



SDSS J141955.28+522741.4 Kuazarının Soğurma Çizgilerinin Kısa Zaman Ölçekli Değişiminin İncelenmesi

Damla Erakuman¹, Nurten Filiz Ak^{1,2}

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri, Türkiye.

²Erciyes Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Gözlemevi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Kayseri, Türkiye.

Özet: Kuazar tayflarında görülen geniş soğurma çizgileri (Broad Absorption Line; BAL), yığılma diski civarında bulunan, 0.2c'ye kadar ulaşabilen yüksek hızlı rüzgar yapılarının belirteci olarak incelenmektedir. Bu çalışmada, SDSS J141955.28+522741.4 kuazarının farklı zamanlarda alınmış 32 tayfının zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Kısa zaman ölçekli değişimlerin yanı sıra soğurma çizgilerinin birbirleri ile koordineli değişimleri araştırılmış ve BAL yapılarının değişimine sebep olan olası mekanizmalar tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuazar, Kuazar Rüzgarları, Geniş Soğurma Çizgili Kuazarlar

Abstract: The broad absorption lines (BALs) in the quasar spectra are studied as indicators of quasar wind structures that can reach up to 0.2c from the accretion disk. In this study, we analyze the time dependent variations of 32 spectra of quasar J141955.28+522741.4, observed by SDSS at different epochs. Besides the significant variation in the shortest time-scales, we search for coordinated variability among multiple absorption lines and discuss potential causes of BAL trough variations.

Key Words: Quasar, Quasar Winds, Broad Absorption Line Quasar

1. Giriş

Kuazarlar, merkezlerinde aktif halde süper kütleli bir kara delik (SKK) barındıran, küçük bir bölgeden muazzam ışımaya yapan, evrenin en uzak ve parlak nesnelere sahiptir. Güncel çalışmalar, kuazarların bir kısmında SKK etrafında bulunan yığılma diskinden, uzaya doğru madde taşıyan rüzgar yapıları olduğunu göstermektedir (Hewett ve Foltz 2003; Knigge vd. 2008; Gibson vd. 2009). Söz konusu rüzgarlar, hem kara deliğin yakın komşuluğunda hem de ev sahibi galaksi üzerinde etkileri olan, çekirdek çevresinin hızlı (hızları 0.2 c'ye ulaşabilen) bileşenleridir (Rogerson vd. 2016). Rüzgar yapılarının kuazar tayfındaki etkisi, maviye kaymış geniş soğurma çizgileri olarak gözlenmektedir. Rüzgar yapıları içeren kuazarlar, “Geniş Soğurma Çizgili Kuazarlar” ya da “BAL Kuazarlar” olarak adlandırılmaktadır. BAL kuazarların geleneksel tanımında, soğurma çizgilerinin süreklilik değerinin en az %10 altına ulaşabilmesi ve genişliğinin en az 2000 km/s olması şartı aranmaktadır (Weymann vd. 1991). Moröte bölgede yaygın soğurma çizgileri SiIV (1400 Å), CIV (1549 Å), AlIII (1860 Å) ve MgII (2800 Å) salma çizgilerinin mavi tarafında kalan bölgede gözlenmektedir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bu soğurma çizgilerinin eş değer genişlik (EG) ve profilinin zamana bağlı olarak hem kısa hem de uzun zaman ölçeklerinde güçlü değişimler gösterdiği rapor edilmektedir (Lundgren vd. 2007; Hall 2011; Filiz Ak vd. 2013,2014; Grier vd. 2015). Halen tartışma konusu olan, soğurma çizgilerinin değişimine sebep olan mekanizmalar arasında; soğurucu gazın bakış doğrultusu boyunca hareketinden (Hall 2011) ya da soğurucu gazın iyonizasyon seviyesinin değişiminin (Hamann vd. 2008) neden olduğu öne sürülmektedir. Diğer yandan, bu mekanizmaların her ikisinin de ortak bir etkisinin olduğu, ancak birinin diğerine göre daha baskın olabileceği tartışma konusudur. BAL yapılarının zamana bağlı değişiminin incelenmesi; rüzgarların dinamiği, fiziksel yapısı, konumu ve enerji kaynaklarının araştırılmasına olanak sağlayacaktır (Smith ve Penston 1988; Lundgren 2007; Hall 2011).

