

KATAKLİSMİK ÇİFT YILDIZLARDA BEYAZ CUCELERİN KÜTLELERİ ÜZERİNE

M. Turker OZKAN

I. Ü. Fen Fakültesi

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

34452 Üniversite-İSTANBUL

OZET

Bu çalışmada kataklismik çift (KÇ) yıldızlardaki baş yıldız beyaz cücelerin kütleleri inceleniyor. Gözlemler göstermektedir ki kataklismik çift yıldızlardaki beyaz cücelerin kütleleri tek halde bulunan beyaz cücelerin kütlelerinden daha büyüktür. Bu farklılığı açıklamanın dört olası yolu vardır: 1) Kataklismik çiftler tercihan büyük kütleli bir beyaz cüce ile oluşmaktadır. 2) Kütlelerin büyüklüğü sürekli madde atımının bir sonucudur. 3) Kütlelerin farklılığı sistematik gözlemsel hatalardan kaynaklanır. 4) Büyük kütleler gözlemsel seçimin bir sonucudur. İlk üç olasılık büyük kütleliyi açıklayamaz. Ancak son olasılık kütlelerdeki farkı açıklayabilmektedir. Bu nedenle çalışmada kütlelerle ilgili olarak gözlemsel seçim etkileri araştırılarak gözlemlerle karşılaştırıldı.

1. GİRİS

Bir beyaz cüce içeren en önemli çift yıldızlar yarı ayrik kısa periyotlu çift yıldızlardır. Bundan başka ayrik uzun periyotlu ve ayrik kısa

periyotlu sistemlerde de bir beyaz cüce vardır. Ancak son iki sınıftaki çift sayısı oldukça azdır. Örneğin ayrik uzun periyotlu sınıfta kütleleri bilinen 4 sistem varken, ayrik kısa periyotlu sınıfta kütleleri bilinen 10 sistem bulunmaktadır. Halbuki yari-ayrik kısa periyotlu sınıftaki kütleleri bilinen çift sayısı 59 dur. Bu nedenle burada üzerinde duracağımız konu yari-ayrik kısa periyotlu çift yıldızlar ve özellikle bu çift yıldızların bir üyesi olan beyaz cücelerin kütleleri üzerine olacak. Hemen belirtmeliyiz ki bu tür çift yıldızlar kataklismik değişenler veya kataklismik çift yıldızlar olarak bilinirler.

Bugün kabul edilen modele göre, kataklismik çift yıldızlar bir beyaz cüce ile küçük kütleli bir ana kol yıldızından oluşurlar. Baş yıldız beyaz cüce ve yoldaş da ana-kol yıldızdır. Küçük kütleli yıldız Roche lobunu doldurmuş ve iç Lagrange noktasından beyaz cüceye doğru madde atar. Yoldaş'tan atılan maddenin beyaz cücenin etrafında oluşan diske çarptığı noktaya parlak veya sıcak nokta denir.

Kataklismik çiftlerin kütleleri üzerine Warner(1973) tarafından yapılan ilk çalışmadan beri beyaz cücelerin kütleleri sorun olmuştur. Çünkü Warner'in bulduğu sonuç [$\langle M \rangle = 1.2 \pm 0.2 M_{\odot}$] tek halde bulunan beyaz cücelerin kütlelerinden [$\langle M \rangle_{bc} = (0.6 \pm 0.1) M_{\odot}$] (Koester ve Weidemann, 1980) daha büyüktü. O zamandan beri Warner'in bu bulgusu çok az değişti. Şimdi beyaz cücelerin ortalama kütleleri $0.90 M_{\odot}$ 'dir. Görüldüğü gibi hala tek

haldeki beyaz cücelerin ortalama kütlelerinden daha büyüktür. İşte problem bu büyük kütlelerin nasıl açıklanacağıdır. Temel olarak KÇ'lerde beyaz cücelerin büyük kütlelerini açıklamanın dört yolu olabilir (Ritter ve Burkert, 1985):

1. Kataklizmik çiftler tercihan büyük kütleli bir beyaz cüce ile oluşmuştur. Bu fikir doğru değildir. Çünkü çift-yıldız evrim teorisi beyaz cücelerin kütlelerini tek halde bulunanlardakinden daha küçük olarak verir.

