

SÖNÜK KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLARIN FOTOMETRİK GÖZLEMLERİ

Dicle ZENGİN ÇAMURDAN^[1], C. Muzaffer ÇAMURDAN^[1],
Cafer İBANOĞLU^[1]

Özet

Bu çalışmada Sloan gökyüzü taraması (Sloan Digital Sky Surve, SDSS) ile kataklismik değişen yıldız (CV) olduğu belirlenen sönük ($V > 17$ kadir) beş sistemin Şubat 2006 ile Mart 2008 tarihleri arasında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) RTT-150 teleskobu ile yapılan CCD gözlemlerinin sonuçları yer almaktadır. SDSS J092009.54+004244.9, J132723.39+652854.3, SDSS J122740.83+513925.0, SDSS J160745.02+362320.7, SDSS J145758.21+514807.9 kısa dönemli ($P < 4$ saat) kataklismik değişenlerinin, sakin evrede sıcak leke ve “*flikering*” olarak adlandırılan beyaz cüceden kırmızı cüceye aktarılan maddedeki hızlı değişimlerin neden olduğu kısa zaman ölçekli yapılardan kaynaklanan değişimler incelenmiştir. Sistemlerin bileşenleri, toplanma diski ve parlak lekeye ilişkin, ışık eğrisinin biçiminden ve yörünge döneminden elde edilen sonuçları tartışılmıştır. İki yıldızın fotometrik dönemi bu çalışmada ilk defa belirlenmiş ve öteki sistemlerin dönemlerinde düzeltmeler yapılmıştır. SDSS ile keşfedilen ancak başka literatür çalışması olmayan J122740.83+513925.0 kataklismik değişenin dönem boşluğunun altında, ~ 2 kadirlik derin tutulma gösteren bir sistem olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelime: kataklismik, yakın çift yıldızlar, yıldızlar: SDSS J092009.54+004244.9, SDSS J132723.39+652854.3, SDSS J122740.83+513925.0, SDSS J160745.02+362320.7, SDSS J145758.21+514807.9

Abstract

In this study we present photometric observation of ($V > 17$ mag) five faint cataclysmic variable stars (CVs) discovered by Sloan Digital Sky Survey (SDSS). The observation of these objects were performed by the Russian-Turkish 1.5-m telescope RTT150 at the TUBITAK National Observatory, between 2006 February and 2008 March. We are purposed time-resolved CCD photometry of the short-period CVs ($P < 4$ h); SDSSJ092009.54+004244.9, SDSSJ132723.39+652854.3, SDSSJ122740.83+513925.0, SDSSJ160745.02+362320.7, SDSSJ145758.21+514807.9 to search orbital variability due to hot-spot modulation, “flickering” structure that occurs on short time scale and from rapid fluctuations of material transferring from red star to white dwarf and periodities related to the orbital periods. Priliminary results on components of systems, accretion disc and hot spot that derived from the morphology of the light curves and orbital period are discussed. The orbital period of two system are determined in this study and the others generally confirm previous photometric observation. SDSS J122740.83+513925.0 is detected as a system that shows deep (~ 2 mag) eclipses, below the period gap that discovered by SDSS.

Key words: *cataclysmic, close binaries, individual stars:* SDSS J092009.54+004244.9, SDSS J132723.39+652854.3, SDSS J122740.83+513925.0, SDSS J160745.02+362320.7, SDSS J145758.21+514807.9

[1]Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova, İzmir.

