

M Tipi Yarı Düzenli Değişen Yıldızların Salt Parlaklıkları

Zeki ASLAN, Cahit YEŞİLYAPRAK

Akdeniz Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 07058, ANTALYA
e-mail: aslan@sci.akdeniz.edu.tr

ÖZET: Hipparcos paralaksı kullanılarak M tipi yarı düzenli değişen yıldızların salt parlaklıkları hesaplanmıştır. Göreli paralaks hataları 0.10'dan küçük olan yıldızlar belirgin bir periyot-parlaklık bağıntısının olduğunu göstermektedir. Periyot-yarıçap bağıntısı bu yıldızların çoğunun birinci harmonikte zonkladığı düşüncesini desteklemektedir.

1. Giriş

Yarı düzenli (SR) değişen yıldızlar orta ve geç tayf türünden dev ve üst devlerdir. Belirgin periyodik ışınım değişimi sergilerler. Zaman zaman ışık eğrisinde düzensizlikler, hatta sabit ışınım evreleri görmek mümkündür. Işınım periyotları 20 günden birkaç bin gün arasındadır. Değişen Yıldızlar Kataloğu'nda (Kholopov v.d. 1985) dört alt tür tanımlanmıştır. SRa tipi M, C, S tayf türünden devlerdir, oldukça kararlı periyodik değişim gösterirler. Çoğu zaman Mira yıldızlarından sadece küçük ışınım genlikleri ile ayrılırlar. SRb tipi yine M, C, S tayf türünden, daha zayıf periyodiklik gösteren, ışık eğrilerinde düzensiz aralıklar olan yıldızlardır. Ortalama ışınım çevriminden söz edilebilir. Bir çoğunda birden fazla dönemsel değişim vardır. SRc türü M, C ve S tipi üst devlerdir. SRd türü ise F, G ya da K tipi dev ya da üst devlerdir.

Mira ve SR tipi yıldızların zonklama kipleri hakkında fikir birliği yoktur. Kimi hesaplara göre Mira tipi yıldızlar temel harmonikte, SR tipi yıldızlar birinci ya da daha üst harmonikte zonklar (Fox ve Wood 1982, Wood ve Sebo 1996). Kimine göre ise Mira tipi yıldızlar birinci harmonikte, SR tipi yıldızlar ise ikinci yada daha üst harmonikte zonklar (Feast 1996, van Leeuwen v.d. 1997, Barthés 1998, Bedding v.d. 1997, 1998).

SR tipi yıldızların bir kısmında kip değişimi olduğu iddia edilmektedir. Örneğin R Dor yıldızında (SRb) $P_0=332$ gün ve $P_1=175$ gün ile verilen 2 dönem gözlenmiştir. R Dor'un gözlenen açısal çap ve Hipparcos paralaksından 1. ile 3. harmonik arasında kip değiştirdiği sonucuna varılmıştır. (Bedding v.d. 1998).

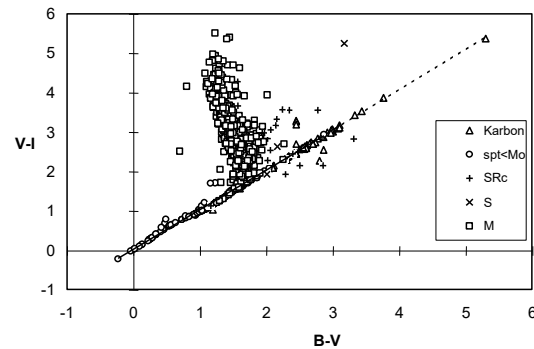
Yarı düzenli değişen yıldızların salt (mutlak) parlaklıkları geçmişte istatistik paralakslardan hesaplanmıştır (Wilson 1942, Aslan 1973). Şimdi Hipparcos Kataloğu'nda önemli sayıda SR tipi yıldızın trigonometrik paralaksı yayınlanmıştır.

Bu bildiri de bu paralakslar kullanılarak, M tipi yarı düzenli değişen yıldızların hesaplanan salt parlaklıkları ve periyot-parlaklık bağıntısı üzerinde durulacaktır.

