

## Küçük Kütleli yıldızların Sentetik Renk-Kadir Diyagramı ve Dönüşüm Tablolarının Etkinliği

İnci Akkaya ve İbrahim KÜÇÜK

Erciyes Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 38039, Kayseri  
iakkaya@erciyes.edu.tr, kucuk@erciyes.edu.tr,

**Özet** Uygun renk-kadir dönüşümleri, küçük kütleli yıldızların evrim modellerinin açık yıldız kümelerinin renk-kadir diyagramlarıyla karşılaştırılması için önemlidir. Burada bize ait küçük kütleli evrim modellerimiz, farklı dönüşümler kullanılarak,  $M_V$ :B-V den oluşan sentetik Hertzsprung-Russell (H-R) diyagramını elde etmek üzere kullanıldı. Bizim amacımız bu sentetik diyagramları kullanarak bazı açık yıldız kümelerinin yaşını tespit etmek ve farkları göstermektir.

**Anahtar kelimeler:** yıldızlar: küçük kütleli yıldızlar: – yıldızlar::H-R Diyagramı – yıldızlar: Renk-Kadir Diyagramı – yıldızlar: açık yıldız kümeleri

**Abstract:** Accurate temperature-color transformations are necessary for theoretical evolutionary models of low mass stars to be compared with observed color-magnitude diagrams of open clusters. Our low mass evolutionary models are used to generate synthetic Hertzsprung-Russell (H-R) diagram in  $M_V$ :B-V plane by using different transformations. We propose to use these synthetic diagrams to obtain the ages of some open clusters (and to show the difference).

**Key words:** stars: low mass stars: – stars: H-R Diagram – stars: Color-Magnitude Diagram – stars: open clusters

### 1 Giriş

Teorik evrim modellerinden elde edilen teorik yaş çizgileri,  $T_{\text{eff}}$ : B-V gözlemleriyle karşılaştırılmada kullanılır. Bu çalışmada bu amaçla, yıldızın yüzey sıcaklığı, rengi ve bolometrik düzeltmesi arasında ilişkiyi veren dönüşümler kullanıldı. Bu dönüşümler bizi, teorik modellerimizin ışına gücü ve yüzey sıcaklıklarından yola çıkarak mutlak kadire ulaşmamızı sağladı. Benzer şekilde yine modellerimizin sıcaklık değerlerinin kullanılmasıyla B-V renkleri elde edildi. Kuramsal H-R diyagramlarından (HRD), gözlemsel renk-kadir diyagramlarına (CMD) dönüşümlerde,  $T_{\text{eff}}$ :BC ve  $T_{\text{eff}}$ :B-V değerlerinin farklı dönüşümler için farklılıklar gösterdiği bulundu.

Bu çalışmada, özellikle küçük kütleli yıldızlar için,  $M_V$ :B-V ilişkilerini veren farklı dönüşüm tabloları Flower(1977,1996), Kenyon ve Hartmann(1995), Siess ve arkadaşları(1997) kullanıldı bu tabloların etkinlikleri tartışıldı. Buradaki amacımız, kütle limiti  $0.3-1.5 M_{\text{sun}}$  olan ve döteryum yanması ilave edilerek elde edilen kuramsal evrim yollarını  $M_V$ :B-V ortamına dönüştürerek Sentetik Renk-Kadir Diyagramı (SCMD) elde etmek (burada kullandığımız modele ait hesaplamalar ve fiziksel içerikleri Küçük ve

arkadaşları, 1998 (bundan sonra PAPI) tarafından yapılmıştır) ve elde edilen kuramsal yaş çizgilerini tüm dönüşümler için seçilen açık yıldız kümeleriyle karşılaştırmak ve onların yaşlarındaki saçılmayı incelemektir.

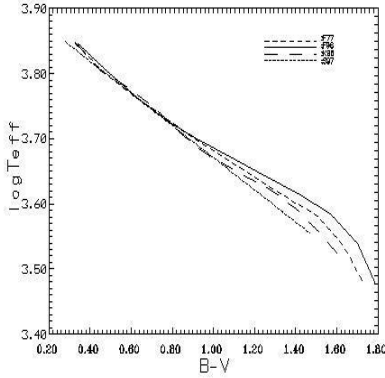
Renk dönüşümlerinde kullandığımız çalışmaların bazı özellikleri aşağıda kısaca verilmiştir.