1. Giriş

Çift yıldızlar bileşenler arasındaki çekimsel etkileşimler ve kütle aktarımının bileşenler üzerine etkisi gibi sistemin doğasına ve evrimine ilişkin bilgi vermesi açısından çok değerli astrofiziksel araçlardır. Katakлизмik Değişenler (CV), geri tayf türünden Roche lobunu doldurmuş ve iç Lagrange noktasından madde kaybeden bir *kırmızı cüce* (bileşen yıldız) yıldız ile kaybedilen bu maddeyi toplayan bir *beyaz cüce* (baş yıldız) yıldızdan oluşan, yörünge dönemleri bir günden az, etkileşen *çift yıldız* dizgeleridir. Beyaz cüce çok güçlü bir manyetik alana sahip olmadıkça, yoldaştan aktarılan kütle aktarılan maddenin açısal momentumundan dolayı beyaz cüce etrafında bir disk oluşturur ve sonunda da beyaz cücenin üzerinde yığılır [12]. Yıllar boyunca sürdürülen gözlemsel çalışmalara rağmen bilinen ve çok iyi çalışılmış CV'lerin sayısı, bu tür sistemlerin gözlenen özelliklerinin anlaşılması açısından yetersizdir. Büyük ölçekli, tamamlanmış ve hala sürdürülmekte olan Sloan Digital Sky Survey [5], Hamburg Quasar Survey (HQS; [1]), Faint Sky Variability Survey (FSVS; [2]) gibi gökyüzü taramaları çok sayıda CV alttürünün keşfini sağlamıştır. SDSS kısa yörünge dönemli ve düşük aktarım miktarlarına sahip ~220 CV'nin belirlenmesini sağlamıştır ve bunların yaklaşık % 80'i yeni keşfedilmiştir (*bkz.* [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11]). SDSS taramasında ışık eğrileri ve taysal gözlemler yapılarak CV'lerin yörünge dönemleri ve türleri belirlenmiştir.

Bu çalışmada sakin evrede sıcak leke ve flikering olarak adlandırılan beyaz cüceden kırmızı cüceye aktarılan maddedeki hızlı değişimlerin neden olduğu kısa zaman ölçekli yapılardan kaynaklanan yörünge değişimleri incelenmesi amaçlanmıştır. CV'lerin çoğu orta ölçekli teleskoplar kullanılarak tayfsal çalışmalar yapmak için çok sönük kalmaktadırlar. Böylesi sönük sistemlerin ($V > 17mag$) CCD ile fotometrik olarak yörünge dönemleri belirlenebilmektedir. Literatürde çok az bilgisi olan yada hiç olmayan yıldızlar, özellikle de SDSS gözlemlerinde tutulma göstermesi beklenen yıldızların gözlenmesi planlanmıştır. Bu çalışmada kısa dönemli SDSS J092009.54+004244.9, SDSS J132723.39+652854.3, SDSS J122740.83+513925.0, SDSS J160745.02+362320.7, SDSS

J145758.21+514807.9 kataklismik değişen yıldızlarının CCD ışıkölçümlerinin sonuçları yer almaktadır. İkinci bölümde verilerin analiz tekniği ve gözlenen yıldızlar, üçüncü bölümde gözlem sonuçları ve son bölümde sonuçlar ve tartışma yer almaktadır.

2. Veri Analizi

Gözlenen yıldızlara ilişkin gözlemsel bilgiler Tablo 1’de yer almaktadır. Gözlemler Tübitak Ulusal Gözlemevi’nde 1.5-m’lik Rus-Türk Teleskobu RTT150 ile ANDOR CCD kullanılarak (2048 x 2048 pixel, 0.24 arcsec pixel⁻¹ çözünürlük) elde edilmiştir. İndirgeme işlemlerinde IRAF içinde yer alan APPHOT yazılımı kullanılarak standart indirgeme işlemleri uygulanmıştır. Diferansiyel parlaklıklar CCD frame üzerindeki yakın mukayese yıldızlara göre elde edilmiştir. Bu çalışmadaki temel amacımız gözlenecek yıldızların duyarlı fark parlaklıklarını elde etmek olduğu için gözlem süresince fotometrik standart yıldızlar gözlenmemiştir. Tüm gözlemler amaca uygun olarak Johnson B,V, R filtereleri ve filtresiz süzgeçde yapılmıştır.

