

ANAKOL YILDIZLARI İÇİN KÜTLE-PARLAKLIK ve KÜTLE-YARIÇAP BAĞINTILARI

GökseL KAHRAMAN, Osman DEMİRCAN

Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Beşevler / ANKARA

ÖZET

Anakol (MS) yıldızları için Kütle-Yarıçap ve Kütle-Parlaklık bağıntıları (MRR ve MLR) ayrık çift yıldızlara ilişkin güvenilir salt parametrelerden oluşan yeni verilerin ve teorik modellerin kullanılmasıyla yeniden belirlenmiştir. Sıfır yaşı anakol (ZAMS) yıldız modelleri ile gözlemler veriler arasında bir uyum vardır. Fakat ZAMS çizgisi her iki bağıntı da bir alt sınır oluşturmaktadır. Bu özellik, gözönüne alınan yıldızların ZAMS durumundan bir parça evrimleşmiş oldukları şeklinde yorumlanabilir. Bağıntılarda eğim MLR için yaklaşık $0.5 M_{\odot}$ ve MRR için yaklaşık $1.7 M_{\odot}$ civarında değişmektedir. İlk nokta tamamen konvektif yıldızlarla radyatif çekirdeğe sahip yıldızlar arasındaki kütle sınırıdır. İkinci nokta ise yıldızlarda hakim nükleer enerji kaynağının proton-proton çevrimine göre karbon-azot çevriminin daha etkin olmaya başladığı kütle sınırıdır. Bu noktaların yıldız modellerinin yapılmasında önemli bir yeri olduğu görülmektedir. Bu kritik noktaların gözlemler olarak daha duyarlı belirlenmesiyle kuramsal modellere kısıtlamalar konabilecek ve dolayısıyla bu alanda gözlemler ve kuramsal veriler daha uyumlu olacaktır.

1. GİRİŞ

Kütle, yarıçap, parlaklık ve etkin sıcaklık gibi temel yıldız nicelikleri arasındaki bağıntılar Hertzsprung(1923), Russell,Adams ve Joy(1923) ve Eddington'dan(1926) beri bilinmektedir. Teorik ve gözlemsel verilerin düzeltmesine bağlı olarak geçmişte bu tür bağıntılar birçok kezler düzeltilmiştir. Son zamanlarda da Heintz(1978), Kopal(1978), Cester ve ark.(1983), Smith(1985), Gimenez ve Zamorano(1988) ve Griffiths ve ark.(1988) konuya ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarda 1980'li yıllarda biriken gözlemler veriler kullanılmış ve karşılaştırmalar genellikle eski evrim modelleri ile yapılmıştır. Halbuki bu güne kadar, gerek gözlemsel gerekse teorik açıdan her iki alanda da oldukça önemli gelişmeler olmuştur. Gözlemsel açıdan, sistematik, daha duyarlı fotometrik ve tayıfsal gözlemler ve örten ayrık çiftlerin veri analizleri çift yıldızlara ilişkin oldukça güvenilir çok sayıda salt parametrelerin bulunmasını sağlamıştır (Harmanec, 1988). Teorik açıdan, (Ciardillo ve Demarque, 1977, Mengel ve ark. 1979)'nın yaygın olarak kullanılan yıldız modellerinden sonra yıldızlar astrofiziğinde çok önemli gelişmeler olmuştur. Öncelikle, yeni daha duyarlı hesaplamalarla, Los Alamos'daki Astrofiziksel Oposite Kütüphanesi'nde yeni opasite değerleri oluşturulmuştur. Bunlar yeni atomik verileri ve donukluk hesabındaki düzeltmeleri içerir. Yeni opasite değerlerinin yoğunluk ve sıcaklığın anlamlı aralıklarında önceden hesaplanan değerlerden (Cox ve Stewart, 1970 a,b) %50 daha büyük olduğu gösterilmiştir (Magee, Mertz ve Heubner, 1975). Alexander, Johnson ve Rypma(1983) düşük sıcaklık opasite değerlerini hesaplamışlardır. Bu değerler oldukça önemli atomik, moleküller ve parçacık soğurucularının katkılarını içerir ve daha önceden kullanılmış değerlerden çok daha doğru, duyarlı ve anlamlıdır. Gustafsson ve ark.(1975), Kurucz(1979), Eriksson ve ark.(1981)'nın çabaları sonucunda model atmosfer hesaplamalarında önemli gelişmeler olmuştur. Renk-Sıcaklık bağıntıları, bolometrik düzeltme, etkin sıcaklığın daha doğru tahminleri HR diyagramının hemen hemen her yerinde uygulanabilir duruma getirilmiştir.

