

## Rotse-IIID ve Uzun Dönemli Gözlemler Mira Tipi Değişenler

Cahit Yeşilyaprak<sup>1\*</sup>

Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Erzurum

**Özet** Mira tipi değişen yıldızlar, tayflarında salma çizgileri bulunan, geç (M, C, S) tayf türünden, zonklayan ve uzun dönemli ( $100g \leq P \leq 1000g$ ) ışık değişimi ( $V \geq 2.5m$ ) gösteren kırmızı dev yıldızlardır. Kırmızı ötesi bölgedeki değişim genlikleri, görünür bölgedeki değişim genliğinden daha küçüktür. Mira, SR ve L tipi değişen yıldızlar, benzer evrimsel sürece sahip olsalar bile aralarındaki temel farklılık ışık değişimlerinden (düzenli/periodyk, yarı düzenli, düzensiz) kaynaklanmaktadır. Mira tipi yıldızlar kendilerine özel PL ve PC bağıntıları gösteren yıldızlardır. Mira tipi yıldızların evriminde iki önemli aşama; iç katmanlarda gerçekleşen He kabuk parlamaları ve dış katmanlarda gerçekleşen zonklama ve kütle kaybıdır. Bu iki aşamanın da ortak göstergesi Mira tipi yıldızlarda gözlenen belirgin periyot değişimleridir. Bu değişimler aynı zamanda, zonklama kipinin de değişimi anlamına gelmektedir. SR tipi yıldızlarda daha sık görülen çoklu periyot, Mira tipi yıldızlarda da gözlenmektedir ve bu periyotların tespiti çok uzun dönemli ve kesintisiz gözlemler gerektirmektedir. Bu tür gözlemler için en uygun teleskop sistemi ise, robotik olarak çalışan ROTSE-IIID teleskop sistemidir. Bu çalışmada, ROTSE-IIID teleskobuyla 2004-2009 yılları arasında, gözlenmiş onlarca farklı alandan elde edilmiş CCD görüntülerinden seçilmiş bazı Mira'ların zonklama periyotlarının analiz sonuçları sunulmuştur. TÜBİTAK TBAG-108T475 projesi desteğiyle gerçekleştirilmiştir.

### 1 Giriş

Mira (M) tipi değişen yıldızlar, tayflarında salma çizgileri bulunan ve geç (M, C, S) tayf türünden, zonklayan, uzun dönemli değişim gösteren kırmızı dev yıldızlardır. Değişim genlikleri görsel bölgede, 2.5m'den büyük ve değişim periyotları da 100-1000 g'dür (GCVS4). Kırmızı ötesi bölgedeki değişim genlikleri, görünür bölgedeki değişim genliğinden daha küçüktür ( $\leq 2.5m$ ). Mira, SR ve L tipi değişen yıldızlar, benzer evrimsel sürece sahip olsalar bile aralarındaki temel farklılık ışık değişimlerinden (düzenli/periodyk, yarı düzenli, düzensiz) kaynaklanmaktadır. Mira tipi yıldızların evriminde iki önemli aşama; i) iç katmanlarda gerçekleşen He kabuk parlamaları; ii) dış katmanlarda gerçekleşen zonklama ve kütle kaybıdır. İki aşamanın da ortak göstergesi Mira'larda gözlenen belirgin periyot değişimleridir. Bazı evrim modellerine göre Mira yıldızları,

\* cahity@atauni.edu.tr

He parlamaları (ısısal salınımlar) sırasında belirgin periyot değişimleri göstermektedirler (Merchan ve Jurado 2000). Periyot değişimlerinin belirtileri ise: i) zonklama periyodundaki değişimler; ii) ortalama parlaklık değişimleri; iii) genlik ve/veya ışık eğrisi değişimleridir. Bu değişimler aynı zamanda, Mira tipi yıldızlarda, zonklama kipinin de değişimi anlamına gelmektedir. Ayrıca, SRa ve SRb tipi yıldızların Mira tipi yıldızlarla da ilişkili olduğu bilinmektedir ve hatta SRa tipi yıldızların ayrı bir sınıf değil, SRb ve Mira yıldızlarından oluşmuş karışık bir grup olabileceği de düşünülmektedir (Kerschbaum ve Hron 1992).