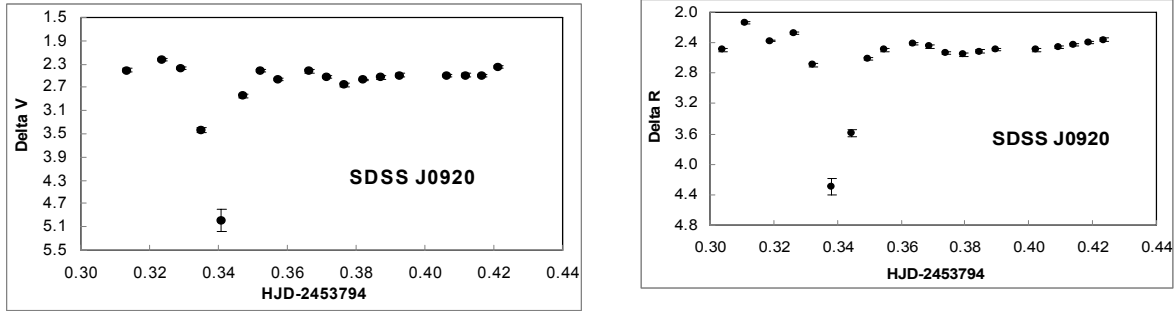
3. Gözlem

SDSS J092009.54+004244.9

SDSS J0920 gökyüzü taramasında keşfedilen ve tutulma gösteren CV’lerin tayfında gözlemlenen Balmer çizgilerindeki derin merkezi soğurma kesiti gösteren sistemlerden biridir [6]. Szkody ve ark.’nin (2003) çalışmasında sakın evrede tayfında kuvvetli salma çizgileri görülürken, tayfın kırmızı bölgesinde yoldaş yıldızla ilişkin yapılar gözlenmemektedir. Bu yıldızın ilk gözlemleri US Naval Gözlemevi’ndeki 1-m’lik teleskop ile CCD kullanılarak Johnson V filtresinde elde edilmiştir. Bu gözlem ile dizgenin 3.6 saat yörünge dönemine sahip tutulma gösteren bir sistem olduğu ve sakine evredeki parlaklığı $g = 17^m.45$ belirlenmiştir.

Bu sistemin fotometrik gözlemleri 27 Şubat 2006’da sakın evrede Johnson V ve R filtrelerinde yapılmıştır. Gözlemlerde V rengi

için 150 s poz süresi verilerek ~ 2.5 kadir, R rengi için 200 s poz süresi verilerek ~ 2.0 kadirlik derin minimumlar elde edilmiştir ancak tutulma ortasında yıldız çok sönükleştiği için bu evrede fazla nokta elde edilememiştir. Tutulma derinliği tam olarak belirlenmediği için V renginde derinlik 2.5 kadirde büyük olabilir. SDSS J0920 yıldızının elde edilen parlaklık değişimi Şekil 1’de gösterilmektedir. Işık eğrisinin tutulmalar dışının oldukça düz olması ve 0.8-0.9 evrelerde belirgin bir yörünge hampının görünmemesi baskın bir parlak lekenin olmadığını, bu sistemde beyaz cüce ve diskin tutulduğunu göstermektedir. R rengindeki tutulmanın V rengine göre daha sığ olması bu renkte soğuk yoldaş yıldızın tutulmasının daha baskın olduğunu, V rengindeki ışık kaybında ise küçük parlak lekenin katkısı olduğunu göstermektedir. Sistemin iki renkte eş zamanlı gözlenememiş olması ve uzun poz süreleri nedeniyle kütle aktarımı ve parlak lekenin ışık eğrisindeki etkileri belirgin değildir.



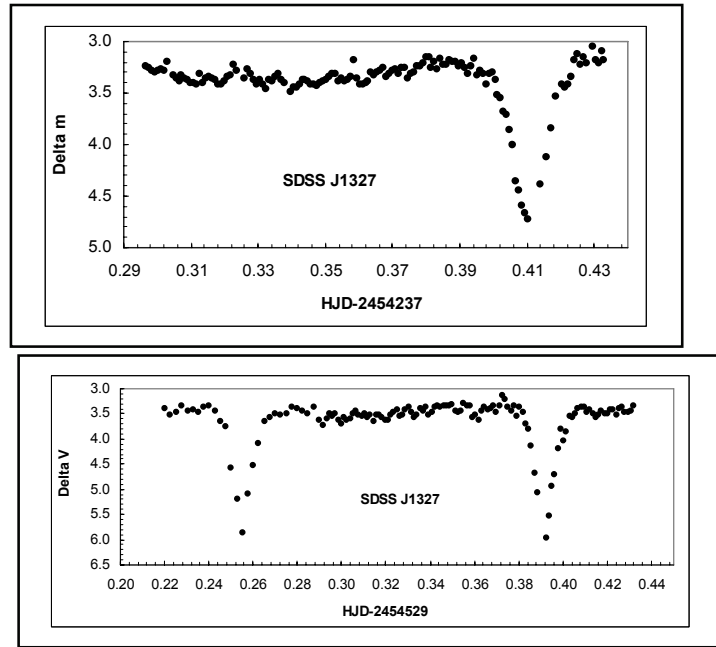
Şekil 1: SDSS J0920’nin V filtresi (üstteki) ve R filtresinde (alttaki) elde edilmiş ışık eğrileri.