Yeni çift yıldız verileri anakol için MLR ve MRR çalışmalarında henüz yeni teorik hesaplamalarla birlikte tam olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada Popper'in (1980) derlediği verilere ilaveten yeni verilerin kullanılmasıyla MLR ve MRR tekrar araştırılmıştır. Teorik MLR ve MRR yeni teorik yaklaşımalar kullanılarak ZAMS ve TAMS modelleri için elde edilmiş ve sonuçlar gözlemsel bağıntılarla karşılaştırılmıştır.

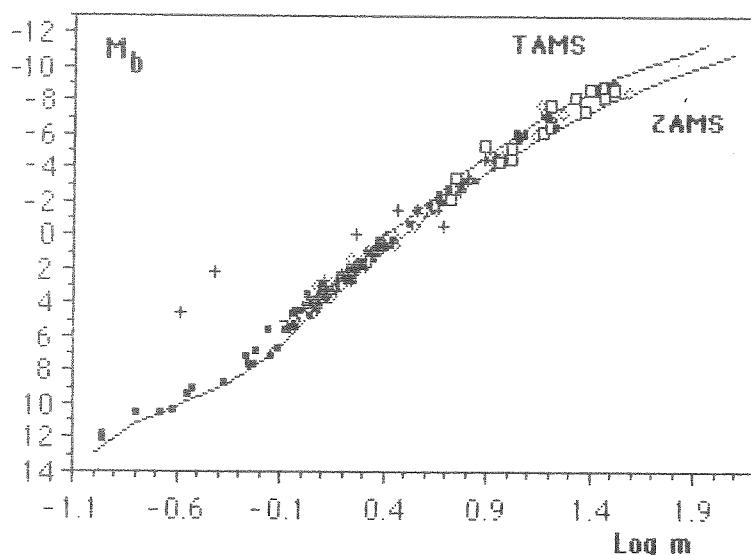
2. YERİLER

Gözlemsel veriler Popper'in (1980) verilerini de içeren Harmanec'in (1988) derlemesinden alındı. Harmanec'in derlemesi 1988'e kadar elde edilen 06-M8 tayf türleri arasındaki anakol yıldızlarının salt parametrelerini içermektedir. Am yıldızları ve log g'si 3.9'dan küçük yıldızlar hariçinde, Harmanec 06 ve M8 tayf türleri arasında 140 anakol yıldızının salt parametrelerini literatürden toplamıştır. Harmanec tayf türü B2'den daha erken ve K0'dan daha geç yıldızlar için veri yamılgalarının büyük olduğunu vurgulamıştır.

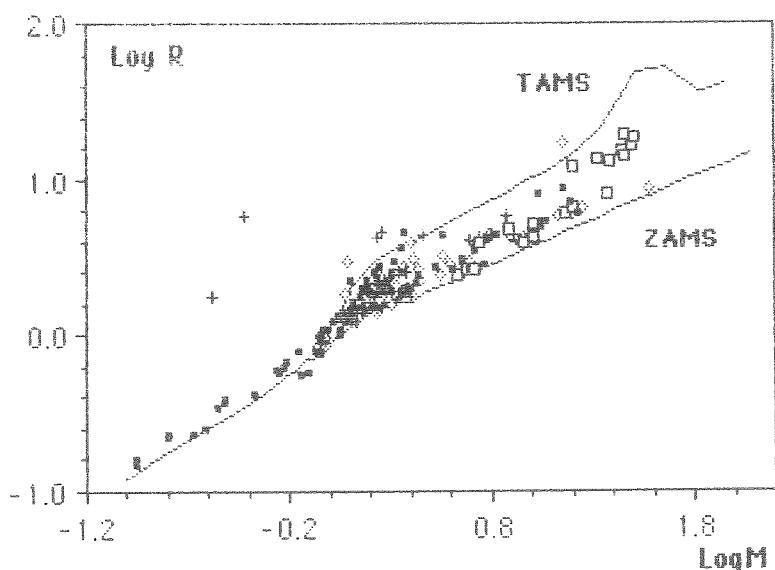
Üç değişik yeni kaynaktan evrim modellerini kullanarak teorik ZAMS ve TAMS çizgilerini oluşturduk. $2 M_{\odot}$ 'nden $120 M_{\odot}$ 'ne kadar olan yıldızlar için evrim modelleri Maeder ve Meynet (1988)'den alındı. Bu modellerde kütle kaybı ve konvektif çekirdeklerden overshooting etkisi özellikle ağır yıldızların gözlemebilir özelliklerini dikkatli bir şekilde açıklamak için dahil edilmiştir. Hesaplanan modellerde H, He ve ağır element içeriği sırası ile X=0.70, Y=0.28 ve Z=0.02 olarak alınmıştır. Karışım uzunluğu (mixing length) ve overshooting mesafesi eşit yani 1.5 alınmış ve yerel basınç ölçek yüksekliği 0.25 alınmıştır. 0.7 ve $5 M_{\odot}$ arasındaki 27 ZAMS modeli Vanden Berg ve Bridges(1984)'den alınmıştır. Bu modeller Y=0.25 ve Z=0.0169 (Güneş'e özgü) için hesaplanmış ve konveksiyon parametresi (karışım uzunluğunun basınç ölçek yüksekliğine oranı) $\alpha=1.5$ alınmıştır. Daha küçük kütleli ($M/M_{\odot} = 0.1, 0.15, 0.3, 0.45, 0.6$ ve 0.75) yıldızlar için evrim modelleri Vanden Berg(1983)'den alınmıştır. Bu modeller Y=0.25, Z=0.02 ve $\alpha=1$ için

