

Yarı Düzenli (SR) Değişen Yıldızlarda Çoklu Periyotlar

Elanur Dikicioğlu^{1*} ve Cahit Yeşilyaprak¹

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Erzurum

Özet Yarı düzenli (SR) değişen yıldızlardan SRa tipi yıldızların Mira tipi yıldızlarla ilişkili olduğu bilinmekte hatta SRa tipi yıldızların ayrı bir sınıf değil, SRb ve Miralardan oluşmuş karışık bir grup olabileceği düşünülmektedir. SRa ve SRb tipi yıldızların Mira tipi yıldızlardan farklı PL, PC ve PR bağıntıları gösterdikleri bilinmektedir. Bu yüzden, SR tipi değişenlerde periyot (P) bilgisi çok önemlidir. Evrimsel olarak, SRb ile Mira tipi yıldızlar arasındaki bir süreçte olduğu düşünülen SRa tipi değişenlerin bazen SR bazen de Mira gibi değişim gösterdikleri bilinmemekte ve birden fazla periyoda sahip olabilecekleri beklenmektedir. Bu tip yıldızların, periyotlarının belirlenmesi uzun dönemli kesintisiz gözlemler gerektirmektedir ve bu gözlem tekniğine en uygun sistem, ROTSE-III'de gibi robotik teleskop sistemleridir. Bu çalışmada, ROTSE-III'de gözlemlerinden seçilmiş ve çoklu periyoda sahip bazı SRa tipi yıldızlar incelenmiş, güncel veya ilk kez bulunan periyotları ile ışık eğrileri verilmiştir. TÜBİTAK TBAG-108T475 projesi desteğiyle gerçekleştirilmiştir.

1 Giriş

Yarı düzenli (SR) değişen yıldızlar, orta (F, G, K) ve geç tayf (M, C, S) türünden ($20g \leq P \leq 2500g$ ve $V \leq 2.5m$) zonklayan kırmızı yıldızlardır. Bu yıldızlarda periyot, çapsal zonklama olayından kaynaklanır ve periyotlardaki değişim de zonklama kiplerindeki değişimin bir göstergesidir. SR yıldızları, GCVS'de (GCVS4) değişim tipi ve tayf türüne göre SRa, SRb, SRc ve SRd olarak 4 alt gruba ayrılırlar. SRa ve SRb tipi yıldızların Mira tipi yıldızlarla çok daha fazla ilişkili olduğu bilinmektedir. Üstelik SRa tipi yıldızların ayrı bir sınıf değil, SRb ve Miralardan oluşmuş karışık bir grup olabileceği de düşünülmektedir (Kerschbaum ve Hron 1992). Özellikle ışınma gücü dev (III) ve tayf türü M olan SRa ve SRb tipi yıldızların Mira tipi yıldızlardan farklı PL, PC ve PR bağıntıları gösterdikleri bilinmektedir (Yeşilyaprak 2004, Yeşilyaprak ve Aslan 2004). Ayrıca SR yıldızlarında P bilgisi, bu yıldızların kütle kaybı oranları hakkında da bilgi vermektedir (Vassiliadis ve Wood 1993, Arndt 1997, Yeşilyaprak 2004 2004). Bu yüzden, SR tipi değişenlerde zonklama periyotlarının belirlenmesi çok önemlidir. Evrimsel olarak SRb ile Mira tipi yıldızlar arasında bir süreçte olduğu düşünülen SRa yıldızlarının bazen SR bazen de Mira gibi değişim gösterdikleri gözlemsel

* elanur.dikicioglu@gmail.com

olarak da kanıtlanmıştır (Mattei vd. 1998; Kiss vd. 1999). Bu nedenle, SRa tipi yıldızların birden fazla periyoda sahip olmaları çok daha beklenen bir durumdur.

