

Yarı Düzenli Değişen Yıldızların Kinematik Yaşları

Cahit YEŞİLYAPRAK¹, Tuncay ÖZDEMİR², Zeki ASLAN¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, ANTALYA

²İnönü Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, MALATYA

e-mail: cahit@sci.akdeniz.edu.tr

ÖZET: Hipparcos Kataloğu'nda bulunan yarı düzenli değişen M III tipi yıldızların uzay dağılımları ve hareketleri incelenmiş, kinematik farklılık olup olmadığı araştırılmıştır. Buna bağlı olarak da oluşturulan yıldız grupları arasındaki yaş sıralamasının, gençten yaşlıya doğru L, SR, SRa, SRb şeklinde olduğu görülmüştür. Bu gruplar için bulduğumuz ortalama kinematik yaşlar ise L tipi yıldızlar için 5-6 Gyl ve SR, SRa, SRb tipi yıldızlar için 7-8 Gyl'dir.

1. Giriş

Bu çalışmada amacımız Hipparcos Kataloğu (ESA 1997) çıktığından beri, bu katalogdan alınan yeni verilerin yardımı ile üzerinde pek fazla çalışma yapılmayan yarı düzenli değişen yıldızların kinematik özelliklerini ve kinematik yaşlarını belirlemektir. Daha sonra Mira yıldızları ile yapacağımız kinematik çalışmada, karşılaştırma yapacak temel sonuçları elde etmektir.

Bu amaçla, Hipparcos Kataloğu'nda bulunan radyal hıza sahip M tipi dev (III) yarı düzenli değişen yıldızların ortalama hızları ile hız ve uzay dağılımları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara dayanarak, kinematik yaşları tartışılmıştır. İncelenen M III tipi yarı düzenli değişen yıldız sayısı toplam 233'dür. Kinematik farklılıkları görebilmek ve hata oranını azaltmak amacı ile yıldızlar öncelikle 2 gruba ayrılmıştır. Bunlar göreceli (yüzde) paralaks hataları oranı (ϵ_{π}/π) 0.2 ve 0.5 den küçük olan yıldızlardır. 0.5'den büyük orana sahip yıldızlar hesaplamalara katılmamıştır. Çünkü incelenen yıldızlar Güneş komşuluğundan uzaklaştıkça paralaks hataları da artmaktadır. Seçtiğimiz bu yıldızlar, ayrıntılı inceleme yapmak ve varsa kinematik farklılıkları görebilmek için değişim tiplerine, periyotlarına, spektral sınıflarına ve renklerine göre de alt gruplara ayrılmıştır. Ayrıca parlaklık sınıfı dev (III) haricindeki yıldızlar incelemeye alınmamıştır. Sınıfı belli olmayan yıldızlar için, parlaklık sınıfı göstergesi olan mutlak parlaklıklar hesaplanmış ve mutlak parlaklığı $-3 < M_v < 3$ olan yıldızlar dev sınıfına dahil edilmiştir.

2. Metod

Kinematik incelemede bulduğumuz uzay hızları ve hataları, yıldız hareketleri için verilen "Standart Model" (ESA 1997) kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalarda diferansiyel galaktik dönme hesaba katılmamıştır. Yaptığımız hesaplamalarda :

u: galaktik merkez doğrultusundaki hız bileşeni,
v: galaktik dönme doğrultusundaki hız bileşeni,
w: galaktik düzleme dik doğrultudaki hız bileşeni,
 $\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w$: hız elipsoidinin eksenleri,
 θ : eksen kayması

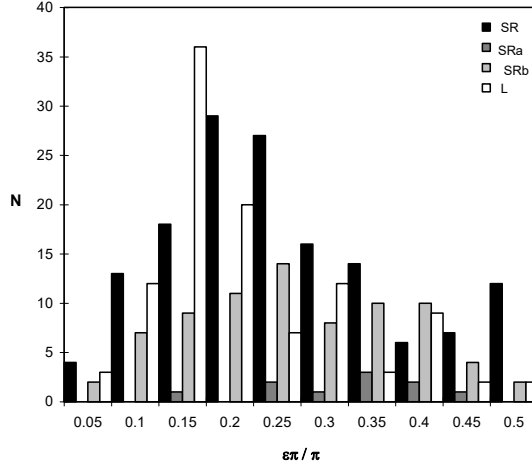
olarak gösterilmiştir. Eksen kaymasını bulmak için $\theta = (1/2) \arctan[2\sigma_{uv}^2 / (\sigma_u^2 - \sigma_v^2)]$ eşitliği kullanılmıştır. Kinematik yaşların hesaplamasında Spitzer ve Schwarzschild 'in (1953) bulduğu daha sonra ise Wielen 'in (1974) üzerinde bir düzeltme yaptığı hızlar ile yaş arasındaki bağıntı $V_{rms} \approx V_{rms}(0)[1 + (t/t_e)]^{1/2}$ kullanılmıştır. Bu eşitlikte $V_{rms} = [\sigma_u^2 + \sigma_v^2 + \sigma_w^2]^{1/2}$, $V_{rms}(0) \approx 10 \text{ km/s}$, $t_e \approx 2 \times 10^9$ yıl, t_e : çarpışmalar sırasındaki enerji değişim zamanı ve $V_{rms}(0)$: yıldız oluşumu sırasındaki ilk hız olarak tanımlanmıştır.

