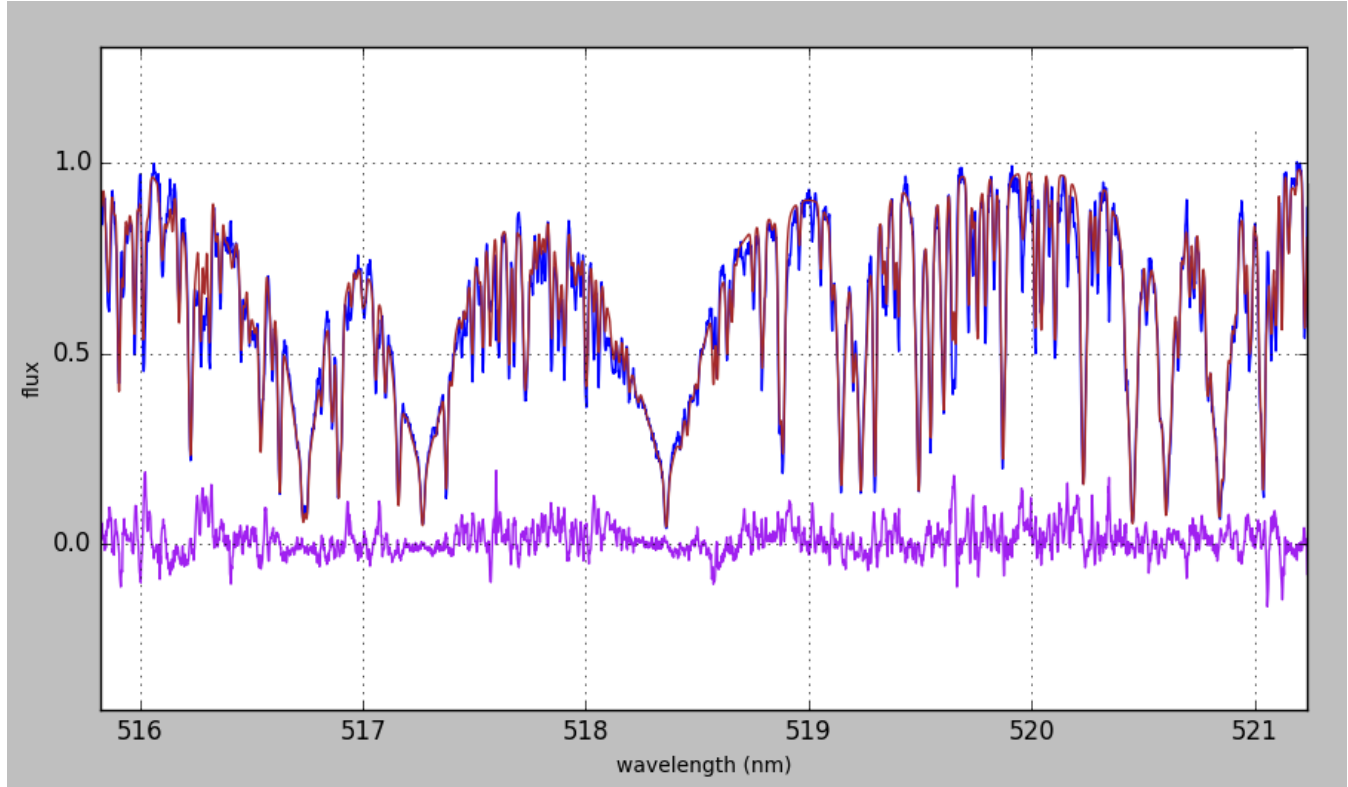
3 Analiz

Etkin sıcaklığı $T_{eff} \leq 5000$ K olan yıldızlarda parametre belirlemek için kullanılan standart demir çizgilerinin eşdeğer genişliği yöntemi, çizgi örtüşmesinin (blending) çizgilerin ayırt edilmesini zorlaştırmasından dolayı uygun bir yöntem olarak görülmemektedir. Yoğun çizgi örtüşmesi eşdeğer genişliğin yanlış ölçülmesine ve parametrelerin yanlış hesaplanmasına yol açmaktadır (Tsantaki vd. 2013). Bu yüzden atmosfer parametreleri hesaplamak için sentetik yıldız tayfı karşılaştırması yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle tayfı analize hazır hale getirmek için kozmik ışıdan etkilenen bölgeler, tellürik çizgilerin olduğu bölgeler ve çok düşük Sinyal / Gürültü (S/N) oranına sahip bölgeler atılmış ve yıldız gezegen sisteminin uzay hızı hesaplanarak elimine edilmiştir. Daha sonra sentetik yıldız tayfı oluşturmak için iSpec programında (Blanco-Cuaresma vd. 2014) bulunan Synthe (Kurucz vd. 1993), MOOG (Snedden vd. 2012) ve SME (Valenti vd. 1996) kodları, Güneş bolluğu için (Asplund vd. 2009), model atmosfer olarak Atlas-9 (Castelli & Kurucz 2004) ve çizgi listesi için de VALD veritabanı kullanılmıştır. Kullanılan 3 farklı kodla da benzer değerlere ulaşılmıştır. Tablo-1'de verilen değerler Synthe kodu ile elde edilen değerlerdir.

Başlangıç parametreleri için Hartman vd (2011)'de elde edilen değerler kullanılmıştır. Önce tüm parametreler serbest bırakılarak öncü parametreler elde edilmiş, daha sonra makrotürbülans (V_{mac}) ve mikrotürbülans (V_{mic}) serbest bırakılıp öncü parametreler sabit tutulmuştur. Böylelikle makro ve mikro türbülans değerleri bulunmuş olup programa sabit değerler olarak girilerek yıldızın atmosfer parametreleri elde edilmiştir.