yapılmıştır. Modellerin yarıçap (R güneş biriminde) ve bolometrik parlaklıkları verilen etkin sıcaklık ve ışınım gücü değerlerinden bilinen formüllerle güneş birimlerinde bulunmuştur.

Gözlemsel veriler şekil 1 ve 2'de gösterildiği gibi $\log M - M_b$ düzleminde noktalanmıştır. Oluşturulmuş ZAMS ve TAMS çizgileri de şekilde görülmektedir. Ayrık, yarı ayrık, degen ve hemen hemen degen çiftlerin bileşenleri de şekillerde farklı sembollerle gösterilmiştir. Algol türü çiftlerin birkaç ikincil altdevleri dışında, bütün yıldızların anakol bandında yer aldığı görülmektedir. Herhangi bir yıldız gurubu için anakol bandından sistematik bir sapma görülmemektedir.



Şekil 1. $\log M - M_b$ düzleminde gözlemsel veriler, ZAMS ve TAMS çizgileri.
Küçük kareler: Popper'dan alınan ortalamalı gözlemsel veriler,
Baklava: Ayrık çiftler, Artı: Yarı ayrık, ve Büyük kareler: Değen ve değimeye yakın çiftleri göstermektedir.



Şekil 2. logM-logR düzleminde gözlemlisel veriler, ZAMS ve TAMS çizgileri.

Küçük kareler: Popper'den alınan ortalama gözlemlisel veriler,

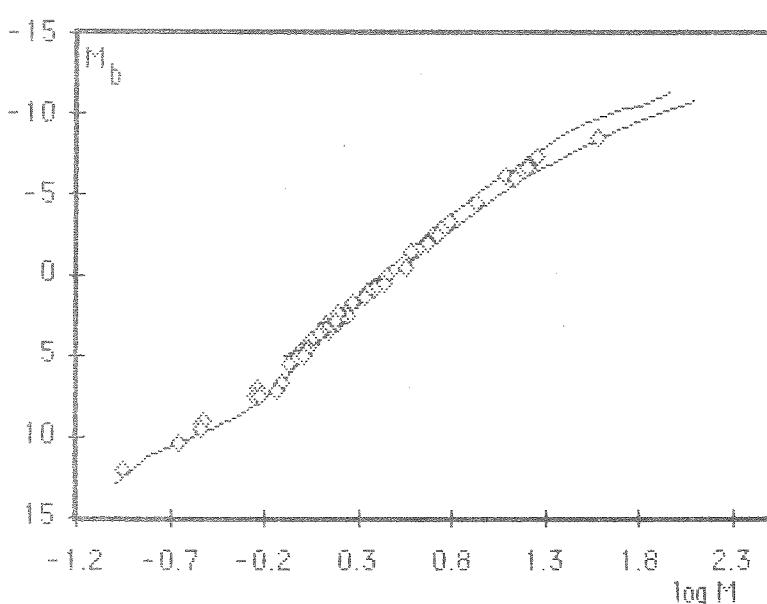
Baklava: Ayrık çiftler, Artı: Yarı ayrık, ve Büyük kareler: Değeri ve değimeye yakın çiftleri göstermektedir.

3. KÜTLE-PARLAKLIK BAĞINTISI

Derlenen ortalama değerler logM-M_b düzleminde noktalandığında (Şekil 3) bağıntının eğiminin $M \sim 0.5 M_{\odot}$ civarında değiştiği görülmektedir.