Kırmızı yıldızlarda (SR ve Mira) periyot değişimlerinin nedeni, bu yıldızlarda bulunan He kabuğunun tutuşması ile oluşan ısıl salınım hareketleri olarak gösterilmiştir (merchan ve jurado 2003). Bu yıldızlarda birden fazla periyoda rastlanabileceği ve bunun muhtemel nedenleri konusunda ilk çalışma Stothers ve Leung (1971) tarafından yapılmış ve birden fazla periyoda sahip bir kırmızı yıldızın ilk periyodu kısa, ikinci periyodu ise uzun olarak tanımlanmıştır. Aynı çalışmada, kısa periyotların nedeni çapsal zonklama olarak kabul edilirken, uzun periyotların ($P \geq 2500g$) nedeni yıldız lekeleri ve çifti var ise dolanma periyodu olarak gösterilmiştir. Muhtemel diğer neden ise, bu periyotların farklı zonklama kiplerini temsil etmesidir (kısa periyodun 1. kipteki, uzun periyodun ise temel kipteki zonklamayı göstermesi gibi). Sonuç olarak, SR yıldızlarının çoklu periyoda sahip olmasının nedeni, aynı anda farklı çapsal zonklama kiplerinde zonklama yapmalarıdır.

SR yıldızlarında zonklama kipi değişimlerinin çoğunun, ısıl salınımlardan ve kütle kaybındaki değişimlerden kaynaklandığı da gözlemlerden bilinmektedir. PR bağıntılarına göre; SR yıldızlarının uzun ve kısa periyotlarda farklı zonklama kiplerine sahip olduğu görülmüştür (Yeşilyaprak 2004).

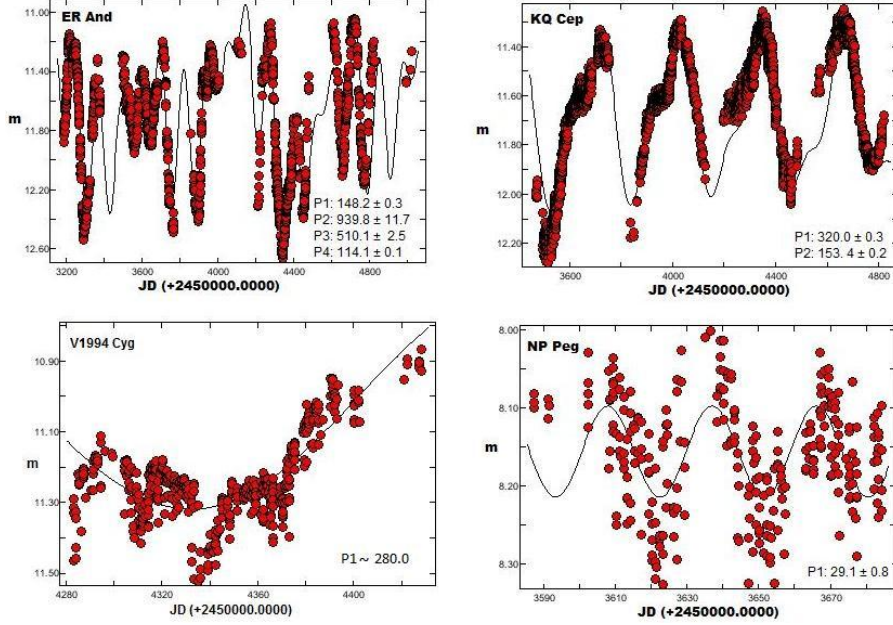
Bu çalışmada, ROTSE-IIId teleskobu ile uzun dönemli (birkaç yıllık) ve sık aralıklarla (hemen hemen her gece) gözlenmiş SR yıldızlarından seçilmiş bazı SRa tipi yıldızların periyotları incelenmiştir.

2 Gözlem ve Analizleri

İncelenen SRa tipi yıldızlar, ROTSE-IIId teleskobu ile TUG'da 2004-2009 yılları arasında gözlenmiş farklı bölgelerden seçilmiş ve çoklu periyoda sahip olduğu düşünülen yıldızlardan oluşmaktadır. Bu yıldızların temel astronomik özellikleri, GCVS4, Hipparcos Kataloğu ve Simbad Veri Tabanı'ndan alınmıştır.