Yıldızın izdüşümsel dönme hızı (V_{sini}) makrotürbülans hızına yakın olan yıldızlarda, dönme hızıyla makrotürbülansın tayfsal çizgileri benzer şekilde genişlettiği varsayımı altında, v_{sini} değeri sıfıra sabitlenerek $V_{broad} = V_{sini} + V_{mac}$ değeri bulunup daha sonra makrotürbülansın teorik değeri (Brewer vd. 2016) yerine konularak v_{sini} değeri elde edilebilir Bu çalışmada v_{sini} ve V_{mac} değerleri ayrıca bu yöntemle bulunup Tablo-1'de parantez içinde gösterilmiştir. Yıldızın atmosfer parametreleri hesaplandıktan sonra bazı alfa elementlerin ve literatürde sıklıkla parametreler arası korelasyon araştırmalarında kullanılan elementlerin bollukları, temel parametre hesabında kullanılan yöntemle aynı şekilde hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo-2'de sunulmaktadır.

* selcuk.yalcinkaya@yahoo.com



Şekil 1. HAT-P-19 yıldızının KECK / HIRES gözlemsel tayfı (mavi) ile yıldızın tayfına en iyi uyan ve temel parametrelerinin üzerinden hesaplandığı sentetik tayf (kırmızı). Model (sentetik) tayftan artıklar aşağıda mor ile gösterilmiştir. Artıklardaki saçılmanın temel sebebi, sentetik tayfta gürültü olmamasından, artıklardaki çizgi yapıları ise demir harici elementlerin bolluk farklarından veya VALD veritabanında kullanılmayan demir çizgilerinden kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Hesaplanan ve literatürden alınan temel tayfsal parametrelerin karşılaştırması. ^a V_{mac} 'in teorik değeri, ^b V_{sini} değeri sıfır'a sabitlenip hesaplanan değerden V_{mac} çıkarılarak bulunmuştur

Referans	[Fe/H]	logg	V_{sini}	T_{eff}	V_{mac}	V_{mic}
Hartman vd. (2011)	0.23 ± 0.08	4.54 ± 0.05	0.7 ± 0.5	4990 ± 130	2.81	0.85
Brewer vd. (2016)	0.29	4.44	1.8	4951	1.8	0.85
Bu çalışma	0.23 ± 0.05	4.55 ± 0.07	$1.41 \pm 0.87 (1.58)^a$	4988 ± 54	$2.82 \pm 0.59 (1.8)^b$	0.79 ± 0.15

Çizelge 2. Bu çalışmada ve literatürde bulunan bazı elementlerin bolluk değerleri