Bu çalışmanın amacı, kuazar rüzgarlarının temel karakteristiği kabul edilen, en kısa zaman ölçeklerinde gerçekleşen güçlü değişimlerin araştırılmasıdır. Bu amaç kapsamında, SDSS J141955.28+522741.4 (J1419) kuazarına ait çok sayıda tayf analiz edilerek soğurma çizgileri tespit edilmiştir. Soğurma çizgilerinin şiddet ölçümleri ve şiddetlerin zaman göre değişimleri yapılmıştır. Kısa zaman ölçekli değişimlerin incelenmesinin yanı sıra tayfta tespit edilen birden fazla soğurma çizgileri arasındaki koordineli değişimler araştırılmıştır.

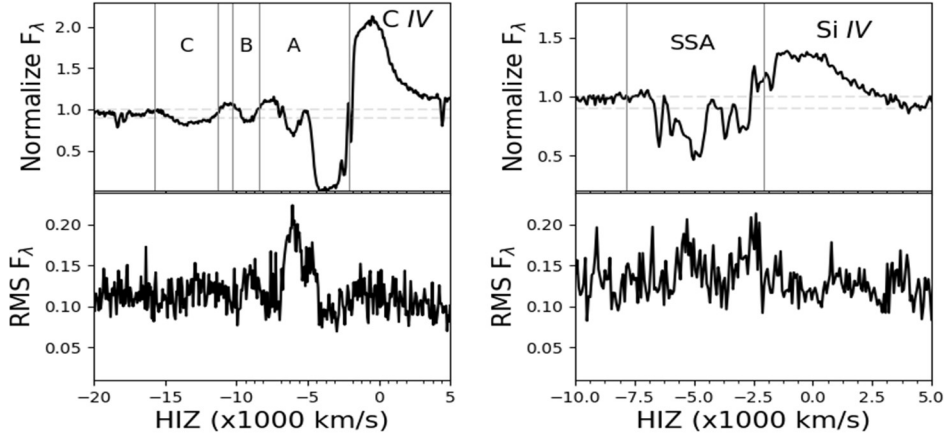
2. Yöntem ve Analiz

SDSS, New Mexico Apache Point Gözlemevi'ndeki 2.5 m açıklıklı Ritchey-Chrétien teleskobu ile beş filtre (u,g,r,i,z) kullanarak gözlemlerini sürdürmektedir. Tarama yapmaya başladığı ilk günden bugüne, gökyüzünün üçte birinin çok renkli görüntüleri ve dört milyondan fazla nesnenin tayfı elde edilmiştir. SDSS DR12 kuazar kataloğundan (Paris vd. 2014) seçilen J1419 kuazarına ait 32 tayf elde edilmiştir. Ancak, tayfların analize hazır hale getirilmesi için bazı ön düzeltme ve hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Bu işlemlerin sırasıyla tüm tayflara uygulanması için gerekli algoritma MATLAB ve Python programlama dilleri kullanılarak yazılmıştır. Tüm tayflara eş zamanlı uygulanan düzeltme ve hesaplamalar sırasıyla; (1) Galaktik sönüm düzeltmesi, (2) Kozmolojik kırmızıya kayma düzeltmesi, (3) Süreklilik maskeleymesi, (4) Sürekli tayfın belirlenmesi ve modellenmesi, (5) Salma çizgilerinin belirlenmesi ve modellenmesi, (6) Tayfların normalize edilmesi, (7)

*Sorumlu Yazar E-Posta: damla.erakuman@gmail.com

Gürültü düzeltmesi, (8) Soğurma bölgelerinin tespitidir.

Bu adımların tamamlanmasının ardından J1419 kuazarına ait üç CIV soğurma çizgisi bulunmuş ve sırasıyla CSA, CSB ve CSC olarak isimlendirilmiştir. CSA, -7828.22 ila - 2088.52 km/s, CSB -10283.64 ila - 8408.52 km/s ve CSC -15742.17 ila - 11302.38 km/s hız aralığına uzanmaktadır. Negatif hız değerleri maviye kaymayı işaret etmektedir. Ayrıca, CSA'nın hız aralığına denk gelecek şekilde bir SiIV soğurma çizgisi tespit edilmiştir. Soğurma çizgilerini ve değişimlerin gerçekleştiği bölgeleri tespit etmek için hesaplanan karekök ortalama (RMS) tayfları Şekil 1.'de verilmiştir. RMS değerlerinin arttığı bölgeler, değişimin güçlü olduğu bölgeleri göstermektedir.