ROTSE-IIId teleskobu 45 cm çaplı, 2048x2048 hücreli (pixel) ve 1.85x1.85 derecelik görüş alanına sahip filitresiz robotik bir teleskoptur. Filitresiz olarak gözlem yapmakta ve 550 nm'de çok geniş bir bant genişliğine sahiptir (Akerlof vd 2003). Gözlem analizleri ROTSE-IIId analiz sisteminde otomatik olarak yapılmakta ve aletsel olarak gök cisimlerinin parlaklıklarını vermektedir. Bu parlaklıkları, derin gökyüzü görüntülerinden oluşan USNO A2-R görüntüleri ile kalibre ettiği için elde edilen ROTSE-IIId parlaklıkları, R parlaklığına çok yakın değerlerdir.

Seçilen SRa yıldızlarının periyot analizlerinde Peranso (Vanmunster 2010) ve Period04 (Lenz vd 2005) programları kullanılmıştır. Peranso (Işık Eğrisi ve Dönem Analizi Bilgisayar Programı), farklı tür gözlem teknikleriyle gözlenmiş verilerin Periyot ve Dönem analizlerinde kullanılan etkin bir analiz programıdır. İncelediğimiz yıldızların değişimleri ve çoklu periyot doğasından ötürü, SRa yıldızlarının periyot analizlerinde uygun olan Fourier metotlarından CLEANest (Foster 1995) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kısaca; özellikle çoklu periyotların tespitinde kullanılan ve muhtemel bütün güçlü periyot sinyallerini tespit



Şekil 1. SRa tipi yıldızların ışık eğrileri ve periyot analiz sonuçları

ederek, bunların tek tek ve sırayla periyot güç tayfından çıkarılarak, kalan periyotlar üzerinden güç tayfında periyot sinyali kalmayana kadar periyot analizini sürdüren ve böylece gerçek olmayan periyotları da ayıklayan etkin bir analiz yöntemidir.

3 Periyotlar ve Işık Eğrileri

Bulunan güncel periyotların doğruluğu ve sürekliliği, sık aralıklarla (1 veya birkaç gün) alınacak uzun süreli/dönemli gözlemlerle kontrol edilebilir. ROTSE-III'd gözlemleri sayesinde bu bir çok yıldız için gerçekleşmiş veya gerçekleşmektedir. İncelediğimiz SRa tipi yıldızların bir çoğu için bulduğumuz periyotlar kesin görünmektedir ve bu yıldızlara ait ROTSE-III'd gözlemlerinden elde edilen tam ışık eğrileri de bunu doğrulamaktadır. ROTSE-III'd teleskobu ile 2004-2009 yılları arasında TUG'da gözlenmiş bazı SRa tipi değişen yıldızların periyot analiz sonuçları Çizelge-1'de, ışık eğrileri Şekil-1'de verilmiştir.

4 Sonuç

SR tipi değişenler üzerine yapılan çalışmaların önemi; haklarında çok fazla bilgi olmayan bu yıldızların evrim aşamaları hakkında daha fazla bilgi edinebilmek,

Çizelge 1. ROTSE-IIId teleskobu ile gözlenmiş SRa tipi yıldızların periyot analiz sonuçları

Yıldız Adı	ΔT	N	Δm	$P(GCVS)$	Δm	P_1	P_2	P_3	P_4
	(g)		(mag)	(d)	(Rotse mag)	(g)	(g)	(g)	(g)
ER And	1834	2076	2.0	108.0	1.62	148.0	940.0	510.0	114.0
KQ Cep	1350	6175	1.8	310.0	1.00	320.0	153.0	-	-
V1994 Cyg	348	498	2.1	-	0.66	280.0	-	-	-
NP Peg	507	439	0.2	37.58	0.33	29.0	-	-	-