Flower, P. J., 1977 (F77): Güneşten daha sıcak anakol yıldızlarına benzer devler ve süperdevler için  $T_{\text{eff}}$ : B-V: BC değerleri verilmiştir. V,III ve I lüminosite sınıfları için  $T_{\text{eff}}$ : B-V ilişkisi bulunmuştur. Flower bu çalışmasında yine güneşten daha sıcak yıldızlar ve M-tipi devler ve süper devler için, yeni sıcaklık, renk ve bolometrik düzeltmeleri ilave etmiştir. G ve K süperdevleri için sıcaklık-renk ilişkisi verilmiştir. Flower, P. J., 1996 (F96): Sıcaklık-bolometrik düzeltme ve sıcaklık-B-V arasında sayısal ilişkiyi verebilmek için toplam 335 yıldız için, sıcaklık-bolometrik düzeltme değerleri toplanmıştır. Buradaki ışına gücü aralığı anakol yıldızlarıyla(V), süperdevler(I) arasında olup sıcaklık aralığı ise 2900-52500 K aralığındadır. Kenyon and Hartmann 1995 (K95):  $0.1-2.5 M_{\text{sun}}$  arasındaki anakol öncesi yıldızlar için, D'Antona & Mazzitelli(1994) yıldız evrim modelleri kullanılmıştır. K95 çalışmasında küçük kütleli yıldızlara yer vermiştir. Çünkü onların H-R diyagramları Taurus-Auriga için oldukça uygundur. Yüzey sıcaklığı, bolometrik düzeltme ve geniş band aralıklı renkleri kullanarak, evrim

yolları için  $-M_J$ ,  $M_K$ , ve  $M_{bol}$ - mutlak kadirlerini tabule etmiştir (Tablo A5, Kenyon ve ark, 1995). Siess et al., 1997 (S97): Üç farklı metal bolluğu için anakol öncesi yıldızların ( $0.4M_{sun} \leq M \leq 5 M_{sun}$ ) yeni evrim modelleri verildi. Sentetik diyagramları yeniden gözden geçirildi.

## 2. Dönüşümler

$T_{eff}$ -B-V Scales Modellerimize ait sıcaklık aralığı  $3500 \leq T_{eff} \leq 6500$  olduğundan hesaplarımızda lüminosite sınıfı V olan  $T_{eff}$ : B-V: BC değerleri kullanıldı. Şekil 1, 2 ve 3, F77, F96, K95, S97'e ait verilerin dağılımlarını göstermektedir. Bu grafiklerden elde edilen fitler ise aşağıdadır.



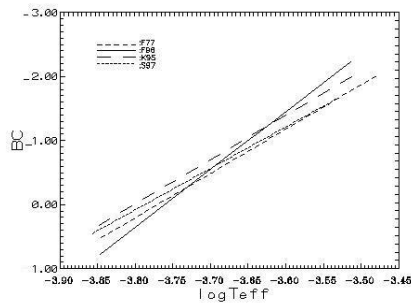
Şekil 1: F77, F96, K95, S97 dönüşümlerine ait  $\log T_{eff} - (B-V)_0$  dağılımları

$$F77: \log T_{eff} = -0.234292(B-V)_0 + 3.9155 \quad (1)$$

$$F96: \log T_{eff} = -0.2095(B-V)_0 + 3.900 \quad (2)$$

$$K95: \log T_{eff} = -0.239373(B-V)_0 + 3.91706 \quad (3)$$

$$S97: \log T_{eff} = -0.247014(B-V)_0 + 3.91805 \quad (4)$$



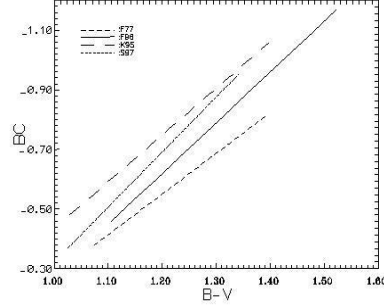
Şekil 2: F77, F96, K95, S97 dönüşümlerine ait BC- $\log T_{eff}$  dağılımı