3. Bulgular

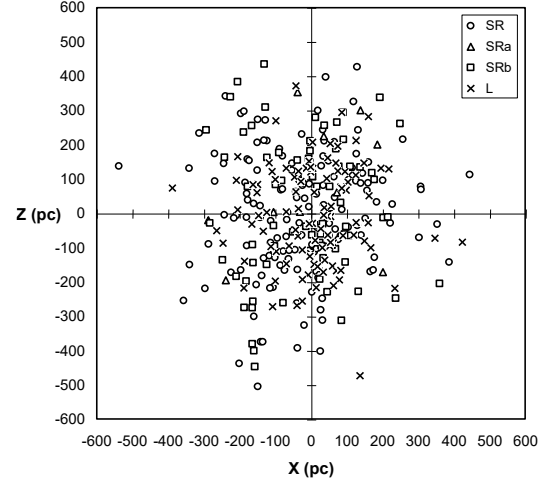
3.1. Uzay ve Hız Dağılımları

İncelemede, göreceli paralaks hataları oranı 0.5 den küçük olan yıldızlar kullanılmıştır ve dağılımları Şekil 1'de verilmiştir.

Yıldızların uzay ve hız dağılımları Şekil 2 ve 3'de verilmiştir. Bu grafikler (X-Z ve u-v) incelendiğinde, değişim tiplerine göre büyük bir



Şekil 1. Göreli paralaks hatası oranı 0.5 'den küçük olan yıldızların dağılımları



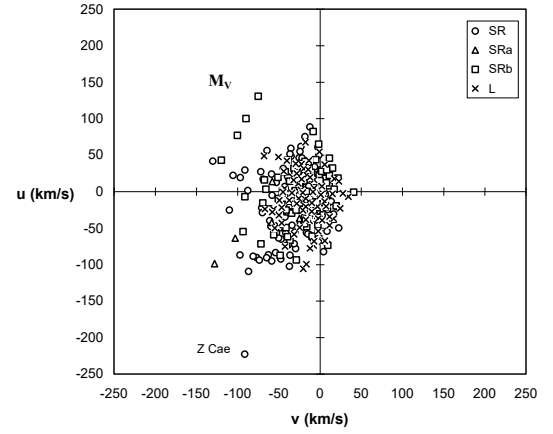
Şekil 2. Uzak dağılımları

fark olmadığı görülmüştür. Özellikle SR ve SRb karşılaştırıldığında aralarında çok belirgin bir fark yoktur. SRa tipi yıldızlar için kesin birşey söylemek ise yıldız sayısının azlığından ötürü zordur. Sadece uzak hızları dağılımında (u-v), L tipi yıldızların hız dağılımları diğer tiplere göre daha küçüktür.

3.2. Yıldızların Hareketleri

Oluşturduğumuz alt gruplar için hesaplamalardan elde ettiğimiz ortalama hız ve elipsoid çözümleri Çizelge 1 'de verilmiştir.

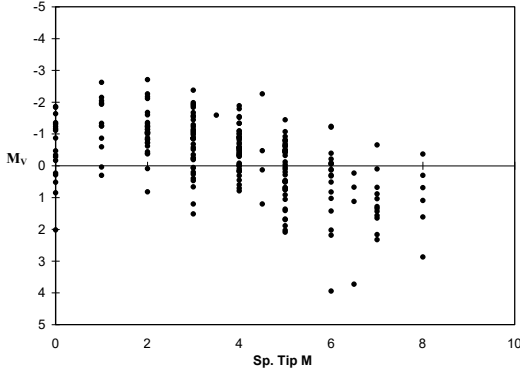
Mira tipi yıldızlar ile karşılaştırma yapabilmek için öncelikle periyotlarına göre bir sınıflandırma yaptık ve alt gruplar oluşturduk. Bu sınıflandırmada kullandığımız değerler (20 ve 80