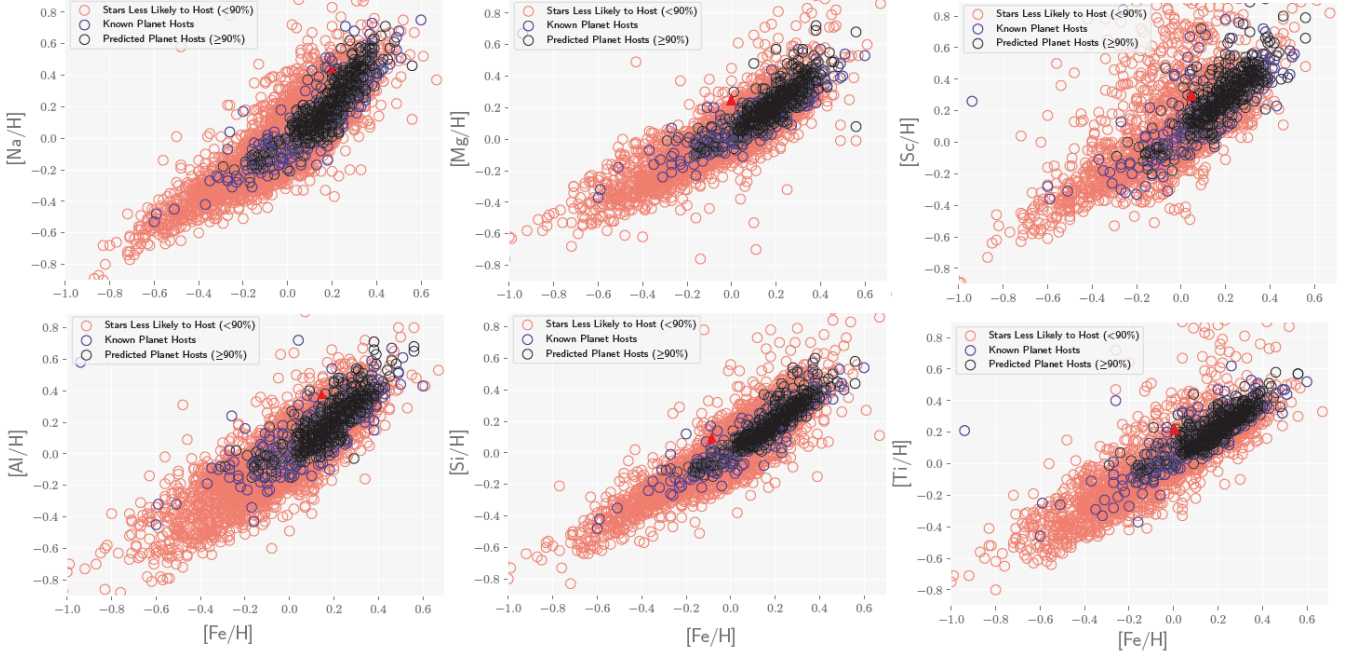
Referans	Brewer vd. (2016)	Bu çalışma
[Na/H]	0.61	0.44 ± 0.02
[Mg/H]	0.3	0.24 ± 0.07
[Cr/H]	0.29	0.18 ± 0.24
[Al/H]	0.4	0.38 ± 0.44
[Ca/H]	0.33	0.29 ± 0.38
[Ti/H]	0.3	0.21 ± 0.22
[Mn/H]	0.4	-0.21 ± 0.8
[Ni/H]	0.38	0.25 ± 0.33
[Sc/H]	-	0.29 ± 0.60
[Si/H]	0.31	0.13 ± 0.24

4 Sonuç

T_{eff} , V_{sini} , logg, V_{mac} , V_{mic} ve [Fe/H] değerleri keşif yayınında hesaplanan değerler ile hata sınırları dahilinde benzerdir. Ancak bu parametrelerin tekrar hesaplandığı ve bazı elementlerin

bolluklarının çalışıldığı Brewer vd. (2016)'da hem tayfin normalizasyonu hem de parametre hesabı otomatik bir algoritmayla yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada VALD veritabanından alınan çizgi listesi için girilen sıcaklık değeri (4750 K), HAT-P-19'un tarafımızca hesaplanan değerinden çok farklıdır. Dolayısıyla bulduğumuz temel parametreler Brewer vd. (2016) ile 1 standart sapma dahilinde tutarlı olsa da bazı elementlerin bollukları oldukça farklıdır.