$$F77: BC = 6.92148 \log T_{eff} - 26.0942 \quad (5)$$

$$F96: BC = 9.04927 \log T_{eff} - 34.0295 \quad (6)$$

$$K95: BC = 6.92697 \log T_{eff} - 26.3326 \quad (7)$$

$$S97: BC = 6.46905 \log T_{eff} - 24.5017 \quad (8)$$



Şekil 3: F77, F96, K95, S97 dönüşümlerine ait BC-(B-V) dağılımı

$$F77: BC = -1.36426(B-V)_0 + 1.08688 \quad (9)$$

$$F96: BC = -1.70626(B-V)_0 + 1.42864 \quad (10)$$

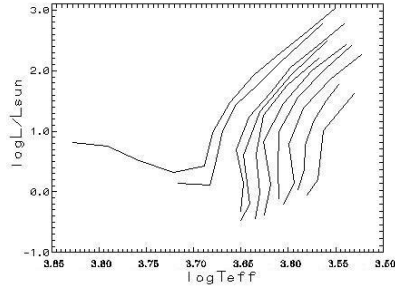
$$K95: BC = -1.56619(B-V)_0 + 1.1307 \quad (11)$$

$$S97: BC = -1.84676(B-V)_0 + 1.52474 \quad (12)$$

Şekil 1'de gösterildiği gibi sıcaklık arttıkça modellerin birbirleriyle olan uyumları da artmaktadır.

## 3. Kuramsal Evrim Modelleri

Daha önce belirtildiği gibi 0.3 to 1.5  $M_{sun}$  kütle aralığında, anakol öncesi(PMS) ve anakol (MS) yıldızlara ait model hesaplamaları PAPI'den alınmıştır. Bu modellere ait evrim yolları ise Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4: Kuramsal Evrim Modelleri

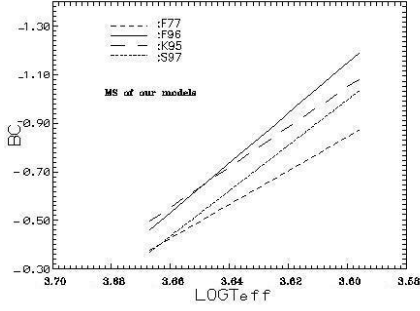
Yukarıdaki şekil modellerimize ait teorik evrim yolları (0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.3, 1.5  $M_{sun}$  için) ve yaş çizgilerini ( $10^3$ ,  $10^4$ ,  $10^5$ ,  $5 \times 10^5$ ,  $10^6$ ,  $10^7$  yıl için) içine almaktadır. Bu veriler için kullanılan fiziksel girdi verileri, kimyasal kompozisyonu  $X=0.699$ ,  $Z=0.019$  ve karışım uzunluğu  $\alpha=1.74$ 'dir.

## 4. Dönüşüm Tablolarının

### Karşılaştırılması

Kuramsal Evrim Modellerimizin kapsadığı sıcaklık aralıkları için, farklı dönüşüm tablolarından alınan BC: $T_{eff}$  değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5'te verilmiştir.

## İ. Akkaya vd. Küçük Kütleli yıldızların Sentetik Renk-Kadir Diyagramı ve Dönüşüm Tablolarının Etkinliği



**Şekil 5 :** Kuramsal Modellerin sıcaklık-BC dönüşüm sonuçlarının karşılaştırılması

Bu dönüşümlere ait elde ettiğimiz fitler ise aşağıdadır.