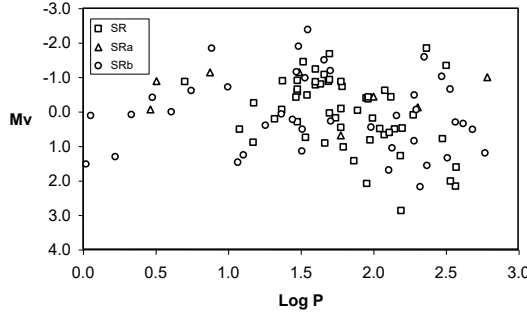
2. Gözlem Verileri

Hipparcos Kataloğu'nda (HIP) (ESA 1997) yarı düzenli değişen olarak sınıflanan yıldızların iki renk diyagramı Şekil 1'de noktalanmıştır. Bu yıldızlar arasında B tipine kadar erken tip yıldızlar vardır; büyük olasılıkla bunlar bilgi azlığından yanlış sınıflanmalardır. Şekil 1'den görüleceği gibi M tayf türü için B-V / V-I bağıntısı genel çizgisel bağıntıdan çok farklıdır. Bu nedenle, biz burada yalnız M sınıfı üzerinde duracağız.

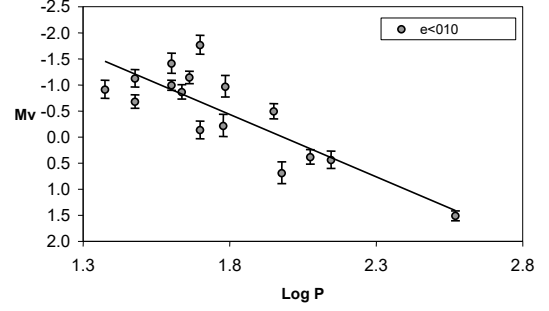
Hipparcos 'daki seçicilik etkilerini en aza indirmek için, biz esas kaynak olarak Değişen Yıldızlar Kataloğu'nu kullandık. Bu katalogta SR, SRa ve SRb diye sınıflanan yalnız M tipi değişen yıldızları seçtik, parlak ve üst devleri dışladık (parlaklık sınıfı II ve I). Sonra bu yıldızların HIP kataloğunda tanısını yaptık. Toplam 874 yıldızdan oluşan bir liste oluştu. Bunların astrometrik ve fotometrik verilerini, varsa yeni ışınım dönemleri dahil, HIP'den aldık.



Şekil 1. Hipparcos Kataloğu'nda yarı düzenli olarak sınıflanan tüm yıldızların iki renk diyagramı Ortalama çizgisel bağıntıdan yalnız M ve S türü sapmaktadır.



Şekil 2. Göreli paralaksı hatası 0.5 den küçük olan yıldızlar için periyot-parlaklık bağıntısı.

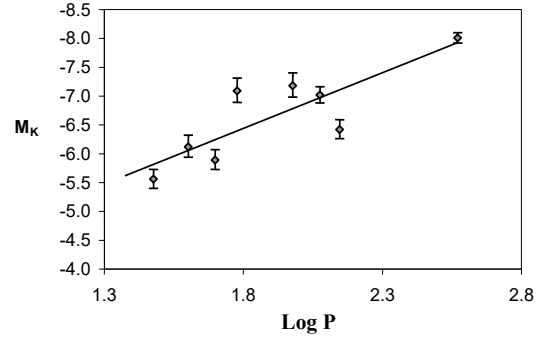


Şekil 3. Paralaksı en iyi ($e<0.1$) olan SR yıldızları için V süzgecinde periyot-parlaklık bağıntısı

3. Salt Parlaklıklar

$M_v = V + 5 + 5 \log \pi_0$ formülü ile, gözlenen paralaks π_0 'dan hesaplanan salt parlaklığın ilk yaklaştırma olarak hatası $\epsilon_M \approx \pm 2.17 \sigma_\pi / \pi_0$ 'dır. Burada σ_π , ölçülen paralaksın hatasıdır. Keyfi bir seçimle, $e \equiv \sigma_\pi / \pi_0 < 0.5$ olan yıldızlar için periyot-parlaklık (P-L) bağıntısı Şekil 2'de verilmektedir. Periyodu 10 günden küçük olanlar için (bunların çoğu Hipparcos 'un yeni keşifleridir) Şekil 2'de görülen belirgin P-L bağıntısı ve renk-periyot bağıntısı daha önce tartışılmıştı. (Aslan ve Yeşilyaprak 1998). Daha uzun dönemliler için Şekil 2'de bir bağıllık sezilmemektedir. Ne varki bu gerçek bağıntının olmadığı anlamına gelmiyor. Saçılmaya katkıda bulunan birkaç etken vardır:

- Görünen parlaklıktaki belirsizlik.* Hipparcos 'un zaman aralığı kısadır ve bir tam çevrimi bile gözlenmemiş olabilir. Bu nedenle verilen parlaklık, çevrim ortalaması olmayabilir.
- M_v 'de gerçek dağılım.* Bunun $\sigma_M \sim 1^m$ mertebesinde olması beklenmektedir.
- Yıldızlararası soğurma.* Şekil 2'de bunun için bir düzeltme yapılmamıştır ancak saçılmaya önemli bir katkısı olmaz çünkü düzeltme, yıldızın yönüne ve uzaklığına bağlı olarak, her noktayı daha parlak M_v 'ye doğru kaydırır.
- Gözlenen paralaksın ölçüm hataları.* Şekil 2'deki saçılmaya en büyük katkı kaynağı budur. M_v 'deki hata $\sigma_\pi / \pi = 0.20$ 'de $\sim \pm 0^m.4$, ve $\sigma_\pi / \pi = 0.50$ 'de $\sim \pm 1^m.18$ 'dir.
- Lutz-Kelker ve Malmquist yanlılıkları.* Paralaks hatasından (Lutz ve Kelker 1973) ve seçicilik etkisinden (Malmquist 1936) kaynaklanan bu sistematik düzeltmelerin saçılmayı artırması beklenmemektedir
- Çok periyotluluk-zonklama kiplerinin karışımı.* Szatmary v.d. (1996) iki periyotlu 10 adet yıldız listelemiştir. Cadmus v.d. (1998), Percy ve Desjardins (1996), Bedding v.d. (1998) kip değişimi kanıtları bulmuşlardır. Kuramsal modeller (örneğin Wood ve Sebo 1996) uzun



Şekil 4. Paralaksı en iyi ($e<0.10$) olan SR yıldızları için K süzgecinde periyot-parlaklık bağıntısı

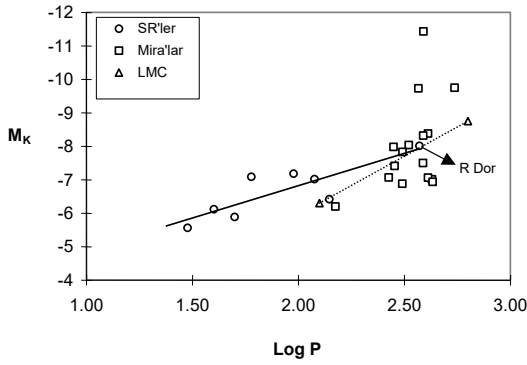
dönemli değişen yıldızlar için temel harmonik ile birinci ya da ikinci harmonik arasındaki periyot oranları için $\Delta \log P \sim 0.3-0.4$ öngörmektedir. Bu gözlemsel ve kuramsal sonuçlara göre Şekil 2'deki yıldızlar farklı kipte zonklayan yıldızların karışımı olmalıdır, bu veriler M_v 'de saçılmayı artırır.

4. P-L Bağıntısı

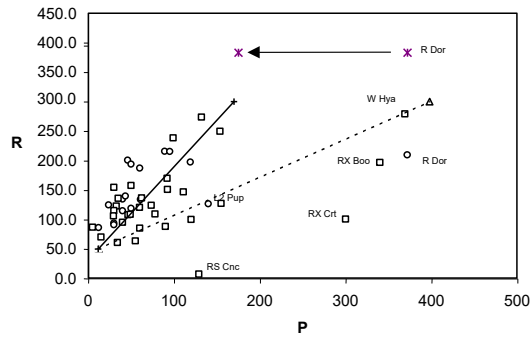
Yukarıda sıralanan etkileri gözönüne alarak, burada paralaksı en iyi olan yıldızları kullanacağız. Şekil 3 ve 4'de, V ve K bantlarında, göreli paralaks hataları 0.10'dan küçük olan yıldızlar noktalanmıştır. (Bkz. Çizelge 1). Görüleceği gibi belirgin bir P-L bağıntısı vardır. M_v 'nin tersine parlaklık kırmızı ötesinde periyotla artmaktadır. Bu IRAS uydu gözlemleri (IRAS 1988) içinde böyledir, ancak burada verilmeyecektir. Şekil 5'de, Şekil 4'deki bağıntı, galaktik Mira yıldızları (van Leeuwen v.d. 1997) ve Küçük Macellan Bulutu Mira bağıntısı ile karşılaştırılmıştır. Görüleceği gibi, R Dor uzun periyotlu zonklama evresinde Mira gibi davranmaktadır; kısa periyotlu zonklaması SR gibidir. Galaktik Mira tipi yıldızlardaki saçılmanın esas nedeni paralakslardaki hatalardır artı farklı kiplerdeki zonklamalardır. (van Leeuwen v.d. 1997).

Çizelge 1. Hipparcos Kataloğu'nda bulunan periyodu 20 günden büyük ve paralaks hataları 0.1 den küçük olan M tipi SR değişen yıldızlar.