Ayrıca, Mira tipi yıldızlarda çapsal olmayan zonklamalardan kaynaklanan genlik ve periyot değişimleri de ışık eğrilerinde görülebilmektedir (Cannizzo vd 1990, Kiss ve Szatmary 2002) fakat en büyük periyot değişimleri ısısal salınımlar ve büyük oranda kütle kayıplarında ortaya çıkmaktadır (Benitez ve Vargas 2002). Mira yıldızlarının ışık eğrisinde gözlenen periyodik salınımlar arasındaki maksimum parlaklıktaki değişimler çoğu zaman çoklu periyoda sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu tür hem periyot hem de genlik değişimine örnek "R Dor" (Mira/SR, M8IIIe, P1: 175g, P2: 338g) yıldızıdır. Bu yıldız uzun yıllar gözlenmiş ve hem genliğinde hem de zonklama periyodunda değişiklikler defalarca tespit edilmiştir (Bedding ve Zijlstra 1998). Bu değişimler, "R Dor" yıldızını hem SR hem de Mira yıldızları için elde edilmiş PL bağıntılarında yer almasına sebep olmuş ve uzun periyotta Mira gibi kısa periyot da ise SR gibi zonkladığı ortaya çıkmıştır (Bedding ve Zijlstra 1998, Knapp vd. 2003, Yeşilyaprak 2004, Yeşilyaprak ve Aslan 2004).

Benzer şekilde, uzun dönemli değişim gösteren diğer Mira tipi yıldızlarda da bu tür değişimlerin olup olmadığını ortaya çıkarmak, güncel periyot bilgileri elde ederek PL, PC, PR, zonklama özellikleri ve kütle kaybı çalışmalarına en temel veri kaynağı oluşturmak amacıyla TUG'da gözlenmesi için ROTSE-IIId teleskobunda uzun dönemli değişen (SR, Mira) yıldızların gözlendiği projeler sürdürülmektedir.

Düzenli değişim gösteren Mira tipi yıldızların periyotlarının belirlenmesi uzun dönemli ve kesintisiz gözlemler gerektirmektedir. Bu amaçla, ROTSE-IIId gibi robotik teleskop sistemi için verilen gözlem projeleri sayesinde, uzun dönemli (birkaç yıllık) ve sık aralıklarla (hemen hemen her gece) gözlenmiş yıldızların içinden seçilmiş bazı Mira tipi yıldızların periyotları incelenmiştir.

## 2 Gözlem ve Analiz

İncelenen Mira tipi yıldızlar, ROTSE-IIId teleskobu ile TUG'da, 2004 - 2009 yılları arasında gözlenmiş farklı bölgelerden seçilmiş yıldızlardan oluşmaktadır.

ROTSE-IIId teleskobu 45 cm çaplı, 2048x2048 hücreli ve 1.85x1.85 derecelik görüş alanına sahip filitresiz robotik bir teleskoptur. Filitresiz olarak gözlem yapmaktadır 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 gökcisimlerinin 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 Mira yıldızlarının periyot analizlerinde öncelikle 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 uzun dönemli değişimleri ve çoklu periyoda sahip olabilme doğasından ötürü, Mira 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 ederek, bunların tek tek ve sırayla periyot güç tayfindan çıkarılarak, kalan periyotlar üzerinden güç tayfinda periyot sinyali kalmayana kadar periyot analizini sürdüren ve böylece gerçek olmayan periyotları da ayıklayan etkin bir analiz yöntemidir.

### 3 Periyotlar ve Işık Eğrileri

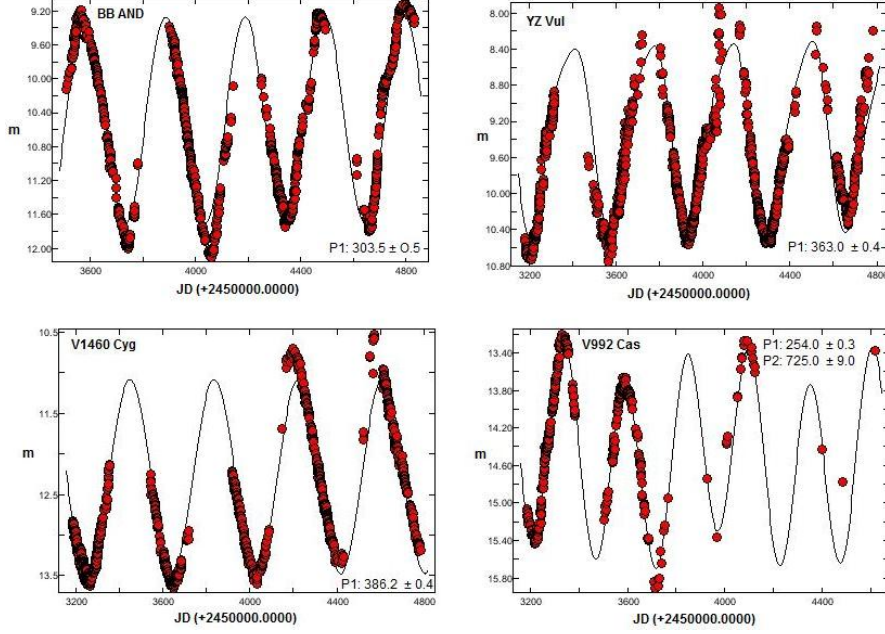
Bulunan güncel periyotların doğruluğu, sık aralıklarla ( 1 veya birkaç g) alınacak uzun süreli/dönemli gözlemlerle sağlanabilir. İncelediğimiz Mira tipi yıldızların bir çoğu için bulduğumuz periyotların, uzun dönemli gözlemler ve veri alım sıklığı nedeniyle, kesin olduğu rahatlıkla söylenebilir. Bu periyotlar, yıldızlara ait ROTSE-IIId gözlemlerinden elde edilen tam ışık eğrilerinden doğrulanmaktadır. ROTSE-IIId teleskobu ile 2004-2009 yılları arasında TUG'da gözlenmiş bazı Mira tipi değişen yıldızların periyot analiz sonuçları Çizelge-1'de ve ışık eğrileri Şekil-1'de verilmiştir.