Şekil 3. Hız dağılımları

Çizelge 1. Ortalama uzak hızları

Grup	Alt Grup	Sayı	Ortalama Hızlar			σ_u (km/s)	σ_v (km/s)	σ_w (km/s)	θ (°)
			$u \pm \epsilon_u$ (km/s)	$v \pm \epsilon_v$ (km/s)	$w \pm \epsilon_w$ (km/s)				
$\epsilon\pi / \pi < 0.5$	L	106	-11.8 ± 3.3	-16.7 ± 2.0	-5.5 ± 1.9	33.6	20.5	19.1	-5.4
	SR	146	-14.9 ± 3.7	-27.2 ± 2.4	-7.9 ± 1.6	45.0	29.4	19.8	12.8
	SRa	10	-22.4 ± 12.6	-40.2 ± 14.5	-10.1 ± 6.0	39.9	45.7	18.9	-39.4
	SRb	77	-0.6 ± 4.8	-23.7 ± 3.6	-9.5 ± 3.1	42.0	31.5	27.2	-5.4
	SR, SRa, SRb	233	-10.5 ± 2.9	-26.6 ± 2.0	-8.5 ± 1.5	44.2	31.0	22.4	12.0
	$P > 20^d$ (SR, SRa, SRb)	37	-15.9 ± 7.0	-16.8 ± 5.7	-6.1 ± 4.1	42.6	34.9	24.9	33.2
	$P > 80^d$ (SR, SRa, SRb)	26	-23.4 ± 7.4	-20.4 ± 7.7	-4.7 ± 5.2	38.0	39.4	26.3	-43.1
	$20^d < P < 80^d$ (SR, SRa, SRb)	16	-14.6 ± 11.8	-20.6 ± 7.5	-11.5 ± 5.8	47.2	30.1	23.2	24.3
	Sp. Tip < 3 (SR, SRa, SRb)	62	-16.6 ± 6.7	-29.3 ± 4.2	-8.8 ± 2.7	52.7	33.1	21.0	15.4
$3 \leq$ Sp. Tip < 6 (SR, SRa, SRb)	135	-11.3 ± 3.5	-25.8 ± 2.4	-8.5 ± 2.0	41.2	27.8	22.9	4.3	
Sp. Tip ≥ 6 (SR, SRa, SRb)	36	3.2 ± 6.1	-24.7 ± 6.4	-8.1 ± 3.9	36.7	38.2	23.4	-38.8	
$\epsilon\pi / \pi < 0.2$	$B - V \leq 1.49$ (SR, SRa, SRb)	33	-10.8 ± 7.4	-24.1 ± 4.7	-10.2 ± 3.8	42.7	26.8	21.9	5.2
	$B - V \geq 1.50$ (L)	54	-17.6 ± 4.7	-16.1 ± 2.9	-2.2 ± 2.3	34.7	21.1	16.9	4.6
	$B - V \geq 1.50$ (SR, SRa, SRb)	58	-11.8 ± 6.4	-27.0 ± 3.5	-6.1 ± 3.0	48.4	27.0	22.7	0.9



Şekil 4. SR, SRa ve SRb tipi bütün yıldızlar için mutlak parlaklık ile spektral tip arasındaki ilişki ($\epsilon/\pi < 0.5$)

gün) keyfi seçilmiştir ve elde ettiğimiz sonuçlara bakıldığında belirgin bir kinematik fark olmadığı görülmüştür. Periyot gruplandırmasında elde ettiğimiz sonuçlarda, yıldız sayısının az olması da etkili olmuştur.

Spektral tip sınıflandırması için yıldızlar erken, orta ve geç tip olarak 3 gruba ayrılmıştır. Geç tiplere gidildikçe hızların ve hız dağılımlarının daha küçük olduğu görülmektedir. Yine geç tiplere gidildikçe görsel mutlak parlaklık azalmaktadır (Şekil 4). SRb ile L tipi yıldızlar karşılaştırıldığında; SRb tipi yıldızların daha sönük, daha mavi ve daha geç tip olduğu görülmüştür.

Renk sınıflandırmasında Kerschbaum ve Hron'un (1992) kırmızı ötesinde, SR değişenlerini mavi ve kırmızı olarak ayırması gözönüne alınmıştır. Biz buna benzer bir ayrımı görsel bölgede belirlediğimiz keyfi sınırlara ($B-V \leq 1.49$ ve $B-V \geq 1.50$) göre yaptık ve sadece daha kırmızı ve daha mavi olarak yıldızları 2 alt gruba ayırdık. Bu ayrıma göre mavi ve kırmızı diye ayırt ettiğimiz yarı düzenli değişen yıldızlar arasında fark olmadığı görülmektedir. Kerschbaum ve Hron'un SR yıldızları için yaptığı renk ayrımı, kinematik bir farklılık olarak sezilmemektedir.