2. Kütlelerin büyüklüğü sürekli bir madde atımının bir sonucudur. Bu hipotezde iki nedenden dolayı red edilmelidir: a) Eger beyaz cüceler bu yolla büyüyebilseydi o zaman çok sayıda Tip I şeklinde süpernova olması gerekirdi. b) Nova fişkirmalarının gözlenen kimyasal bileşimi beyaz cüce kütlelerinin uzun bir zaman aralığında azaldığını gösterir.

3. Kütlelerin fazlalığı gözlemsel hatalardan kaynaklanır. Böyle hatalar mevcut olmasına rağmen, çift çizgili spektroskopik kataklizmik çiftlerde bu hatalar çok küçüktür. Bu nedenle kütlelerinin büyüklüğü büyük bir olasılıkla gerçektir.

4. Büyük kütleler gözlemsel seçimin bir sonucudur. Bundan sonraki bölümlerde anlatılacağı gibi bu olasılık probleme en yakın çözüm olarak gözükmektedir.

2. GÖZLEMSEL SECİM ETKİLERİ

En önemli seçim etkileri 3 gruba ayrılabilir (Robinson, 1983):

(1) Katakliizmik değişenlerin farklı sınıflarının farklı ışık egrileri ve ışınma güçleri olduğundan, bazı sınıflara ait katakliizmik değişenler listesi diğerlerinden daha tamamdır.

(2) Bazı sınıflar gözlemcilerin dikkatini çekmekte, dolayısı ile bunlara ait bilgiler diğerlerinden daha fazladır.

(3) Bir KÇ'yi gözlemek için kullanılan özel teknik, bazı yörünge periyodundaki sistemleri belirlemede diğer periyotlardakilere göre daha etkindir.

Belli bir parlaklığa kadar sınıflandırılmış katakliizmik çiftler seçilerek son iki seçim etkisi ortadan kaldırılabılır. Bu şekilde parlak diskleri olan katakliizmik çiftlerin iki grubu (üçü novalar ve UX UMa alt tipli nova benzeri sistemler) seçilerek bunların özellikleri hesaplandı (Ritter ve Burkert (1986), Ritter ve Özkan (1986), Ritter (1986)).

Seçilen örneklerin parlaklıkla sınıflandırılması beyaz cücelerin kütlelerinde çok kuvvetli bir seçim etkisine neden olmaktadır. Bu seçim etkisinin şiddeti;

$$S(M_1) = \frac{P_o(M_1)}{P_i(M_1)} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada $P_o(M_1)$ seçilen gruplardaki beyaz cücelerin beklenen kütle fonksiyonu ve $P_i(M_1)$ de katakliizmik sistemlerdeki beyaz cücelerin intrinsik kütle

dağılımını gösteriyor. Parlak sistemler için ($m_v \leq 12$) seçim fonksiyonunun analitik çözümü şöyle olmaktadır (Ritter, 1986):

$$S(M_1) = \text{sabit} \left(\frac{M_1}{R_1} \right)^{3/2} \int_{M_2}^{M_1^{1/2} 10^{0.6BC}} dM_2 \quad (2)$$

Denklemden geçen R_1 beyaz cücenin yarıçapı, M_1 akresyon hızı, BC akresyon diskinin bolometrik düzeltmesi ve M_2 'de yoldaş yıldızın kütlesidir. (2) denklemindeki integral M_1 'in yavaşça değişen bir fonksiyonudur. Bu nedenle seçim fonksiyonu esas olarak $(M_1/R_1)^{3/2}$ faktörü ile etkilenmekte ve özellikle de M_1 'in artan bir fonksiyonudur.

3. SECİM FONKSİYONU İÇİN VARSAYIMLAR VE SONUÇLAR

Seçim fonksiyonunun nümerik hesapları yapılırken kabul edilen varsayımlar kısaca şu şekilde ifade edilebilir.

- 1) Beyaz cücelerin öz (intrinsik) kütlelerinin kataklizmik sistemin evrimi boyunca değişmediği, diğer bir deyişle uzun bir zaman aralığında kütlelerin sabit kaldığı varsayılıyor.
- 2) Bir kataklizmik sistemin öz lüminositesi olarak akresyon diskinin lüminositesi alınıyor. Bu özellikle seçilen patlamadaki beyaz cüceler (cüce novalar) ve nova benzeri sistemler için oldukça iyi bir varsayımdır.
- 3) Birim hacimde oluşan kataklizmiklerin

sayısının ve yoldaş yıldızların kütlelerinin zamanla çok az değiştiği farzediliyor.