Hip	V	π	σ_π	P	Tayf Türü	Değ. Tipi	M_v	A_v	K	M_k	m_{12}	M_{12}
8837	4.39	10.15	0.60	30	M4 III SB	SR	-0.68	0.10			0.13	-4.84
14354	3.32	10.03	0.83	50	M3 III var	SRb	-1.76	0.09			-1.22	-6.21
21479	5.59	16.02	0.69	372	M8 e	SRb	1.51	0.10	-4.02	-8.01	-4.28	-8.26
21763	4.32	9.03	0.69	30	M3/M4 III	SR	-1.12	0.22	-0.32	-5.56	0.42	-4.80
23840	5.19	5.20	0.46	40	M3 III	SR	-1.41	0.18	0.30	-6.12	1.03	-5.39
24169	5.60	7.30	0.71	60	M6.2 III	SRb	-0.21	0.13	-1.40	-7.09	-1.12	-6.80
34922	4.42	16.46	1.27	140	M5 e	SRb	0.44	0.06	-2.49	-6.42	-3.46	-7.38
36547	4.92	6.89	0.55	23.7	M4 IIIa	SR	-0.91	0.02			0.69	-5.12
57613	5.10	6.84	0.65	61	M4 III	SR	-0.96	0.24			0.44	-5.38
59929	4.06	10.80	0.48	40	M5 III	SR	-0.99	0.22			-0.71	-5.54
68815	5.69	9.93	0.64	119	M6.5 III	SRb	0.38	0.29	-1.98	-7.02	-2.16	-7.18
73199	4.63	8.20	0.52	43.3	M5 III	SR	-0.86	0.06			-0.24	-5.67
78574	6.52	7.26	0.70	95	M6 e	SRb	0.69	0.13	-1.47	-7.18	-1.71	-7.41
80704	4.83	9.03	0.61	89.2	M6 III var	SRb	-0.49	0.10			-1.60	-6.82
92862	4.08	9.33	0.52	46	M5 III var	SRb	-1.14	0.07			-1.42	-6.57
106044	5.47	8.23	0.64	50	M5 III	SR	-0.13	0.18	-0.46	-5.89	-0.12	-5.54



Şekil 5. Şekil 4 ve Büyük Macellan Bulutu'ndaki Mira yıldızları. kesikli çizgi ve Mira yıldızları van Leeuwen v.d. (1997)'den alınmıştır.



Şekil 6. Periyot - yarıçap bağıntısı. Yarıçaplar Barnes ve Evans bağıntısından hesaplanmıştır. Kısa sürekli çizgi birinci harmonikte, kesikli çizgi temel harmonikte zonklayan yıldızlar için P-R bağıntısıdır. (o : $e < 0.1$, □ : $0.1 < e < 0.2$, Δ ve + temel ve 1. Harmonik bağıntılarını temsil eder. R Dor'un açılal çaptan hesaplanan konumu belirtilmiştir.

5. Periyot-Yarıçap Bağıntısı

Dumm ve Schild'in (1998) yaptığı gibi, yıldızların yarıçaplarını hesaplamak için Barnes ve Evans'ın (1976) yüzey parlaklık bağıntısını kullanacağız. Bir yıldızın açılal çapı θ , λ dalgaboyunda gözlenen akısı f_λ , ve yüzey parlaklığı F_λ , (birim alandan çıkan ışınım enerjisi) arasında basit bir ilişki vardır: $f_\lambda \propto F_\lambda \theta^2$. Toplam ışıktaki bu $f_{bol} \propto T_e^4 \theta^2$ olur. Burada T_e , etkin sıcaklıktır. Orantı katsayısı için Güneş değerleri kullanılırsa (Barnes ve Evans 1976),

$$\log T_e + 0.1BC = \log T_d + 0.5 \log \theta + 0.1 m_{bol} - 0.1V - 0.5 \log \theta$$

burada V, Johnson sisteminde görsel kadirdir. Sol taraf F_v ile gösterilir ve Güneş verileri kullanılırsa,

$$F_v = 4.2185 - 0.1V - 0.5 \log \theta \quad (1)$$

F_v ile çeşitli renk göstergeleri arasında iyi bir ilişki olduğu bilinmektedir (Örneğin Barnes v.d. 1978). Dumm ve Schild (1998), Hipparcos Kataloğu 'nda verilen Cousins renk göstergesi $(V-I)_c$ ile F_v arasında M yıldızları için

$$F_v = 3.75(\pm 0.02) - 0.178(\pm 0.007)(V-I)_c \quad (2)$$

vermektedir. Hipparcos 'da verilen $(V-I)_c$ 'den (2) denklemi F_v 'yi, (1) denklemi de açılal çap θ 'yı verir. Yine Hipparcos'da verilen paralaks kullanılarak açılal çap çizgisel çapa çevrilebilir. Bu adımlar birleştirilirse (Dumm ve Schild 1998),