Hinkel vd. (2018) barınak yıldızın bazı elementlerinin bollukları ile gezegen barındırma olasılıkları arasındaki ilişkileri belirleyerek hangi tür yıldızların etrafında ötegezegen aranmasının daha verimli olabileceğinin belirlenmesine yönelik bir algoritma geliştirmiştir. Bunun için dev gaz gezegen barındırdığı bilinen 319 yıldız kullanılmıştır. Ancak HAT-P-19 bu örneğe dahil edilmemiştir. Bu çalışmada ulaşılan bolluk değerleri Hinkel vd. (2018)'de verilen grafiklerin üzerine yerleştirilerek, HAT-P-19'un genel trende uyduğu ve gezegen barındırması olasılığının bu algoritma ışığında yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Mor çemberler ötegezegen barındıran yıldızları, siyah ve turuncu çemberler ise henüz etraflarında ötegezegen keşfedilmemiş yıldızları göstermektedir. Mor ile gösterilen yıldızların parametreleri yapay zekaya öğretilerek siyah ile gösterilen yıldızların ötegezegen barındırma ihtimali yüksek, turuncu ile gösterilen yıldızlarda ise düşük hesaplanmıştır (Hinkel vd. 2018). Kırmızı üçgenler ise bu çalışmada elde edilen değerlerdir.

Teşekkür

Bu çalışma 116F350 numaralı TÜBİTAK-3001 araştırma ve geliştirme projesiyle desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Albrecht, S., vd.: Obliquities of Hot Jupiter Host Stars: Evidence for Tidal Interactions and Primordial Misalignments. *AJ*. **757** (2012) 18
- Asplund, M., vd.: The Chemical Composition of the Sun. *ARA&A*. **47** (2009) 481–522
- Blanco-Cuaresma, S., Soubiran, C., Heiter, U., Jofre, P.: iSpec: Stellar atmospheric parameters and chemical abundances. ASCL (2014) record ascl:1409.006
- Brewer, M., vd.: Spectral Properties of Cool Stars: Extended Abundance Analysis of 1,617 Planet-search Stars. *APJ*. **225** (2016) 36
- Buchhave, A., vd.: An abundance of small exoplanets around stars with a wide range of metallicities. *Nature*. **486** (2012) 375–377
- Castelli, F., Kurucz, R. L., : New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres. (2004) arXiv:astro-ph/0405087
- Girardi, L., vd.: Evolutionary tracks and isochrones for low- and intermediate-mass stars: From 0.15 to 7 Msun, and from $Z=0.0004$ to 0.03. *A&AS*. **141** (2000) 371–383
- Guillot, T., vd.: A correlation between the heavy element content of transiting extrasolar planets and the metallicity of their parent stars. *A&A*. **453** (2006) 21–24
- Hartman, J. D., vd.: HAT-P-18b and HAT-P-19b: Two Low-density Saturn-mass Planets Transiting Metal-rich K Stars. *APJ*. **726** (2011) 16
- Hinkel, N., vd.: A Recommendation Algorithm to Predict Giant Exoplanet Host Stars Using Stellar Elemental Abundances. (2018) arXiv:1805.12144
- Kurucz, L.: SYNTHES spectrum synthesis programs and line data. SAO (1993)

- Piskunov, Nikolai & Kupka, F & A. Ryabchikova, T & Weiss, Werner & Jeffery, Simon.: VALD: The Vienna Atomic Line Data Base. *A&ASS* **112** (1995) 525
- Santos, N., Israelian, G., Mayor, M.: Spectroscopic [Fe/H] for 98 extra-solar planet-host stars. Exploring the probability of planet formation. *A&A*. **415** (2004) 1153–1166
- Snedden, C. vd.: MOOG: LTE line analysis and spectrum synthesis. ASCL (2012) record ascl:1202.009
- Sozzetti, A., vd.: When Do Planets Form? A Search for Extra-solar Planets around Metal-Poor Stars. *Extrasolar Planets: Today and Tomorrow*, ASP Conference Proceedings. **321** (2004) 30
- Tsantaki, M., vd.: Deriving precise parameters for cool solar-type stars. Optimizing the iron line list. *A&A*. **555** (2013) 11
- Winn, J. vd.: Hot Stars with Hot Jupiters Have High Obliquities. *AJL*. **718** (2010) 145–149
- Valenti, A., Piskunov, N. E.: Spectroscopy Made Easy. *MASS* **108** (1996)

Erişim:

023-1515: **UAK-2018 Program** — **UAK Bildiri** — **Turkish J.A&A**.