4) Kütle transferinin hesabında, yoldaş yıldızın ana-kol kütle-yarıçap bağıntısına ($R \propto M^{\alpha}$, $\alpha \approx 0.8$) uyduğu kabul edilmektedir.

5) Diğer bir varsayım kütle transfer hızı ve akresyon hızı arasındaki bir bağıntı ile ilgilidir. Nova benzeri sistemlerin sürekli parlak diskleri olduğundan kütle transfer hızı akresyon hızına ($\dot{M}_1 = -\dot{M}_2$) eşit alınabilir. Ancak patlama gösteren novalarda durum farklıdır. Cüce novaların

patlama özellikleri yalnız bir parametre τ/τ_{pat} ile karakterize edilebilir. τ iki (ard arda) patlama arasındaki zaman, τ_{pat} 'da patlama süresini gösteriyor. Gerçekte τ ve τ_{pat} değişkenlerdir.

Ancak akresyon hızını hesaplayabilmek için τ/τ_{pat} zaman içinde sabit kabul ediliyor. Bu durumda sistem parlak olduğunda akresyon hızı kütle transfer hızından τ/τ_{pat} faktörü kadar büyük olmalı, yani $\dot{M}_1 = -\dot{M}_2 * \tau/\tau_{pat}$.

6) Akresyon diskinin bolometrik düzeltilmesinin hesabında stasyoner, geometrik olarak ince, optik olarak kalın kara cisim diskleri gözönüne alınmaktadır.

Bu varsayımlar altında yapılan hesaplamalar seçilen gruplardaki beyaz cücelerin ortalama kütlelerinin grupların gözlenebilir büyüklüklerine bağlı olduğunu gösterir. Dolayısı ile sonuçta şunları söylemek mümkündür.

1) Beyaz cücelerin kütleleri, yoldaşların kütleleri ve yörünge periyotları ile beraber artar

2) Cüce novalardaki beyaz cücelerin ortalama kütleleri, nova benzeri sistemlerdekinden daha büyüktür.

3) Seçim etkisi görünen parlaklık arttıkça daha kuvvetli olmaktadır.

4) Peryot boşlugunun altında (yani $P \leq 2^h$) hiç bir nova benzeri sistem mevcut değildir.

4. GÖZLEMLERLE KARŞILAŞTIRMA

Daha öncede söylediğimiz gibi kütlesi bilinen KÇ sayısı 59 olmasına rağmen burada seçim fonksiyonu sonuçları ile daha güvenli bir karşılaştırma yapmak için kütleleri iyi bilinenleri Ritter (1987)'in KÇ katalogunda kullanılarak literatürden topladık. Bu şekilde bulunan toplam 36 sisteme ait temel gözlemsel sonuçlar Çizelge-I'de veriliyor. Çizelge-I'den görüldüğü gibi 24 sistem cüce-nova (alt tipleri Z Camelopardalis, U Gemminorum ve SU Ursae Majoris olmak üzere) ve 12 sistemde nova benzeri KÇ (alt tipi UX Ursae Majoris) dir. Bu sistemler bilinen bütün KÇ (bugün periyodu bilinen 116 sistem var)'lerin çoğunu temsil etmekte ve dolayısı ile yukarda ifade edilen hesap sonuçları ile karşılaştırılabilir.

Çizelge-I'den beyaz cücelerin kütlelerini, yoldaşların kütlelerine ve yörünge periyotlarına göre grafik (Şekil-I ve II) üzerinde gösterdiğimizde, beyaz cüce kütlelerinin bu iki parametre ile beraber büyüdüğünü ve modeldeki ilk sonuçla uyduğunu söyleyebiliriz.