Bununla birlikte Popper (1980), Smith (1983), Griffiths ve ark. (1988)'nın belirttiği gibi $1-2 M_{\odot}$ arasında eğimde önemli bir değişim görülmektedir. Eski çift yıldız verilerinde de eğimin $1.5 - 2 M_{\odot}$ civarında değiştiği öne sürülmüyordu. (Kopal, 1978, Stagni ve ark., 1982, Cester ve ark., 1983) Smith $M = 0.43 M_{\odot}$ 'den önceki düzlüğü farketmiştir. Bununla birlikte, teorik ZAMS çizgilerinde bağıntının eğiminin yaklaşık $M \approx 0.5 M_{\odot}$ civarında olduğu görülmüştür. Teorik ZAMS çizgilerinde ayrıca eğim $1.5 M_{\odot}$ civarında değişmektedir. Şekil 3'de ZAMS çizgilerinin gözlemlisel verilerle uyum sağladığı

fakat biraz daha aşağıya düşüğü açıkça görülmektedir. Küçük kütlerdeki gözlemlerin ve kuramsal değerlerin $0.8 M_{\odot}$ ’ten daha küçük kütler için uyum sağlanmadığı Hoxie(1973), Lacy(1977) ve Patterson(1984) tarafından belirtilmiştir fakat bizim şeklimizde bu ayrim anlamlı bir şekilde görülmemektedir. (bkz. şekil 3)



Şekil 3. $\log M - M_b$ düzleminde ortalama gözlemler, ZAMS ve TAMS çizgileri

Kütle-Parlaklık bağıntısının parametrik denklemleri verilerle 1., 2. ve 3. dereceden fitler yapılarak elde edilmiştir. Değişik kütle aralıklarında verilere 1., 2. ve 3. derece fitler yaparak a, b, c, d katsayılarını elde ettik. (tablo 1)

Tablo 1'deki teorik katsayıların hemen hemen her zaman gözlemler sabitlerden daha büyük olduğu görülmektedir. Buradan, $\log M - M_b$ düzleminde ZAMS modellerinin deneysel verilerin daha düşük bir zarfını oluşturduğu

anlaşılır. Bu bilinen sonuç sürpriz değildir, çünkü yıldızlar sıfır yaşında değil, biraz çok evrimleşmişlerdir.

Table 1'deki katayıllardan yararlanarak aşağıdaki bağıntıları yazabiliriz;

ZAMS için

$$L \approx \begin{cases} 1.03 M^{3.42}; & 0.1 < M < 120 M_{\odot} \text{ için} \\ 0.20 M^{2.50}; & M < 0.7 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.15 M^{3.36}; & M > 0.7 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

TAMS için

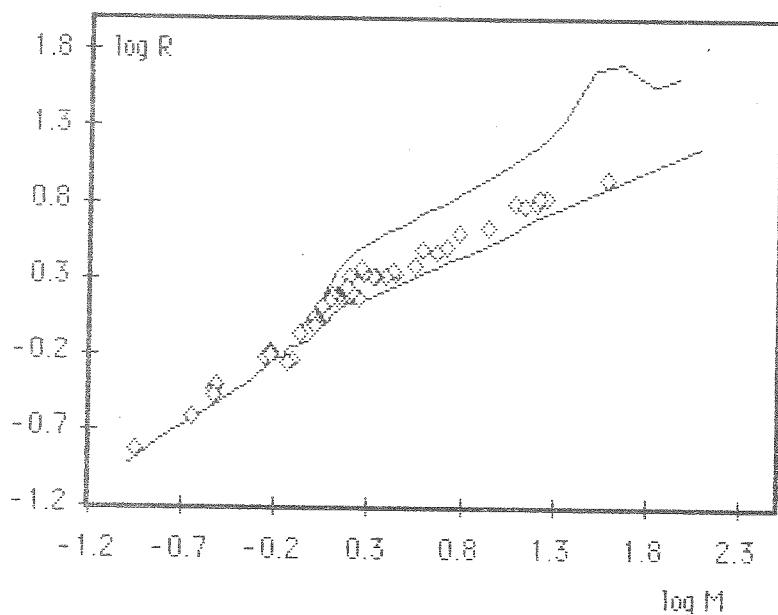
$$L \approx \begin{cases} 2.54 M^{3.41}; & 0.8 < M < 120 M_{\odot} \text{ için} \\ 2.27 M^{3.44}; & M > 0.7 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

Gözlemlisel veriler için

$$L \approx \begin{cases} 1.18 M^{3.70}; & 0.1 < M < 18.1 M_{\odot} \text{ için} \\ -0.35 M^{2.62}; & M < 0.7 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.02 M^{3.92}; & M > 0.7 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