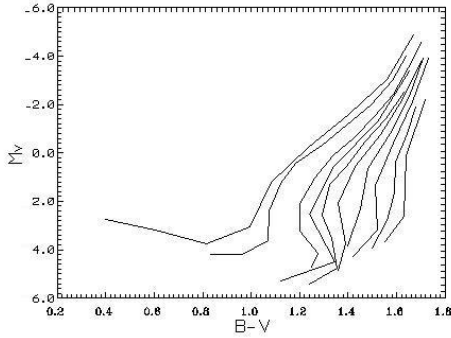
$$F77: BC = 6.9585 \log T_{\text{eff}} - 25.8939 \quad (13)$$

$$F96: BC = 10.2156 \log T_{\text{eff}} - 37.9228 \quad (14)$$

$$K95: BC = 8.26456 \log T_{\text{eff}} - 30.8026 \quad (15)$$

$$S97: BC = 9.35125 \log T_{\text{eff}} - 34.6609 \quad (16)$$

Daha sonra tüm dönüşüm tabloları için (F77, F96, K95 ve S97) SCMD elde edildi. F96 dönüşümü kullanılarak elde edilen evrim yollarına ait SCMD'ı Şekil 6 da gösterilmiştir.

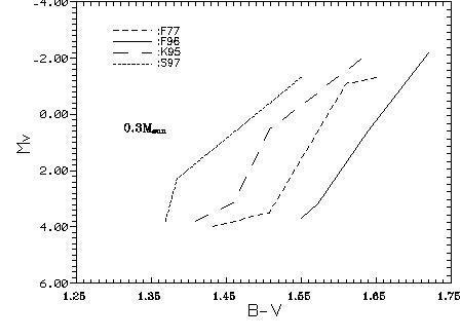


**Şekil 6:** F96 dönüşüm tablosundan elde edilen SCMD.

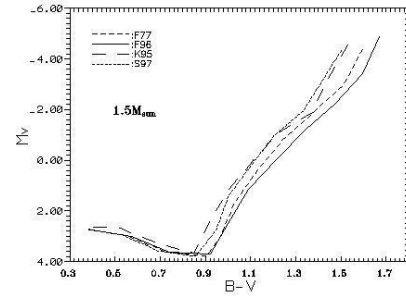
Bu şekilden de görüldüğü gibi renk ve kadir değerleri arasında

$$M_v = 0.0351306(B-V)_0 - 0.136085 \quad (17)$$

Şeklinde bir lineer fit elde edilmektedir. Bu modeller karşılaştırıldığında verilen bir  $M_v$  değerinde K95 modellerinin F96 modellerine göre %10 daha sıcak olduğu sonucuna varılmıştır.



**Şekil 7:** 0.3  $M_{\text{sun}}$  için dönüşümlerin karşılaştırılması.



**Şekil 8:** 1.5  $M_{\text{sun}}$  için dönüşümlerin karşılaştırılması

0.3  $M_{\text{sun}}$  ve 1.5  $M_{\text{sun}}$  evrim yollarına ait karşılaştırma Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

**Tablo 1:** 0.3  $M_{\text{sun}}$  için (B-V) rengi karşılaştırması

Farklar	(B-V)(mag)
F96 ve F77	0.06
F96 ve K95	0.12
F96 ve S97	0.20

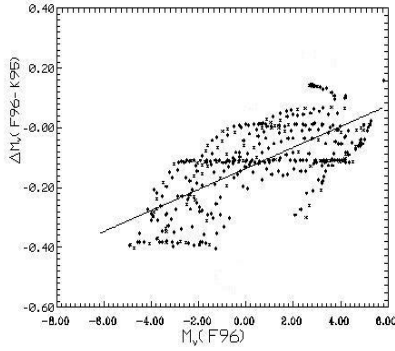
**Tablo 2:** 1.5  $M_{\text{sun}}$  için (B-V) rengi karşılaştırması

Farklar	(B-V)(mag)
F96 ve F77	0.04
F96 ve K95	0.08
F96 ve S97	0.06

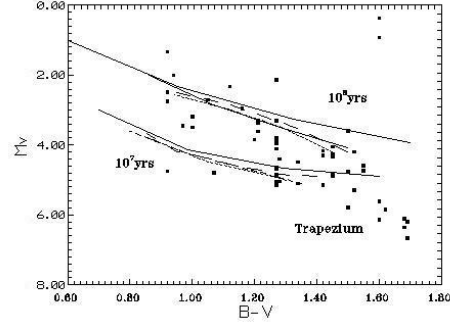
## 5. Kuramsal Yaş Çizgileri ve Açık Yıldız Kümeleri

Şekil 14 ve 15'te PAPI' den alınan modellerin yukarıda bahsedilen dönüşümlere göre elde edilen kuramsal yaş çizgilerinin, NGC 6318 ve Trapezium açık yıldız kümeleriyle karşılaştırılması görülmektedir. Bu yıldızlara ait bazı önemli fiziksel parametreler ise Tablo 3'te verilmiştir. Bu karşılaştırmalar sonucunda dönüşümler arasında önemli farkların olduğu gözlenmiştir.