3.2 SDSS J132723.39+652854.2

Bu sistem SDSS gökyüzü taramasında keşfedilmiştir ancak ayrıntılı olarak Wolfe ve ark. (2003) çalışmasında incelenmiştir. Tayfında SW Sex türü yıldızların belirteci olan He II’nin ($\lambda 4686$) kuvvetli salma çizgisi göstermesi ile birlikte spektropolarimetrik ve Doppler tomografi gözlem sonuçları bu dizgenin SW Sex türü bir CV olduğunu göstermiştir [13]. Fotometrik gözlemlerinde dizgenin 3.28 saat yörünge dönemine sahip tutulmalar gösterdiği belirlenmiştir.

SDSS J1327 16 Mayıs 2007 tarihinde 3.3 saat ve 3 Mart 2008 tarihinde 5.09 saat sakin evrede gözlenmiştir. İlk gözlem filtresiz olarak 60 s poz süresi verilerek ~ 1.5 kadirlik bir tutulma derinliği elde edilmiştir. Gözlemede kullanılan poz süresi tutulma derinliğini duyarlı biçimde belirlemek için yetersiz kalmaktadır. 2008 yılında yapılan gözlem V filtresinde yapılmış ve ~ 2.5 kadir derinlikte bir tutulma elde edilmiştir ve Şekil 2’de gösterilmektedir. Işık eğrisinden de görüldüğü gibi tutulma oldukça simetrik ve tutulma öncesi “*hump*” yapı görülmemektedir. Beyaz cüce ve sıcak lekenin tutulma giriş ve çıkış evrelerinin görülmemesi, sistemde sıcak lekenin çok baskın olmadığının bir göstergesidir. Işık eğrisinde tutulmalar dışında ~ 0.5 kadir genlikli “*flickering*” olarak adlandırılan hızlı değişimler görülmektedir. Gözlemden elde edilen ve Wolfe ve ark.’nın çalışmasındaki tutulma zamanlarına doğrusal çakıştırma uygulanarak yeni ışık öğeleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$JD (\text{Hel}) = 2452487.70417 + 0^{\text{d}}.136660 \times E$$



Şekil 2: SDSS J1327 ‘nin sakin evrede 16 Mayıs 2007 tarihinde filtresiz (üstteki) ve 3 Mart 2008 tarihinde V filtresinde (alttaki) elde edilen ışık eğrileri.

Table 1. Yıldızlara ilişkin gözlemsel bilgiler.

Yıldız Exposures Frame (s)	Porb T (h) (toplam)	Türü	g mag (SDSS)	Date of Obs. (UT)	HJD of first obs. (+2450000.0)	Filtre
J092009.54+004244.9 200,150 19	3.6 2.73		17.45	2006 Feb 27	3794.30699	R,V
J132723.39+652854.3 60	3.28 151	SW Sex 3.32	17.77	2007 May 16	4237.29642	C
100,200 135	5.09			2008 Mar 03	4529.21983	V
J122740.83+513925.0 200 63	1.50 4.2		19.10	2008 Mar 04	4530.23094	V
J160745.02+362320.7 100	3.49 112	SW Sex 3.56	18.08	2008 Mar 04	4530.41773	V
J145758.21+514807.9 200 88	- 4.76		19.54	2008 Mar 03	4529.44323	V