4. KÜTLE-YARIÇAP BAĞINTISI

Tayfaal türlerin her alt sınıfları için ortalama kütle ve yarıçap değerleri derlenen çift yıldız verilerinin analizinden elde edilmiştir. Şekil 4'de görülen Kütle-Yarıçap bağıntısında yaklaşık $1.7 M_{\odot}$ civarında bağıntının eğimi değişmektedir. Eğimdeki bu değişim, konuya ilgili daha önce çalışan bilim adamları (Kopal, 1978, Lucy, 1979, Gimenez ve Zamorano, 1985) tarafından farklılıkla 1.3 ve $2 M_{\odot}$ aralığında farklı yerlerde belirlenmiştir. Eğimdeki bu değişim bu yıldızlardaki hakim nükleer enerji kaynağındaki proton-proton çevriminden karbon-azot çevrimine geçiş noktası olarak görülmüştür.



Sekil 4. logM-logR düzleminde ortalama gözlemeş veriler, ZAMS ve TAMS çizgileri

Daha önce de belirlenen bu eğimdeki değişimin yeri, bu çalışmada $1.66 \pm 0.08 M_{\odot}$ bulunmaktadır. Aynı değişim, ZAMS modellerinden elde edilen teorik yaklaşımlarda $1.47 M_{\odot}$ civarındadır. Ayrıca bu değişim noktası kütle-kayıbı ve overshooting etkisinin de gözönüne aldığı ZAMS modellerinde daha belirgin ve $M=1.7 M_{\odot}$ noktasındadır. Bu değişim noktasının yeri daha doğru yıldız modellerinin yapılmasında önemli olduğu aşikardır. Yeni veriler overshooting ve kütle kaybı etkilerini içeren modelleri desteklemektedir. Şekil 4'te görülen ZAMS çizgileri gözlemeş verilerle uyum sağlamaktadır ve adeta bir alt sınır gibi belirmektedir. Büyük kütlelerdeki teori ve gözlemlerin farklılığı muhtemelen daha büyük kütlelerdeki anakol bandının genişliğinden dolayıdır. Buradaki yıldızların daha fazla evrimleştiği düşündürmektedir.

Kütle-Yarıçap bağıntısında eğimin değiştiği noktanın her iki tarafında kalan verilere ayrı ayrı doğrusal fitler yaptık. Bulunan katsayılar $\log R = a + \log M$ formundaki yapı için tablo 2'de gösterilmiştir. Şekil 4'ten de görüleceği gibi daha yüksek dereceden polinomlar fit etmek gereksiz görülmektedir.

Tablo 2'deki teorik Kütle-Yarıçap bağıntısının katsayıları hemen hemen daima gözlemeş verilerinkinden daha küçüktür. Bu özellik ele alınan yıldızların biraz evrimleşmiş olmaları ve kütleye bağlı olarak anakolun genişliğinden kaynaklanmış olabileceği şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 2'deki verilerle aşağıdaki bağıntıları yazabiliyoruz;

ZAMS için

$$R \approx \begin{cases} 0.85 M^{0.67}; & 0.1 < M < 120 M_{\odot} \text{ için} \\ 0.89 M^{0.89}; & M < 1.66 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.01 M^{0.57}; & M > 1.66 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

TAMS için

$$R \approx \begin{cases} 1.21 M^{1.78} & ; 0.1 < M < 120 M_{\odot} \text{ için} \\ 2.00 M^{0.75} & ; M < 1.66 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.61 M^{0.83} & ; M > 1.66 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

Gözlemlisel veriler için

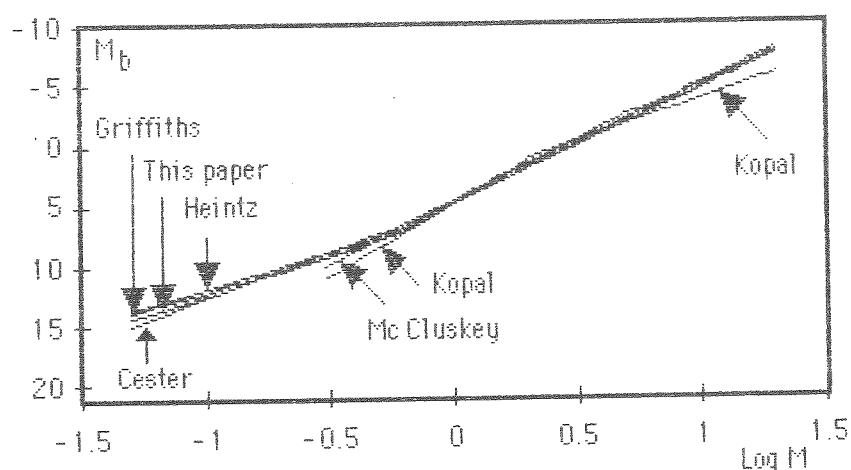
$$R \approx \begin{cases} 1.01 M^{0.724} & ; 0.1 < M < 120 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.06 M^{0.945} & ; M < 1.66 M_{\odot} \text{ için} \\ 1.33 M^{0.555} & ; M > 1.66 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

Son bağıntıdan kütle bakımından fazla evrimleşmemiş yıldızları içeren çiftler için kütle oranı q ve yarıçap oranı k arasındaki bir bağıntıya dönüştürübilir ve aymık çift sistemlerin ışık eğrisi analizinde yararlı olabilir.