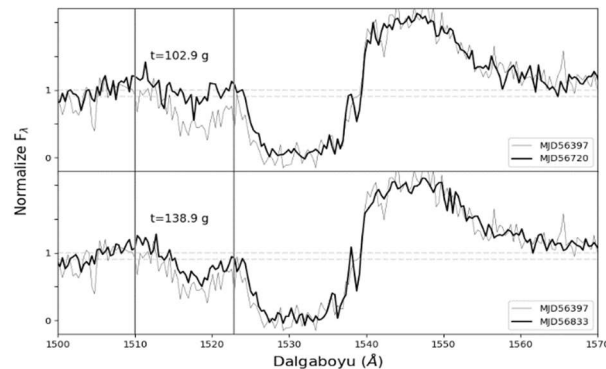
Şekil 1: Ortalama (mean) tayf üzerinden tespit edilen soğurma çizgileri ve RMS tayfları. CIV ve SiIV BAL bölgeleri dikey çizgiler ile gösterilmektedir. Yatay kesikli çizgiler 1.0 ve 0.9 normalize akı değerlerine ait rehber çizgilerdir. Alt panellerde değişim güçlü olduğu bölgeleri gösteren RMS tayfları verilmektedir.

Soğurma çizgilerinin tespitinin ardından, her bir tayf üzerinden CIV ve SiIV BAL bölgeleri için üç parametre hesaplanmıştır. Bu parametreler; soğurma çizgilerinin eş değer genişliği (EG), çizgi merkezlerinin hızları ve ortalama çizgi derinliğidir.

3. Sonuç ve Tartışma

3.1. Kısa Zaman Ölçekli Değişim

Bu çalışmanın temel amacı, en kısa zaman ölçeklerindeki değişimin araştırılmasıdır. Değişimi analiz etmek için CIV ve SiIV soğurma çizgilerinin 32 tayf boyunca ardışık gözlemler arası EG değişimi ve hata değerleri hesaplanmıştır. Eş değer genişliğinin 5σ büyük olduğu tayf grupları arasından, CSA'nın en kısa 1.3 gün gibi bir sürede %21 oranında güçlü EG değişimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, literatürde yer alan çalışmalar ile örtüşmekle birlikte tespit edilen en kısa zaman ölçekli değişimlerden biridir.



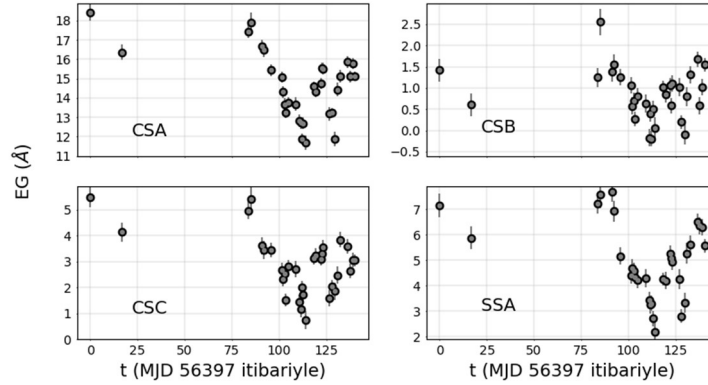
Şekil 2: CSA'nın üç farklı zamanda alınmış gözlemlere ait normalize edilmiş tayfları. Grafikte verilen siyah dik çizgiler kısa dalga boylu bileşenine ait rehber çizgilerdir. Kaybolma-yeniden ortaya çıkma durumlarının tespit edildiği tayflar (siyah tayf) $t=102.9$ gün ve $t=138.9$ gün gözlemleridir. Soğurma çizgilerinin değişiminin takibini kolaylaştırmak için gri tayf ile J1419'un SDSS tarafından alınmış ilk tayf ($t=0$) verilmektedir. Üst panelde soğurma çizgisinin şiddetinin azalarak kaybolduğu, alt panelde ise kaybolmanın ardından yaklaşık 36 gün sonra yeniden ortaya çıktığı görülmektedir.