CIZELGE-I

CISIM	TIP	m_v	P(h)	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot	KAYNAK
RX AND	CN,ZC	10.9	5.08	1.14	0.48	1
SS AUR	CN,UG	10.5	4.39	1.08	0.39	1
Z CAM	CN,ZC	10.5	6.96	0.99	0.70	1
SY CNC	CN,ZC	11.1	9.12	0.89	1.10	1
YZ CNC	CN,SU	10.5	2.07	0.39	0.27	1
OY CAR	CN,SU	11.4	1.51	0.90	0.10	2
HT CAS	CN,SU	10.8	1.77	0.61	0.20	1
BV CEN	CN,UG	10.5	14.64	0.83	0.90	3
WW CET	CN,ZC	9.3	4.22	0.50	0.35	1
Z CHA	CN,SU	11.6	1.79	0.54	0.081	4
SS CYG	CN,UG	8.2	6.60	1.20	0.71	1
EM CYG	CN,ZC	12.5	6.98	0.57	0.76	5
CM DEL	CN,UG	13.4	3.89	0.48	0.36	1
U GEM	CN,UG	9.1	4.25	1.18	0.56	6
AH HER	CN,ZC	11.3	6.19	0.95	0.76	7
VW HYI	CN,SU	8.5	1.78	0.63	0.11	8
WX HYI	CN,SU	11.4	1.80	0.90	0.16	8
T LEO	CN,UG	11.0	1.41	0.16	0.11	1
V2051 OPH	CN,UG	13.0	1.50	0.44	0.13	9
RU PEG	CN,UG	9.0	8.99	1.21	0.94	1
IP PEG	CN,UG	12.0	3.80	0.80	0.35	4
SW UMA	CN,SU	9.0	1.36	0.71	0.10	1
TW VIR	CN,UG	12.1	4.38	0.91	0.40	1
VW VUL	CN,UG	13.6	1.75	0.24	0.14	1
V794 AQL	NB,UX	13.7	5.52	0.88	0.53	1
V1315 AQL	NB,UX	14.4	3.35	0.90	0.40	10
KR AUR	NB,UX	11.3	3.91	0.59	0.35	1

CİZELGE-I (devam)

CİSİM	TİP	m_v	P(h)	M_1/M_\odot	M_2/M_\odot	KAYNAK
V363 AUR	NB,UX	14.2	7.71	0.86	0.77	11
AC CNC	NB,UX	13.5	7.21	0.82	1.02	12
V425 CAS	NB,UX	14.5	3.59	0.86	0.31	1
V380 OPH	NB	14.5	3.84	0.58	0.38	1
V442 OPH	NB	12.6	3.37	0.34	0.31	1
LX SER	NB,UX	14.5	3.80	0.41	0.36	1
SW SEX	NB,UX	14.8	3.24	0.58	0.33	13
RW TRI	NB,UX	12.6	5.57	0.44	0.58	1
UX UMA	NB,UX	12.7	4.79	0.43	0.47	1