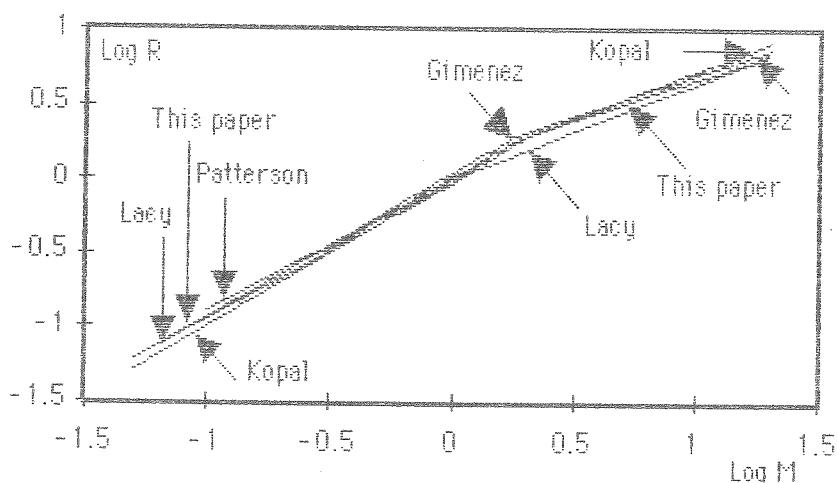
$$k = \begin{cases} q^{0.935} & ; M_1 \text{ ve } M_2 < 1.66 M_{\odot} \text{ için} \\ q^{0.542} & ; M_1 \text{ ve } M_2 > 1.66 M_{\odot} \text{ için} \\ q^{0.724} & ; M > 1.66 M_{\odot} \text{ ve } M_2 < 1.66 M_{\odot} \text{ için} \end{cases}$$

5. KARŞILAŞTIRMA ve TARTIŞMA

Daha önceki bölümlerde elde edilen sonuçlar Kütle-Yarıçap ve Kütle-Parlaklılık bağıntılarının önemini ve faydalarını göstermektedir. Bizim çalışmamızdaki her iki bağıntı için katsayıları diğer araştırmacıların ile karşılaştırıldığımızda diğerlerinden pek farklı olmadığı ortaya çıkar (Şekil 5 ve 6). Fakat bizim elde ettiğimiz bağıntılarda eğimin değişim noktaları diğerlerinininkinden farklıdır. Bu noktaların yıldız modellerinin yapılmasında önemli olacağına inanıyoruz. Bu noktaların yeri zamanla daha çok verinin elde edilmesiyle daha da düzeltilebilir. Bolometrik düzeltme ve sıcaklık ölçüğindeki olaşı hatalara rağmen şimdiki sonuçlar daha önceki derlemelerin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında gözlemsel değerleri daha iyi temsil etmektedir.



Şekil 5. $\log M - M_b$ düzleminde bu çalışmanın diğerleri ile karşılaştırılması



Sekil 6. logR-logR düzleminde bu çalışmanın diğerleri ile karşılaştırılması

HR diyagramında, dönmenin etkisiyle modeller daha düşük etkin sıcaklık ve parlaklığa sahip olurlar. Böylece ZAMS'tan uzaklaşırlar. Uniform dönme, modelleri HR diyagramında ZAMS'tan uzaklaştırırken, diferansiyel dönme nedeniyle, modeller ZAMS'a hemen hemen paralel olarak daha aşağıda yer alırlar.

Ayrıca, çift yıldız verileri üzerindeki i) bolometrik düzeltme, sıcaklık ölçüği ve uzaklıktaki hatalar azaltılması, ii) daha mükemmel ışık ve radyal hız eğri modellerinin yapılması iii) ayrıca kimyasal içerik, yaş ve dönmenin evrim modellerine etkilerinin daha dikkatli bir şekilde düzeltilmesi gereklidir. Bu yaklaşımlarla özellikle bağıntıların eğimlerinin değiştiği noktalar Yıldız Astrofiziği alanındaki gözlem ve teorilerin daha yakınlaştırılmasında yardımcı olacaktır.