Değişim tipine göre incelendiğinde; L için bulunan hızlar ve hataları ile uzay ve hız dağılımları dikkate alındığında, L tipi yıldızların kinematik olarak homojen bir grup olduğu söylenebilir. SRa tipi yıldızlar için elde edilen sonuçlardaki farklılığın nedeni, yıldız sayısının az olmasıdır. Ayrıca bu farklılığın nedeni olarak Kerschbaum ve Hron'un (1992) söylediği "SRa tipi yıldızlar, Mira ve SRb tipi yıldızların bir karışımı olduğu" da dikkate alınmalıdır. Bütün SR, SRa, SRb tipi yıldızlar bir arada tek bir grup olarak incelendiklerinde elde edilen sonuçların daha tutarlı olduğu görülmektedir. Bu hızlar, Dehnen ve Binney'in (1998) verdiği uzay hızları ile renk arasındaki bağıntıyı gösteren grafikte noktalanmış ve kabul edilen değerler arasında oldukları görülmüştür. Hız ve elipsoid

çözümlerinden elde edilen değerler Strömberg'in asimetric eksen kayması ($\langle v \rangle = -\sigma_u^2/80$) ile de uyusmaktadır (Binney ve Tremaine, 1987). Strömberg eşitliğinden SR, SRa, SRb tipi yıldızlar için bulduğumuz değer 24.2 km/s'dir. Bu L tipi yıldızlar için 14.5 km/s bulunmuştur. Dehnen ve Binney'in (1998) yaşlı disk yıldızları için bulduğu değer ise 20 km/s'dir. Bu sonuçlardan, bu yıldızların yaşlı disk yıldızları ile aynı özelliklere sahip olduğu görülmüştür. Hız elipsoid değerlerinin birbirine oranı da hesaplanmış ve şu değerler bulunmuştur: $(\sigma_u:\sigma_v:\sigma_w) = (1.98:1.40:1.00)$. Dehnen ve Binney'in (1998) bulduğu $(\sigma_u:\sigma_v:\sigma_w) = (2.2:1.4:1.0)$ sonuçlarla uyum içindedir. Eksen dönmesi için bulduğumuz açı değeri 12° de yine yaşlı disk yıldızları için bulunmuş $10^\circ \pm 4$ değerinden çok farklı değildir (Dehnen ve Binney 1998).

3.3. Kinematik Yaşları

Elde ettiğimiz hız ve elipsoid çözümleri ile hız dağılımlarından L tipi yıldızların daha genç olduğu ve aralarındaki yaş sıralamasının gençten yaşlıya doğru $L \rightarrow SR \rightarrow SRb$ şeklinde olduğunu bulduk. Bu sıralamada SRa'nın yeri değişebilmektedir. Bunun nedeni olarak, SRa tipi yıldızların Mira ve SRb tipi yıldızlardan oluşan bir karışım olduğu düşünülebilir.

Gözlemlere dayanan ve hemen hemen her yıldız grubu için geçerli olan hızlar ile yaş arasındaki ilişkiyi gösteren, Wielen'in (1974) bağıntısıyla da $(V_{rms} \approx V_{rms}(0)[1+(t/t_c)]^{1/3})$ uyuşan grafikten yararlanarak L ve SR, SRa, SRb (hepsi bir arada) tipi yıldız grupları için kinematik yaşlar hesaplanmış ve şöyle bulunmuştur: L tipi yıldızlar için 5-6 Gyl ve SR, SRa, SRb tipi yıldızlar için 7-8 Gyl'dir.

Kaynaklar

- Binney J.J., Tremaine S., 1987, "Galactic Dynamics", Princeton Univ. Press, Princeton.
 Dehnen W., Binney J.J., 1998, *MNRAS*, **294**, 429
 ESA, 1997, *The Hipparcos and Tycho Catalogue*, ESA Pub., Noordwijk.
 Kerschbaum F., Hron J., 1992, *A&A*, **263**, 97
 Spitzer L., Schwarzschild M., 1953, *ApJ*, **118**, 106
 Wielen R., 1974, "Highlights of Astronomy", **Vol.3**, XV. General Assembly of the IAU, (ed. G. Contopoulos), Reidel, p.395