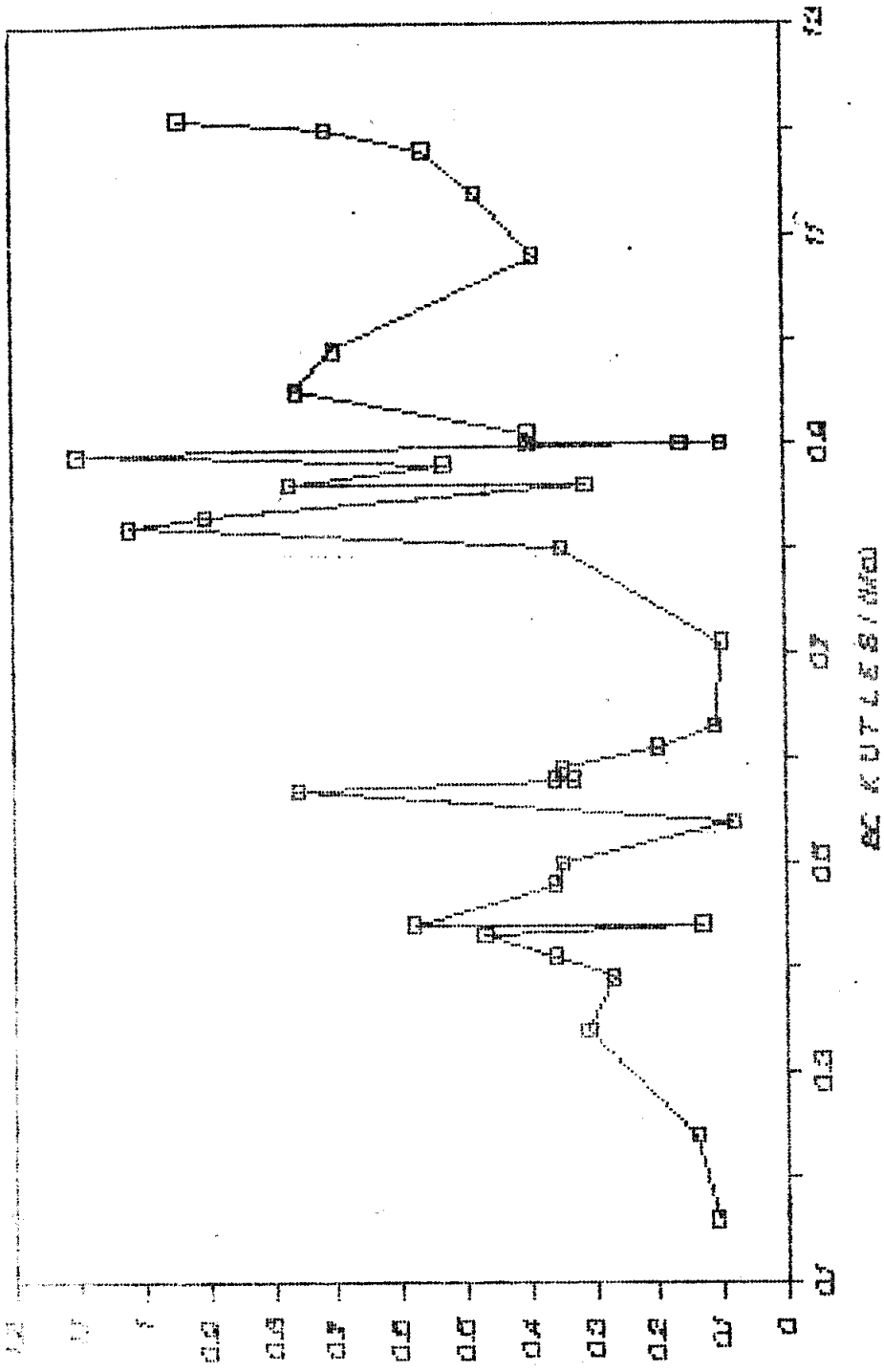
CİZELGE-I'in açıklaması:

36 KÇ'nin gözlemsel özellikleri. Çizelgedeki kısaltmalar şöyle: Tip: iki ana tip var ,CN: cüce nova, NB: nova benzeri, alt tipler ZC: Z Cam-yıldızı, UG: U Gem-yıldızı ,SU: ŞU UMa-yıldızı ,UX: UMa-yıldızı; m_v : görünen vizüel kadir (cüce novalar için patlama sırasındaki kadirler); P: yörünge periyodu saat cinsinden; M_1 ve M_2 beyaz cüce ve yoldaşın kütleleri.