Table 2 $\log R = a + b \log M$ şeklindeki fit bağıntısının katsayıları

a	ZAMS			TAMS			Güzlemel			Kütte aralığı
	b	r	a	b	r	a	b	r		
-0.073	0.668	0.987	0.082	1.780	0.992	0.003	0.724	0.977	M < 1.66 M _{sun}	Hepsi
0.012	0.017	0.013	0.129	—	—	0.014	0.024	—	—	—
-0.049	0.891	0.998	0.300	0.753	0.975	0.026	0.945	0.979	M < 1.66 M _{sun}	Hepsi
0.006	0.016	0.053	0.046	—	—	0.013	0.041	—	—	—
0.005	0.565	0.999	0.207	0.826	0.981	0.124	0.555	0.982	M > 1.66 M _{sun}	Hepsi
0.004	0.005	0.038	0.038	—	—	0.019	0.024	—	—	—

Table 1. $Mb = a + b (\log M) + c (\log M)^2 + d (\log M)^3$ şeklindeki fit bağıntısının katsayıları

Fit	ZAMS				TAMS				Empirical				mass range	
	a	b	c	d	r	a	b	c	d	r	c	d		
Birinci	4.66	-8.54	—	—	0.991	3.66	-8.52	—	—	0.991	4.51	-9.26	—	0.995 entire
	0.13	0.19	—	—	—	0.26	0.26	—	—	—	0.09	0.15	—	—
İkinci	4.60	-9.15	0.58	—	0.993	4.52	-12.24	2.08	—	1.000	4.51	-9.25	-0.01	— 0.995 entire
	0.11	0.23	0.16	—	—	0.07	0.18	0.10	—	—	0.09	0.20	0.20	—
Üçüncü	5.05	-9.92	-1.07	1.09	0.999	4.39	-10.86	0.20	0.72	1.000	4.79	-10.22	-1.41	1.61 0.998 entire
	0.06	0.12	0.15	0.09	—	0.03	0.16	0.07	0.07	—	0.06	0.16	0.19	0.18
Birinci	6.41	-6.25	—	—	0.995	—	—	—	—	—	5.84	-6.54	—	— 0.990 M < 0.7
	0.23	0.36	—	—	—	—	—	—	—	—	0.21	0.39	—	—
Birinci	4.54	-8.41	—	—	0.988	3.80	-8.61	—	—	0.992	4.67	-9.79	—	— 0.996 M > 0.7
	0.16	0.23	—	—	—	0.23	0.24	—	—	—	0.06	0.15	—	—

Kütle-Parlaklılık Bağıntısı için karşılaştırma tablosu

a	b	kütle aralığı(güneş birim)	Referans
4.89	-9.71	0.3-20	Mc Clusky and Kondo(1972)
4.80	-9.50	>0.5	Heintz(1978)
5.80	-6.00	<0.5	"
3.15	-6.99	>2.0	Kopal(1978)
4.88	-11.63	<2.0	"
4.95	-7.62	<0.5	Cester et al.(1983)
4.74	-11.75	0.6-1.5	"
4.26	-9.19	>1.5	"
5.99	-6.10	<0.4	Griffiths et al.(1988)
4.68	-10.40	0.4-5.0	"
3.77	-8.78	>5.0	"
5.84	-6.54	<0.7	Bu makale
4.67	-9.79	>0.7	"

Kütle-Yarıçap Bağıntısı için karşılaştırma tablosu

a	b	kütle aralığı(güneş bir.)	referans
0.000	0.980	<2	Kopal(1978)
0.100	0.637	>2	"
-0.020	0.917	<1.3	Lacy(1979)
0.011	0.640	>1.3	"
0.000	0.880	0.1-0.8	Patterson(1984)
-0.009	1.000	0.8-1.4	"
0.053	0.977	<1.8	Gimenez and Zamorano(1985)
0.153	0.556	>1.8	"
0.026	0.945	<1.66	Bu makale
0.124	0.555	>1.66	"