CSA hızlı ve yavaş olarak iki bileşenden oluşan bir soğurma çizgisidir. Hızlı bileşen, zaman içerisinde zayıflarak kaybolmakta ve sonra yeniden şiddetlenmektedir. CSA'nın kısa dalga boyuna denk gelen hızlı bileşenin radikal değişimi Şekil 2.'de gösterilmektedir. Şekilde soğurma çizgisinin kaybolup (disappearing) yeniden ortaya çıkışının (emergence) tespit edildiği tayflar verilmektedir. SDSS tarafından alınan ilk gözlem tayfında ($t=0$ gün) görülen soğurma çizgisi, ~ 100 gün sonra zayıflayıp ($t=102.9$ gün) kaybolmasının ardından, yaklaşık bir ay sonra tekrar ortaya çıkmaktadır. Soğurucu gazın hareketi sonucu bu kadar kısa bir süre içerisinde böyle bir değişim gerçekleşmesi beklenemez. Çünkü, o gazın bakış doğrultusu içerisinde çıkıp daha sonra tekrar girmesinin daha uzun bir süreçte gerçekleşmesi beklenir.

3.2 Koordineli Değişimler

Soğurma çizgilerinin koordineli değişimleri, değişime neden olan mekanizmanın yorumlanmasında önemlidir. Benzer hız değerlerine sahip CIV ve SiIV BAL yapıları aynı soğurucu bulut içerisinde oluştuklarından, koordineli değişim göstermeleri beklenen bir durumdur. Ancak aynı elementin birden fazla soğurma çizgisi, farklı hız ve uzaklıklardaki soğurucu yapıların arasındaki ilişkiyi araştırma fırsatı sunmaktadır.

CIV soğurma çizgileri CSA, CSB ve CSC ile SiIV soğurma çizgisi SSA'da güçlü EG değişimleri tespit edilmiştir. Bu soğurma çizgilerinin EG değerlerinin zamana bağlı koordineli değişimleri Şekil 3.'de verilmektedir. J1419 kuazarının BAL yapılarında görülen bu senkronizasyon, değişime neden olan faktörün tüm soğurucu yapıları aynı zamanda etkilediğine işaret etmektedir. Söz konusu uyum, soğurucu gaza ait iyonizasyon seviyesinin değişmesinden kaynaklanabilir. Soğurucu gazın hareketi, soğurma çizgileri arasındaki bu uyumlu ve tayf boyunca görülen değişimi açıklayamaz. Çünkü, sürekli ışınım kaynağına göre farklı konumlarda ve farklı hızlardaki gazın birbirleri ile bu denli bir uyumu söz konusu değildir.



Şekil 3. CIV ve SiIV soğurma çizgileri için EG değerlerinin zamana bağlı değişim grafiği. Sağ alttaki panel, SiIV soğurma çizgisine, diğer üç panel CIV soğurma çizgilerine aittir.

Bu çalışmada finansal destek sağlayan TUBİTAK (115F037) ve ERÜ BAP (FYL 2016-6938) koordinasyon birimlerine teşekkür ederiz. Çalışmanın ön analizlerinden elde edilen sonuçlar yukarıda verilmiştir. Değişimin karakteristiği ile ilgili ayrıntılı araştırmalar, Damla Erakuman'ın "J141955.28+522741.4 Kuazarının Geniş Soğurma Çizgilerinin Değişim Karakteristiği" başlıklı Temmuz 2017 yüksek lisans tezinde verilmiştir.

4. Kaynaklar

- Gibson, Robert R., Brandt, W. N., vd. 2009, ApJ, 692,758
Grier, C. J., vd. 2015, ApJ, 806, 111
Weymann, R.J., Morris, S. L., vd. 1991, ApJ, 373, 23
Rogerson, J. A., Hall, P. B., vd. 2016, MNRAS, 457,405
Filiz AK, N., Brandt, W. N., vd. 2012, ApJ, 757, 114
Hewett, P. C. & Foltz, C. B. 2003, AJ, 125, 1784
Knigge C., Goad, M. R., vd. 2008, MNRAS, 386, 1426
Lundgren, B. F., vd. 2007, ApJ, 656, 73
Hall P. B., Anosov, K., vd. 2011, MNRAS, 411, 2653
Filiz Ak N., vd. 2013, ApJ, 777,168
Filiz Ak N., vd. 2014, ApJ, 791, 88
Paris, I., vd. 2014, A&A, 563, 54
Smith L. J., & Penston, M. V.,1988, MNRAS, 235, 551