Notlar: CN, Klasik Nova; C, Filtresiz

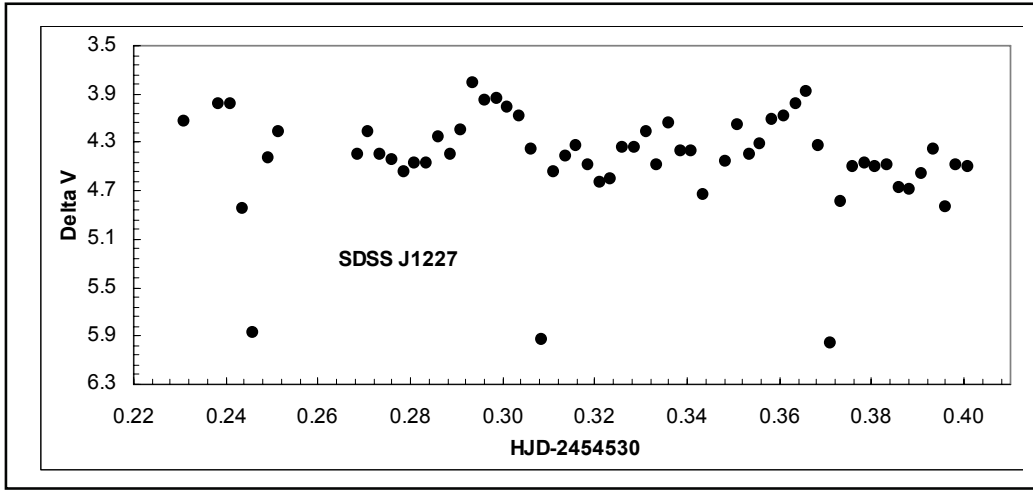
3.3 SDSS J122740.83+513925.0

SDSS gökyüzü taramasıyla keşfedilen, tayfında gözlenen Balmer çizgilerindeki çift merkezi soğurma nedeniyle tutulma göstermesi beklenen, sakin evredeki parlaklığı $g = 19^m.10$ sönük bir sistemdir. Düşük kütle aktarım miktarlarında toplanma diskinin sisteme katkısı çok az olmaktadır ve sistemde baskın olan bileşen daha belirgin biçimde kendini göstermektedir. SDSS J1227'nin tayfında da beyaz cüceden kaynaklanan geniş soğurma çizgileri kendini açıkça göstermektedir bu nedenle zonklayan beyaz cüce içeren bir sistem adayı da olabileceği düşünülmektedir [7]. Sistemin tutulma gösterdiği Tom Marsh tarafından 2006 yılında yapılan gözlemlerde belirlenmiştir (henüz yayınlanmadı). Amatör gözlemciler tarafından 2007 yılının Haziran ayında yapılan gözlemlerde bir patlama gözlenmiş olmasına rağmen bu yıldızla ilişkin henüz literatürde çok az bilgi vardır.

SDSS J1227'nin gözlemi 4 Mart 2008 tarihinde V filtresinde yapılmıştır. Sakin evrede 200 s poz süresi verilerek ~ 4 saat boyunca gözlenen yıldızda ~ 2 kadir genlikli üç tutulma elde edilerek yörünge dönemi dönem

boşluğunun altında ~ 1.5 saat olarak elde edilmiştir. Tutulma sırasında yıldız çok sönüklediği için genlik belirlenen değerden biraz daha büyük olabilir. Tutulma öncesi baskın sıcak bir lekenin belirteci olan ~ 0.8 kadir genlikli “*hump*” yapı ışık eğrisinde belirgin biçimde görülmektedir. Sistemin sönük olması ve kısa yörünge döneminde yüksek poz süresinin kullanılması nedeniyle minimumlarda sıcak leke, disk ve beyaz cüceye ilişkin (özellikle önerilen beyaz cüce zonklaması) bilgi edinmek için elimizde yeterli veri yoktur. SDSS J1227’nin kısa yörünge dönemi P_{orb} ($1^{sa}.5 = 90$ dk), patlama sırasında “*superhump*” yapının görüleceğini de göstermektedir. Buna göre hesaplanan yeni ışık elemanları:

$$JD (Hel) = 2454530.2458860 + 0^d.0624517 \times E .$$



Şekil 3: SDSS J1227’nin 4 Mart 2008 tarihinde elde edilen ışık eğrisi.