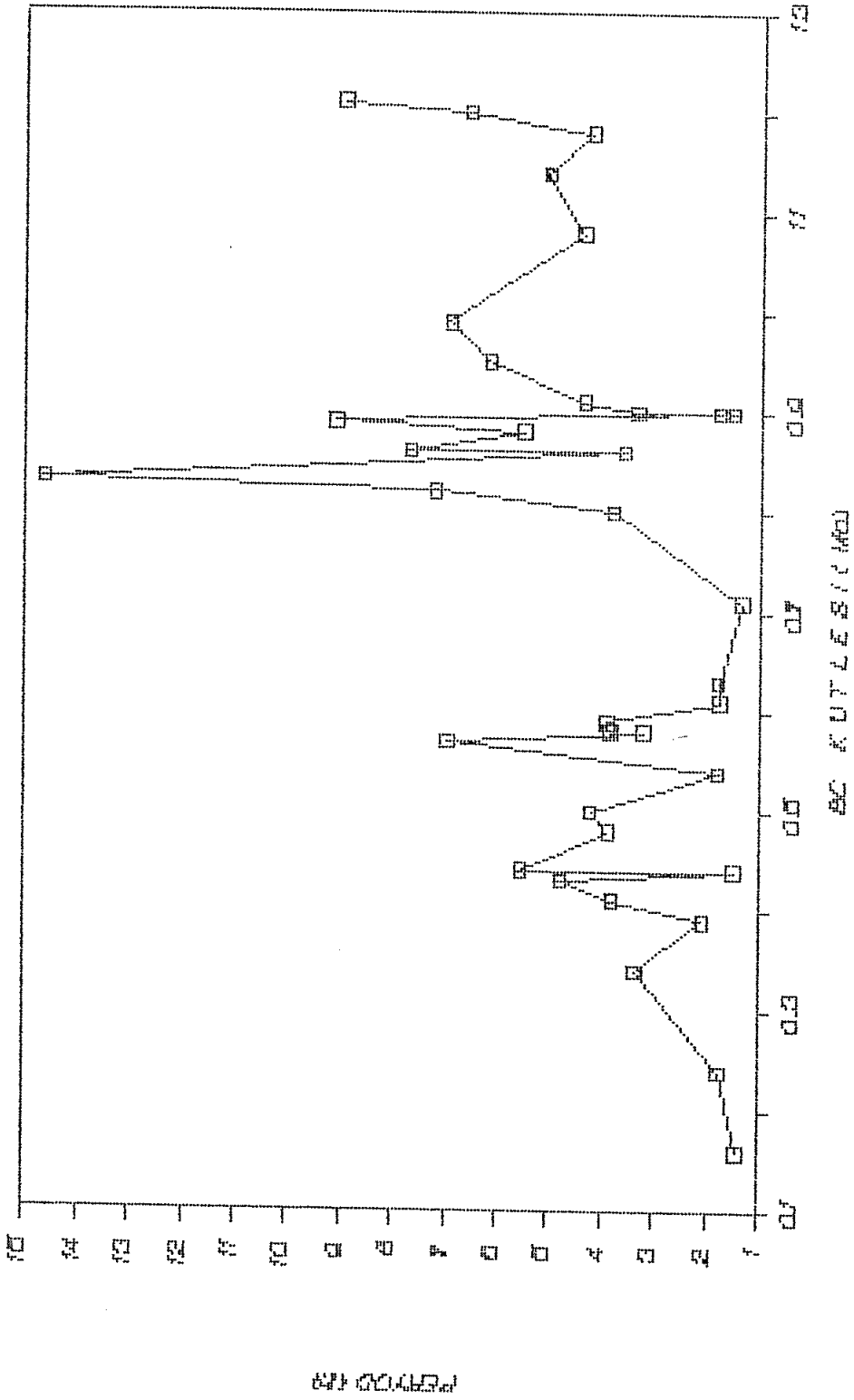
Cizelge-I için Kaynaklar:

- | | |
|------------------------|---------------------------|
| 1 Shafter (1983) | 8 Schoembs ve Vogt (1981) |
| 2 Dreier ve ark (1986) | 9 Watts ve ark (1985) |
| 3 Gilliland (1982) | 10 Downes ve ark (1986) |
| 4 Wood (1986) | 11 Schlegel ve ark (1986) |
| 5 Stover ve ark (1981) | 12 Schlegel ve ark (1984) |
| 6 Stover (1981) | 13 Penning ve ark (1984) |
| 7 Horne ve ark (1986) | |

SEKIL - 1



SEKIL-2



Çizelge-I'den kolaylıkla görünmektedir ki cüce novalardaki beyaz cücelerin ortalama kütleleri nova benzerindekilerinden daha büyüktür.

Diğer sonucumuz görünen parlaklıkla seçim etkisinin azaldığı idi. Bunu da gözlemlerle test etmek için çeşitli görünen parlaklığa kadar olan sistemlerin sayısı ve ortalama kütleleri Çizelge-II'de gösteriliyor. Bu çizelge

CIZELGE-II

TIP	m_v	P(h)	M_1/M_\odot	SAYI
CN,NB	10.0	4.53	0.91	6
CN,NB	12.5	4.68	0.80	22
CN,NB	15.0	4.50	0.72	36

parlaklık azaldıkça beyaz cüce kütlelerinin azalmakta olduğunu dolayısı ile seçim etkisinde küçüldüğünü göstermektedir.

Yine gözlemlerden (Çizelge-I) görülmekte ki periyodu 2^h in altında olan hiçbir nova-benzeri sistem mevcut değildir. Buda modeldeki sonuçla uyuşmaktadır.