$$R(R) = (107.47/\pi) 10^{0.939 - 0.2V + 0.356(V-I)_c} \quad (3)$$

burada paralaks π mili açı saniyesi cinsindedir. R'deki hatayı en azda tutmak için en iyi paralaks kullanılmıştır. Şekil 6, görsel paralaks hatası $\sigma_\pi/\pi < 0.20$ olan yarı düzenli değişen yıldızlar için periyot-yarıçap bağıntısını göstermektedir. Yarı düzenli değişen yıldızların kinematiki (Aslan 1973, Yeşilyaprak, Özdemir ve Aslan 1999) yarı düzenli değişen yıldızların küçük kütleli yıldızlar olduğunu göstermektedir. Miralar için kütle aralığını Hanifi v.d. (1995) $1.0M_\odot < M < 1.5M_\odot$. Şekil 6'da $1.5M_\odot$ için zonklama kuramının öngördüğü bağıntılar çizilmiştir. Temel harmonikte zonklama bağıntısı olarak Wood (1990) tarafından verilen denklem $\log P = 1.949 \log R - 0.9 \log M - 2.07$ kullanılmıştır. Birinci harmonikte standard bağıntı

$P[M/R^3]^{1/2}=Q$ kullanılmış ve $Q=0.04$ alınmıştır. Burada P ve Q gün cinsinden, M ve R Güneş birimleri cinsindedir. Temel harmonik için zonklama sabiti yaklaşık $Q=0.09$ değerine sahiptir (Wood ve Sebo 1996). Şekil 6'dan yarı düzenli değişen yıldızların çoğunluğunun birinci harmonikte zonkladığı söylenebilir. Açılal çapı ölçülmüş olan R Dor'un konumu, kip değiştirdiğini (Bedding v.d. 1998) desteklemektedir.

Wood P.R., 1990, "From Miras to planetary nebula", (eds. M.O. Mennessier, A. Omant)
Wood P.R., Sebo K.M., 1996, *MNRAS*, **282**, 958

Kaynaklar

- Aslan Z., 1973, *MNRAS*, **165**, 337
Aslan Z., Yeşilyaprak C., 2000, in "Variable Stars as Essential Astrophysical Tools", (ed. C. İbanoğlu), NATO-ASI, Ser.C., **Vol.544**, Kluwer Acad. Publ. Dordrecht, The Netherlands, p.503
Barnes, T.G., Evans D.S., 1976, *MNRAS*, **174**, 489
Barnes, T.G., Evans D.S., Moffett T.J., 1978, *MNRAS*, **183**, 285
Barthés D., 1998, *A&A*, **333**, 647
Bedding T.R., Zijlstra A.A., von der Lühe O., Robertson J.G., et al., 1997, *MNRAS*, **286**, 957
Bedding T.R., Zijlstra A.A., Jones A., Foster G., 1998, *MNRAS*, **301**, 1073
Cadmus R.R.J., Wilson L.A., Sneden C., Mattei J.A., 1991, *AJ*, **101**, 1043
Dumm H., Schild H., 1998, *New Astronomy*, **3**, 137
ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogue*, ESA SP – 1200
Feast M.W., 1996, *MNRAS*, **278**, 11
Fox M., Wood P.R., 1982, *ApJ*, **259**, 198
Hanifi C.A., Scholz M., Tuthill P.G., 1995, *MNRAS*, **276**, 640
Joint IRAS Sci. Work. Group, 1998, *IRAS Catalogs and Atlases*, **Vol. 2-6**, The point source catalog, NASA RP-1190, (IRAS-PSC)
Kholopov P.N., Samus N.N., Frolov M.S., et al., 1985-88, "General Catalog of Variable Stars" 4. Ed. Nauka Pub. House, Moscow (GCVS4)
Lutz T.E., Kelker D.H., 1973, *PASP*, **85**, 573
Malmquist K.G., 1936, *Stockholms Obs. Med.*, No: 26
Peroy J.R., Desjardins A., 1996, *PASP*, **108**, 847
Szatmary K., Gal J., Kiss L.L., 1996, *A&A*, **308**, 791
Van Leeuwen F., Feast M.W., Whitelock P.A., Yudin B., 1997, *MNRAS*, **287**, 955
Yeşilyaprak C., Özdemir T., Aslan Z., 1999, XI. UAT., Elazığ (basımda)
Wilson R.E., 1942, *ApJ*, **96**, 371