3.4 SDSS J160745.02+362320.7

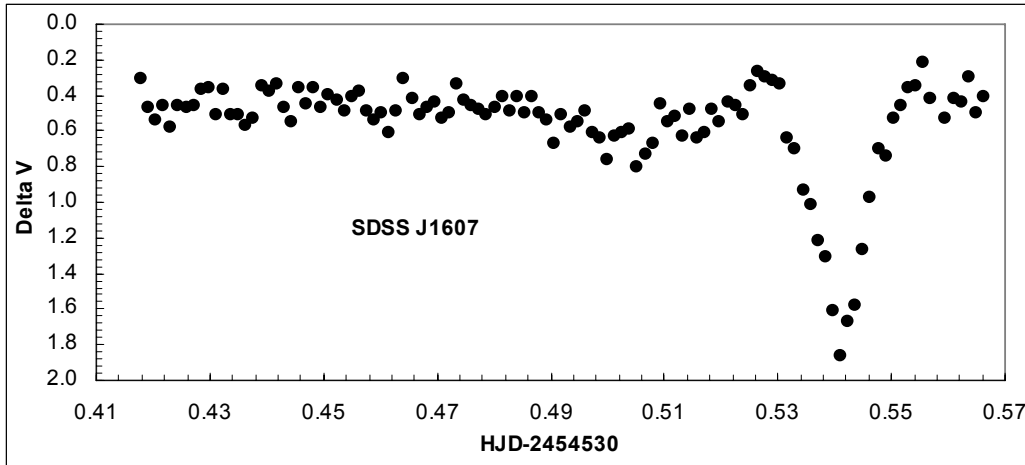
SDSS gözlemleri ile keşfedilen SDSS J1607, gözlenen diğer sistemlerdeki gibi tayfındaki tutulma gösteren sistemlerin yapılarına ek olarak genellikle SW Sex türü yıldızlarda görülen kuvvetli mavi süreklilik, CN ve He II çizgileri ve Balmer H alfa salma çizgisinde kuvvetli bir pik göstermektedir [9]. Szkody’nin (2006) çalışmasında yapılan iki gecelik gözleminde her bir gece bir minimum elde edilebilmesi nedeniyle dönemi belirlenememiş ancak dönemin 3-4 saat arasında olması gerektiğini önermiştir.

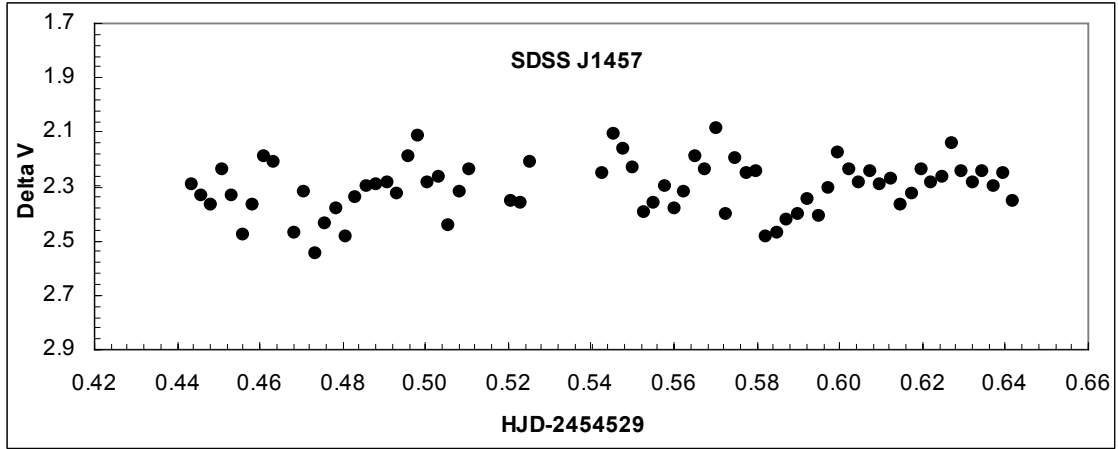
Bu yıldızın fotometrik gözlemleri 4 Mart 2008 tarihinde Johnson V filtresinde 100 s poz süresi verilerek 3.56 saat gözlenmiş ve 1.5 kadir genlikli bir tutulma elde edilmiştir (Şekil 4). Şekilde de görüldüğü gibi minimum kolları simetrik bir yapıya sahiptir ve belirgin bir “*hump*” yapı görülmemektedir bu nedenle sistemde beyazcüce ve diskin tutulduğunu söyleyebiliriz. Szkody’nin (2006) çalışmasında verilen minimum zamanları ve bu çalışmada elde edilen minimum zamanları kullanılarak sistemin yörünge dönemi 3.49 saat belirlenmiş ve minimum zamanlarına doğrusal çakıştırma uygulanarak yeni ışık öğeleri şu şekilde elde edilmiştir:

$$JD (\text{Hel}) = 2453196.74446592 + 0^{\text{d}}.14549979 \times E .$$

3.5 SDSS J145758.21+514807.9

SDSS J1457 Szkody’nin (2003) çalışmasında tayfında yukarıda ayrıntılı olarak belirtilen yapıları göstermesinden dolayı tutulma göstermesi beklenen bir CV olduğu belirtilmektedir [6]. Bu özelliğinden dolayı gözlem programı içerisinde yeralan SDSS J1457 3 Mart 2008 tarihinde V filtresinde 4.76 saat gözlenmiştir. Işık eğrisindeki 0.4 kadirlik değişimin dışında yörünge dönemi olarak adlandırılacak herhangi bir dönemlilik belirlememiştir. Ancak olası yörünge dönemi gözlenen 4.76 saat zaman aralığından daha da uzun olabilir.