Ortak Zarf Evresi Sonrası Bir Çift Yıldız Sistemi: NSVS 14256825

Semra Yılmaz, Erdal Arslan, Samet Ok, Belinda Kalomeni

Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İzmir, Türkiye.

Özet: Bu çalışmada NSVS 14256825 sisteminin TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) T100 teleskobu ile elde edilen ışık değişimi literatürde bulunan dikine hız eğrisi ile birlikte analiz edilerek elde edilen ilk sonuçlar sunulmuştur. Ayrıca elde edilen yeni minimum zamanları literatürde verilen değerlerle birleştirilerek çift sistemin O-C değişimine ilişkin sonuçlar sunulmuştur. Elde edilen ilk sonuçlar çift sistemin iki gezegen bileşene sahip olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ortak zarf evresi sonrası evrim, NSVS 14256825: V1828 Aql, üçüncü cisim

Abstract: In this study, we present light variation of NSVS 14256825. The system was observed at the TÜBİTAK National Observatory (TUG) using T100 telescope. The light variation of the system was analyzed with the radial velocity curve of the system presented in the literature. New times of minimum light obtained in this study were combined with those presented in the literature to study any variation in the O-C variation of the system. The new results are presented with a discussion of earlier studies. The preliminary results indicate the probability of two planetary components in the binary system.

Key Words: Post-common envelope evolution, NSVS 14256825: V1828 Aql, third body

1. Giriş

Gözlenen yıldızların çoğu bir çift yıldız veya çoklu sistem üyesidir. Çift yıldızlar bazı durumlarda iki *normal* yıldız veya bileşenlerden bir tanesi yıldız evriminin son aşamalarını temsil eden *beyaz cüce*, *nötron yıldızı*, ya da *kara delik* gibi *yoğun* bir bileşen olabileceği gibi, bazı sistemlerde de her iki bileşen yoğun bir gök cismi olabilir. Çift yıldızlar, yıldız evrimi, toplanma disklerinin fiziği gibi farklı fiziksel süreçlerin çalışmasına olanak sağlamalarına ek olarak yıldızlara ilişkin temel parametrelerin hesaplanmasına da olanak tanıdıklarından dolayı önemli kaynaklardır. Diğer taraftan çalışılan çift yıldız türlerine göre elektromanyetik tayfın farklı dalgaboylarında farklı karakteristik özellikler sergileyebilirler. Bu verilerin birleştirilmesi, sistemdeki fiziksel süreçlerin çalışması ve anlaşılmasında önemlidir. Evrimlerinin farklı aşamalarında olan çift yıldız sistemlerini gözlemek çift yıldız evrimi çalışmalarında önemlidir. Bazı çift yıldız sistemlerinde bulunan gezegenin(lerin) varlığının tespit edilmesi bu çift yıldız sistemlerini, gezegen çalışmaları için de ayrıca önemli kılmaktadır.