Kaynaklar

- Alexander, D. R. Johnson, H.R., Rypma, R.L. 1983, Ap. J. 272, 773.
- Cester, B., Ferluga, S., Boehm, C. 1983, Astrophys. Space Sci 96, 125.
- Ciardillo, R.B., Demarque, P. 1977, Trans. Astr. Obs. Yale Univ. 33, 1 (CD).
- Cox, A.N., Stewart, Stewart, J.N. 1970 a, Ap. J. Suppl. 19, 243.
- Cox, A.N., Stewart, Stewart, J.N. 1970 a, Ap. J. Suppl. 19, 261.
- Eddington, A.S. 1926, The internal constitution of the stars, cambridge Univ. Press. Reprinted 1959 by Dover Publ.
- Eriksson, K., Gustafsson, B., Bell, R.A. 19881, unpublished.
- Gimenez, A., Zamorano, J. 1985, Astrophys. Space Sci. 114,259
- Griffiths, S.C., Hicks, RB., Milone, E.F. 1988. The Journal of Roy. Astr. Soc. of Canada, 82.1.
- Gustafsson, B., Bell, R.A., Erikson, K., Nordlund, A. 1975, Astr. Astrophys. 42, 407.
- Hartmanec, P. 1988, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 39, 329.
- Heintz, W.D. 1978, Double Stars, D. Reidel Publ. co Holland. Kopal, Z. 1978. Dynamics of close binary systems. D. reidel Publ. Co., Holland.
- Hertzsprung E. 1923, Bull. Astron. Inst. Netherlands, 2 No.43.
- Kurucz, R.L. 1979, Ap. J. suppl. 40,1.
- Lacy, C.H. 1979, Ap. J. 228, 817.
- Maeder, A., Meynet, G. 1988, Astron. Astrophys Suppl. 76, 411

- Magee, N.H., Mertz, A.L., Heubner, W.F. 1975, Ap.J. 196, 617.
- Mengel, J.G., Sweigart, A.W., Demarque, P., Gross, P.G. 1979, Ap. J. Suppl. 40, 733.
- Patterson J. 1984, Ap. J. suppl. 54, 443.
- Paper, D.M. 1980, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 18, 115.
- Russell, H.N., Adams, W.S., Joy, A.H. 1923, Publ. Astr. Soc. Pacific,
- Smith, R.C. 1983, The Observatory, 103, 29.
- Stagni, R., Margoni, R., Mammano, A. 1982 Ap. Space Sci. 88, 115.
- Vanden Berg, D.A. 1983, Ap. J. Suppl. 51, 29.
- Vanden Berg, D.A., Bridges T.J., 1984, Ap. J. 278, 679.

Z. ASLAN: Ben burada değişme noktalarını merak ettim. Değişik çalışmalarında uyumluları iyi söylediniz ama değişim noktaları çok farklı. Özellikle yanlışlıyorsam Kütle-Yarıçap bağıntısında idi, merkezdeki konveksiyon bölgesinin ışımasal bölgeye değişme kütlesini $0.5 M_{\odot}$ 'e eşit kabul ettiniz. Bu kütle çok küçük değil mi? Şimdiye kadar gördüğümüz kuramsal değerlere biraz ters düşüyor. Ne derece gerçekçi bu değer?

O. DEMİRCAN: Galiba benim açıklamam gereklili bunu. Göksel heyecanla cümleyi ters söyledi. $0.5 M_{\odot}$ tamamen konvektif yapıya sahip yıldızlarda, merkezden radyatif bölgenin oluşmaya başladığı yıldızlar arasındaki kütlesidir. Biz bunu daha iyi belirlediğimize inanıyoruz. Ama önceki değerlerde bundan çok farklı değil $0.7 M_{\odot}$, $0.8 M_{\odot}$ gibi.

D. ERYURT: Ben belki kaçırıldım, anlamadım, ama başında, kompozisyonu seçerken ağır elementlerin Güneş türü olmasına dikkat ettik dediniz.

G. KAHRAMAN: Evet, genelde Güneş benzeri yıldızları tercih ettik.

D. ERYURT: Kompozisyon olarak Güneş benzeri dediğiniz zaman, z'yi mi aynı aldınız, y'yi mi aynı aldınız?

G. KAHRAMAN: Hepsini, yani H ve He bolluğunun aynı olmasına dikkat ettik. Modelleri seçerken özellikle dikkat ettiğimiz, bunlarda oluşan kütle kaybının bu modellere girmesi idi. Kimyasal kompozisyonda da hepsinin 0.7, 0.25 ve 0.02 olmasına dikkat ettik ki, bu yıldızlar Güneş kompozisyonunda oluyor.

D. ERYURT: Peki, o zaman şu suali soracağım. Modelleri seçerken neyi dikkate aldınız? Biliyorsunuz yarıçap tam hassas nispetlerde alınır. Onu seçerken aynı nispetin alınmış olmasına dikkat ettiniz mi?

G. KAHRAMAN: Tabii. Ben söylemek atladım ama Osman Demircan hocam belirtti. Modelleri seçerken özellikle parametrelerin aynı olmasına dikkat ettik.