kütle kaybı ve zonklama özellikleri sayesinde fiziksel yapılarında meydana gelen değişimleri belirlemek, PL bağıntıları (Yeşilyaprak 2004, Yeşilyaprak ve Aslan 2004) yardımı ile galaksi yapısına ışık tutmak ve uzaklık ölçümlerinde bir uzaklık göstergesi olarak standart yıldız gibi kullanabilmektedir. SR yıldızları, doğaları gereği bazen yarı düzenli bazen de düzensiz değişim göstermelerine rağmen, zonklama periyodu bilgisi çok önemlidir. Zonklama periyotları bu yıldızlar için PL, PC ve PR gibi bağıntılar oluşturduğu gibi zonklama kipi değişimlerinin tespitinde ve en önemlisi de kütle kaybı oranlarının ($P \geq 70g$ SR yıldızlarında büyük miktarda kütle kayıpları gözlenmiştir) belirlenmesinde (Vassiliadis ve Wood 1993, Arndt vd. 1997, Yeşilyaprak 2004) kullanılmaktadır. Bulunan bu periyotlar ile yukarıda bahsedilen birçok alana da yeni ve güncel veri ve bilgi kaynağı sağlanmıştır. Bu yıldızlara ait daha çok sayıda ve kapsamlı benzer çalışma sürdürülmekte ve sonuçlar bu yıl sonunda uluslararası yayına gönderilecektir.

5 Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK TBAG 108T475 proje desteğiyle gerçekleştirilmiştir. ROTSE-IIId teleskop proje ekibine; gözlem, literatür desteği ve ROTSE-IIId gözlem arşiv verilerini sağlayan TUG Müdürlüğüne; TBAG 108T475 projesi kapsamında gerçekleştirilen özel yazılımların kullanılmasına izin veren TBAG 108T475 proje ekibine; Atatürk Üniversitesi BAP 2007/33 projesine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akerlof, C. W., Kehoe, R. L., McKay, T. A., vd.: The ROTSE-III Robotic Telescope System. *PASP* **115** (2003) 132–140
 Arndt, T. U., Fleischer, A. J. ve Sedlmayr, E.: Circumstellar dust shells around long period variables. VI. An approximative formula for the mass loss rate of C rich stars. *AA* **327** (1997) 614–619

- ESA: The Hipparcos and Tycho Catalogues. Celestia: (HIPPARCOS) ESA SP - 1200. (1997)
- Foster, G., 1995, Astron. J.: The cleanest Fourier spectrum. Astron. J. **109** (1995) 1889–1902
- Kerschbaum, F. ve Hron, J.: semiregular variables of types SRa and SRb - Basic properties in the visual and the IRAS-range. AA **263** (1992) 97–112
- Kiss L. L., Szatmary K., Cadmus J. R. R., Mattei , J. A.: Multiperiodicity in semiregular variables. I. General properties. AA **346** (1999) 542–555
- Lenz, P., ve Breger, M.: Period04 User Guide. CoAst **146** (2005) 53–136
- Mattei, J.A., Foster, G., Hurwitz, L.A., vd.: The Proceedings of ESA Symposium, Hipparcos-Venice '97. (ESA SP-402, 1998) (1999) 269–274
- Merchan, B. P. ve Jurado, V. M.: Strong period decrease in the Mira star S Sex: a possible helium-shell flash. AA **353** (2000) 264–268
- SIMBAD: Simbad Astronomical Database (1995)
- Stothers, R. ve Leung, K. C.: Luminosities, masses and periodicities of massive red supergiants. AA **10** (1971) 290–300
- Vanmunster. T.: PERANSO. <http://www.peranso.com> (2010)
- Vassiliadis, E. ve Wood, P. R.: Evolution of low- and intermediate-mass stars to the end of the asymptotic giant branch with mass loss. ApJ **413** (1993) 641–657
- Yesilyaprak, C.: Yarı Düzenli Değişen Yıldızların Mutlak Parlaklığı ve Kinematığı. Fen Bilimleri Enst., Akdeniz, Üniversitesi, Antalya (2004)
- Yesilyaprak, C. ve Aslan. Z.: Period-luminosity relation for M-type semiregular variables from Hipparcos parallaxes. MNRAS **355** (2004) 601–607