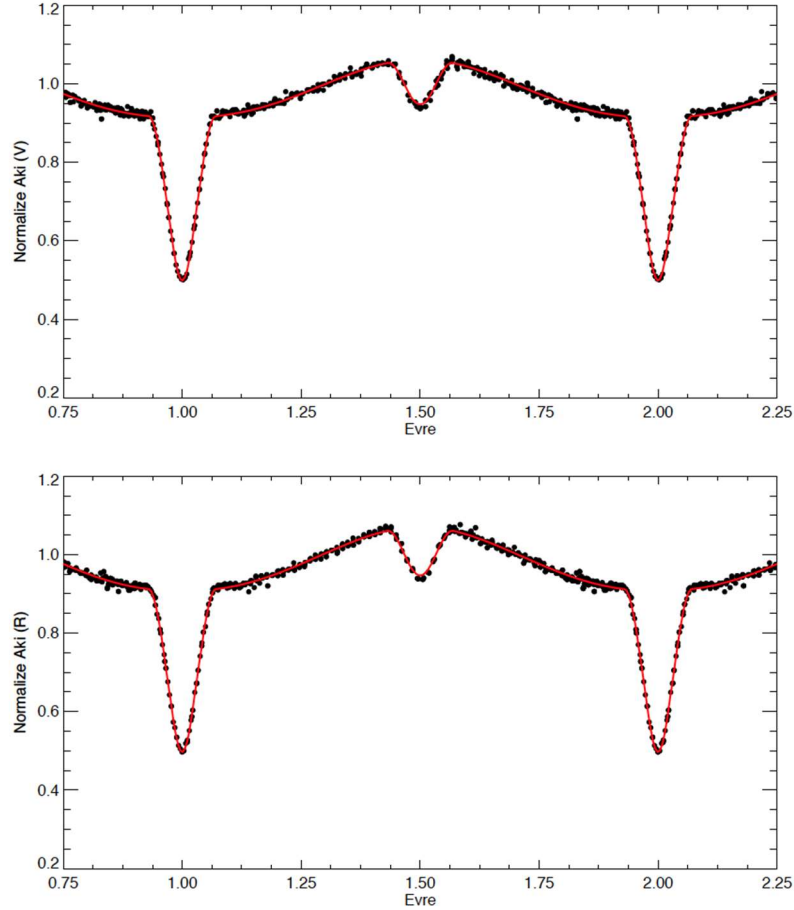
Evriminin ortak zarf evresi sonrası aşamasında olan bir sistemde üçüncü cismin varlığını nasıl sürdürdüğü, çift yıldız evriminin yanı sıra gezegen çalışmaları açısından da önemlidir. Ortak zarf evriminin karmaşık doğası, birçok çözülmemiş problem barındırmasının yanı sıra çift yıldız sistemin etrafında bir yörüngede dolanan gezegenler astrofizikteki önemli problemler arasında gösterilebilir (*bkz.*, Almeida ve d., 2013). Gözlemsel astronomideki gelişmeler ile birlikte daha hassas gözlemlerden elde edilen verilerle ortak zarf evresi sonrası gezegen bileşene sahip olduğu bilinen çift sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu sistemlerden elde edilen verilerin detaylı analizi gezegenlerin ortak zarf evresi evrimi öncesi veya sonrası evrede mi oluştuğunun anlaşılmasında önemlidir. Gezegenin varlığı çift yıldız sistemlerinin gözlenmesi ve elde edilen hassas minimum zamanı ölçümlerine dayanmaktadır.

NSVS 14256825, HW Vir türü bir sistemdir. HW Vir türü sistemler küçük kütleli bir anakol yıldızı ve bir sıcak altcüceden (sdB ya da sdOB) oluşan kısa yörünge dönemine ($P_{\text{yörünge}} \sim 0.1$ gün) sahip örten çift yıldız sistemleridir (Heber, 2009). Bir bileşenin (sdB) kırmızı dev olması durumunda bir ortak zarf evresi geçirdiği düşünülmektedir. NSVS 14256825 çift yıldız sistemi yörünge dönemi 0.11037 gün, baş bileşenin etkin sıcaklığı $T_1 = 40000 \mp 500K$, yüzey çekimi $\log g_1 = 5.50 \mp 0.05$ olarak Almeida et al. (2012) tarafından elde edilmiştir. Tayfsal özelliklerinin de çalışılması sonucunda sistem sdOB olarak sınıflandırılmıştır (Almeida et al., 2012). Bu sisteme ilişkin yapılan son çalışmada Nasıroğlu ve d. (2017) hesaplamalarında çift yıldız sisteminde, bileşenlerin etrafında bir yörüngede dolanan gezegen kütesine sahip bir cismin varlığına işaret etmişlerdir.