5. SONUC

Önceki bölümlerden anlaşılacağı üzere KÇ'lerdeki beyaz cücelerin kütlelerinin büyüklüğü seçim etkisi ile açıklanabileceği ve dolayısı ile KÇ'lerdeki beyaz cücelerin öz kütle spektrumunun tek haldeki beyaz cücelerinkinden önemli derecede

farkli olmadigi ortaya çikmektedir.

Seçim için esas neden denklem (2)'den görülecegi gibi beyaz cücelerin kütle-yarıçap bagintisindan kaynaklanmaktadır.

Diger taraftan bu etkinin beyaz cüce kütlelerinde çok kuvvetli olmasının anlami gerçekte kataklismiklerin sadece küçük bir kısmının gözlenebilmesi demektir. Bu nedenle KÇlerin uzay yogunlugu gözlemlerin gösterdiginden daha fazla olmalıdır. Duerbeck (1984)'e göre bu sayi yaklaşık olarak 10^{-6} pc^{-3} (yani gözlemsel sonuç) dir. Halbuki seçim fonksiyonu sonuçlarına göre KÇ'lerin uzay yogunluklari $1-2 \times 10^{-4} \text{ pc}^{-3}$ mertebesinde olmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yaziminda çok degerli katkilarından dolayı Hikmet ÇAKMAK ve Yüksel KARATAŞ'a çok teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- DOWNES, R. A. , MATEO, M. , SZKODY, P. , JENNER, D. C. , MARGON
B. : 1986, ASTROPHYS. J. 301, 240
- DREIER, H. , BARWIG, H. SCHOEMBS, R. : 1986, IN PREP.
- DUERBECK, H. W. : 1984, ASTROPHYS. SPACE SCI. 99, 363
- GILLILAND, R. L. : 1982, ASTROPHYS. J. 263, 302
- HORNE, K. , WADE, R. A. , SZKODY, P. : 1986, MONTHLY NOTICES
ROY. ASTRON. SOC. 219, 791
- KOESTER, D. , WEIDEMANN, V. : 1980, ASTRON. ASTROPHYS. 81 ,
145
- PENNING, W. R. , FERGUSON, D. H. , MC GRAW, J. I. , LIEBERT, J.
GREEN, R. F. : 1984, ASTROPHYS. J. 276, 233
- RITTER, H. , BURKERT, A. : 1986, ASTRON. ASTROPHYS. 158,
161
- RITTER, H. , OZKAN, M. T. : 1986, ASTRON. ASTROPHYS. 167,
260
- RITTER, H. : 1986, ASTRON. ASTROPHYS. 168, 105
- RITTER, H. : 1987, ASTRON. ASTROPHYS. SUPPL. 70, 355
- ROBINSON, E. L. : 1983, IAU COLL. NO. 72, CATAclysmic
VARIABLES AND RELATED OBJECTS, M. LIVIO
VE G. SHAVIV (EDS.) , DORDRECHT, D. REIDEL
PUBL. CO. , P. 1
- SCHLEGEL, E. M. , KAITCHUCK, R. H. , HONEYCUTT, R. T. : 1984
ASTROPHYS. J. 280, 235
- SCHLEGEL, E. M. , HONEYCUTT, R. K. , KAITCHUCK, R. H. : 1986
ASTROPHYS. J. 307, 760
- SCHOEMBS, R. , VOGT, N. : 1981, ASTRON. ASTROPHYS. 91, 25
- SHAFTER, A. W. : 1983, Ph. D. THESIS. UNIV. CALIFORNIA,
LOS ANGELES
- STOVER, R. : 1981, ASTROPHYS. J. 248, 684

STOVER, R. , ROBINSON, E. L. , NATHER, R. E. : 1981

ASTROPHYS. J. 248, 696

WARNER, B. : 1973, MONTHLY NOTICES ROY. ASTRON. SOC.

162, 189

WATTS, D. J. , BAILEY, J. , HILL, P. W. , GREENHILL, J. G. , Mc

COWAGE, C. , CARTY, T. : 1985, ASTRON. ASTROPHYS.

154, 197

WOOD, J. : 1986, IN: CATAclysmic VARIABLES, IAU COLL.

NO. 93, J. RAHE VE ARK (EDS.), D. REIDEL,

DORDRECHT, Baskida

1964

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...