**Çizelge 1.** ROTSE-IIId teleskobu ile gözlenmiş bazı Mira tipi yıldızların periyot analiz sonuçları

Yıldız Adı	$\Delta T$	$N$	$\Delta m$	$P(GCVS)$	$\Delta m$	$P_1$	$P_2$
	(g)		(mag)	(d)	(Rotse mag)	(g)	(g)
BB And	1323	1521	2.5	290.0	3.0	$303.5 \pm 0.5$	-
V992 Cep	1433	565	3.2	-	2.7	$254.0 \pm 0.3$	$725.0 \pm 9.0$
V1460 Cyg	1601	1470	2.0	367.0	3.2	$386.2 \pm 0.4$	-
YZ Vul	1602	1993	5.6	376.9	2.9	$363.0 \pm 0.4$	-

### 4 Sonuç

Mira tipi değişen yıldızlar üzerine yapılan çalışmaların önemi; öncelikle haklarında çok fazla bilgi olmayan bu yıldızların hem kendi evrim aşamaları hem de SR tipi yıldızlarla olan evrimsel ilişkileri hakkında daha fazla bilgi edinebilmek,



Şekil 1. Bazı Mira tipi yıldızların ışık eğrileri ve periyot analiz sonuçları

büyük miktarda kütle kaybı oranına sahip olduğu bilinen (PC ile ilişkili) bu yıldızların kütle kaybı oranları ve zonklama özellikleri (PR ile ilişkili) sayesinde fiziksel yapılarında meydana gelen değişimleri belirlemek, ışınım güçlerinden dolayı PL bağıntıları (Whitelock ve Feast 2000) yardımı ile galaksi yapısına ışık tutmak ve galaksilerarası uzaklık ölçümlerinde bir uzaklık göstergesi olarak standart yıldız gibi kullanabilmektedir. Mira yıldızları, düzenli değişim gösteren uzun dönemli değişen yıldızlardır. Periyot belirlemek için uzun dönemli ve sürekli gözlemlere ihtiyaç duyulmaktadır fakat periyodu bilinen Mira yıldız sayısı oldukça azdır. Bu elde edilmiş PL bağıntılarında kullanılan Mira yıldız sayısından kolaylıkla anlaşılabilir. Bu tip yıldızların özellikle zonklama periyodu ve bunların değişiminin göstergesi olan periyot çalışmaları çok daha önem kazanmış durumdadır. 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-III'd teleskop proje ekibine; gözlem, literatür desteği ve ROTSE-III'd 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
- Bedding T. R. ve Zijlstra A. A.: .: HIPPARCOS Period-Luminosity Relations for Mira and Semiregular variables. *ApJ* **506** (1998) L47-L50
- Benitez, P. M. ve Vargas, M. J.: *JBAA* **112** (2002) 349
- Cannizzo J. K., Goodings, D. A., Mattei J. A.: A search for chaotic behavior in the light curves of three long-period variables. *ApJ* **357** (1990) 235–242
- Foster, G., 1995, *Astron. J.*: The cleanest Fourier spectrum. *Astron. J.* **109** (1995) 1889–1902
- Kerschbaum, F. ve Hron, J.: emiregular variables of types SRa and SRb - Basic properties in the visual and the IRAS-range. *AA* **263** (1992) 97–112
- Kholopov, P. N., Samus, N.N., Frolov, M.S., vd.: 4th. Ed., Nauka Pub., Moscow. GCVS4 (1988)
- Kiss, L. L., ve Szatmary, K.: Period-doubling events in the light curve of R Cygni: Evidence for chaotic behaviour. *AA* **390** (2002) 585–596
- Knapp, G. R., Pourbaix, D., Platais, I., vd.: Reprocessing the Hipparcos data of evolved stars. III. Revised Hipparcos period-luminosity relationship for galactic long-period variable stars. *AA* **403** (2003) 993–1002
- Lenz, P., ve Breger, M.: Period04 User Guide. *CoAst* **146** (2005) 53–136
- 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)
- Vanmunster. T.: PERANSO. <http://www.peranso.com> (2010)
- Whitelock, P. A. ve Feast M.: Hipparcos parallaxes for Mira-like long-period variables. *MNRAS* **319** (2000) 759–770
- 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