Şekil 4: SDSS J1607 yıldızının V filteresinde 3 Mart 2008 (üstteki) ve SDSS J1457'nin 3 Mart 2008 tarihinde yapılan gözlemlerinde elde edilen ışık eğrileri.

3. Sonuçlar

Sönük kataklismik değişen yıldızların CCD fotometrisinde beş kataklismik değişen yıldızdan SDSS J1227 ve SDSS J1607'nin yörünge dönemi ilk defa bu çalışmada belirlenmiştir. SDSS J1227 yıldızının gözlemi ile sistemin dönem boşluğunun altında (~1.5 saat) , ~2 kadırlık derin tutulma gösteren bir sistem olduğu belirlenmiştir. SDSS J1227 ve J1327 sistemlerinde tutulma profillerinin daha iyi belirlenerek sistemi oluşturan bileşenlerin duyarlı fiziksel parametrelerini elde etmek için daha büyük bir teleskopla hızlı fotometreler kullanılarak gözlemler yapılması ve dönem boşluğunun altındaki ve üstündeki bu iki sistemin evrimsel özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. SW Sex türü kataklismik değişen oldukları önerilen SDSS1327 ve J1607'nin radyal hız ölçümlerinin belirlenebilmesi ve yüksek çözünürlüklü tayfların elde edilerek tayfsal dönem ile fotometrik dönemleri karşılaştırılmalı ve tayflarında gözlenen yapılar daha çok gözlem verisi ile incelenmelidir.

Yeni keşfedilen sönük kataklismik yıldızların ($17^m - 20^m$) yörünge dönemleri, tutulma gösteren sistemler ile bileşenlerin yada sıcak

lekeye ilişkin bilgi veren “*hump*” türündeki değişimlerin bu sistemlerin fiziksel parametrelerini belirlenmesine olanak sağlamaktadır. CV’lerin karmaşık bir doğa yapısına sahip olmalarından dolayı ışık eğrilerinde gözlenen değişimleri tam olarak anlayabilmek için daha çok gözlemsel veriye ihtiyaç olduğu açıktır.

Teşekkür

Bu çalışma Ege Üniversitesi Proje Saymanlığı tarafından 2006/FEN/003 No’lu proje olarak desteklenmiştir. Yazarlar TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi yönetimine ve çalışanlarına da teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Gansicke, B.T., Hagen, H.J., & Engels, D. 2002a, “*The Physics of Cataclysmic Variables and Related Objects*, ASP Conf. Ser. Vol. 261, ed. B.T. Gansicke, K. Beuermann, & K. Reinsch (San Francisco: ASP), 190.
- [2] Groot, P. J., MNRAS, Volume 339, Issue 2, pp. 427-43, 2003.
- [3] Schmidt, G. D., Szkody, P., Henden, A., Anderson, S. F., Lamb, D. Q., Margon, B., Schneider, D. P., 2007, ApJ, 654, 521
- [4] Szkody, P., Gansicke, B. T., Howell, S. B., Sion, E. M., 2002a, ApJ Lett., 575, L79.
- [5] Szkody, P., et al., 2002b, AJ, 123, 430.
- [6] Szkody, P., et al., 2003, AJ, 126, 1499.
- [7] Szkody, P., et al., 2004, AJ, 128, 1882.
- [8] Szkody, P., et al., 2005, AJ, 129, 2386.
- [9] Szkody, P., et al., 2006, AJ, 131, 973.
- [10] Szkody, P., et al., 2007a, AJ, 134, 185.
- [11] Szkody, P., et al., 2007b, ApJ, 658, 1188.
- [12] Warner, B., 1995, “*Cataclysmic Variable Stars*”, Cambridge University Press.
- [13] Wolfe, M.A., et al., 2003, PASP, 115, 1118.