*Sorumlu Yazar E-Posta: smrylmz08@gmail.com

2. Gözlemler ve Analiz

Sistem, TUG T100 teleskobu ile V- ve R- bantlarında, 3 gece gözlenmiştir. Yeni gözlemlerden 7 adet minimum zamanı elde edilmiştir. IRAF paket programı kullanılarak çift sistemin ışık eğrisi elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 1’de gösterilmiştir. NSVS 14256825 sisteminin literatürde Almeida ve d., (2012) tarafından verilen radyal hız değerleri de kullanılarak ışık eğrisi Wilson-Devinney kodunu (Wilson-Devinney, 1971; Wilson 1979; Wilson & Van Hamme, 2004) esas alan Phoebe kodu (Prša & Zwitter, 2005) kullanılarak modellenmiştir (*bkz.* Şekil 1). Işık eğrilerinin çözümü sırasında T_o , P , T_2 , i , q , Ω_1 ve Ω_2 parametreleri serbest parameter olarak belirlenmiştir. Çözüme ilişkin detaylar Yılmaz ve d. (2018)’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 1: NSVS 14256825 sisteminin V- ve R- bantlarında elde edilen ışık eğrileri (siyah noktalar) ve Phoebe kodu kullanılarak elde edilen sentetik model (kırmızı çizgi).

Çizelge 1: NSVS 14256825 sisteminin ışık değişim analiz sonuçları.

Parametre	
P (gün)	0.110374 (1)
T_o	57333.226593 (14)
T_1 (K)	40000 (500)
T_2 (K)	3000
q	0.43(1)
i (°)	80.56 (5)
r_1	0.2483 (8)
r_2	0.2014 (12)

3. Sonuç ve Tartışmalar

NSVS 14256825 çift yıldız sistemi değişen yıldızlara ilişkin bir tarama sırasında Woźniak ve d. (2004) tarafından keşfedilmiştir. Bu tarihten itibaren elde edilen gözlem verilerinin analizi sistemde dönem değişimi olduğuna işaret etmiştir (*bkz.* Wils, di Scala & Otero, 2007; Kilkenny & Koen, 2012; Beuermann ve d., 2012; Almeida ve d., 2013). Gezegen bileşene sahip olduğu tartışılan NSVS 14256825 sisteminin bu çalışma kapsamında elde edilmiş minimum zamanı değerleri literatürde yer alan minimum zamanları ile birleştirilerek dönem analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Almeida ve d., (2013) çalışmasını destekleyerek çift yıldız sisteminde iki gezegen veya bir gezegen ve bir kahverengi cücenin varlığına işaret etmektedir. Yılmaz ve d. (2018) çalışmasında dönem analizi sonuçları ve çalışmanın ayrıntıları yer almaktadır.

Sisteme ilişkin önümüzdeki yıllarda devam edecek olan yeni gözlemler çift yıldız sisteminde bulunduğu tartışılan üçüncü ve dördüncü cisimlerin varlıklarının doğrulanması ve onaylanması durumunda doğasını anlamada önemli rol oynayacaktır.

Bu çalışma 112T766 nolu TÜBİTAK-1010 projesi ile desteklenmiştir. Bu çalışmada TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi T100 teleskobu (Proje Numarası: 15CT100-918) kullanılmıştır. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK ve TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi çalışanlarına teşekkür ederiz.

4. Kaynaklar

- Almeida, L. A., Jablonski, F., Tello, J., ve d., 2012, MNRAS, 423, 478.
Almeida, L. A., Jablonski, F., Rodrigues, C. V., 2013, ApJ, 766, 11.
Beuermann, K., Dreizler, S., Hessman, F. V., ve d., 2012, A&A, 543, 138.
Heber, U., 2009, ARA&A, 47, 211.
Kilkenny, D. & Koen, C., 2012, MNRAS, 421, 3238.
Nasıroğlu, I.; Goździewski, K.; Słowikowska, A.; Krzeszowski, K., ve d. 2017, AJ, 153, 137.
Prša, A., Zwitter T., 2005, ApJ, 628, 426.
Wils, P., di Scala, G., Otero, S. A., 2007, IBVS, 5800, 1.
Wilson R. E., Devinney E. J., 1971, ApJ, 166, 605.
Wilson R. E., 1979, ApJ, 234, 1054.
Wilson R. E., Van Hamme W., 2004, Computing Binary Star Observables (in Reference Manual to the Wilson-Devinney Program). Univ. Florida, Gainesville.
Woźniak, P. R.; Vestrand, W. T.; Akerlof, C. W., ve d., 2004, AJ, 127, 2436.
Yılmaz, S., ve d., 2018, *hazırlık aşamasında*.