## İ. Akkaya vd. Küçük Kütleli yıldızların Sentetik Renk-Kadir Diyagramı ve Dönüşüm Tablolarının Etkinliği



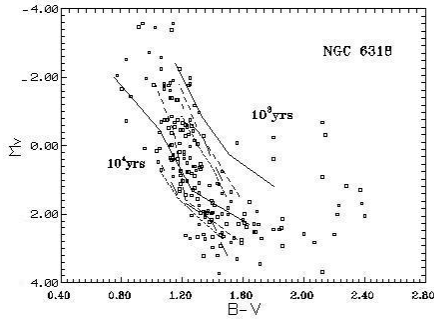
Şekil 9: F96 ve K95 SCMD farkı



Şekil 11: Farklı dönüşümler için  $10^6$  ve  $10^7$  yıl yaş çizgileri ve Trapezium açık yıldız kümesi

Tablo 3: Açık yıldız kümelerinin bazı parametreleri

		NGC6318	Trapezium
Sağ		18	18
Açıklık(2000)		48	
Dik		-13	48
Açıklık(2000)		24	
Uzaklık (pc)		1749	
Kızarma(mag)		0.782	10.62
Uzaklık		13.64	$6(10^6)$
Modülü(mag)			
Log yaş	Webda	6.884 ( $7.65 \times 10^6$ )	(Pap3) $6(10^6)$
	PAPI	5.699 ( $5 \times 10^5$ )	



Şekil 10: Farklı dönüşümler için  $10^3$  ve  $10^4$  yıl yaş çizgileri ve NGC 6318 açık yıldız kümesi

Şekil 10'da her dönüşüm için elde edilen  $10^6$  ve  $10^7$  yıl yaş çizgileri Trapezium açık yıldız kümesiyle birlikte gösterilmiştir. Bu şekilden şöyle bir sonuç çıkartılabilir: Trapezium açık yıldız kümesi  $F77$  yaş çizgileriyle karşılaştırıldığında, bu kümedeki yıldızların %90'ının yaşı  $10^7$  den daha küçükken;  $F96$ 'ya göre %70'i olmaktadır.

## 6. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada küçük kütleli ( $0.3-1.5M_{\text{sun}}$ ) yıldızların kuramsal evrim modellerinin sentetik renk-kadir diyagramına dönüşümü ve bu dönüşüm için kullanılan tabloların etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Yine küçük kütleli yıldızların kuramsal evrim yolları kullanılarak elde edilen kuramsal yaş çizgileri  $F77$ ,  $F96$ ,  $K95$  ve  $S97$  dönüşümleri kullanılarak SCMD elde edilmiş ve NGC6318 ve Trapezium Açık Yıldız Kümesi ile karşılaştırılarak bu kümelerin yaşlarının farklı dönüşümler için saçılma oranları ve yeni yaşları elde edilmiştir. Buna göre: NGC 6318 in yıldızlarının %80'i  $10^4$  yılından daha küçük yaşa sahiptir. Bu oran  $F96$  için %60  $K95$  için %50 olmaktadır. Trapezium açık yıldız kümesi  $F77$  yaş çizgileriyle karşılaştırıldığında, bu kümedeki yıldızların %90'ının yaşı  $10^7$  den daha küçükken;  $F96$ 'ya göre %70'i olmaktadır.

## 7. Kaynaklar

- Flower, P.J.:1977, A&A, 54,31.
- Flower, P.J.:1996, ApJ, 469, 355.
- Kenyon, and Hartmann :1995
- Siess, L., Forestini, M. And Dougados, C.:1997, A&A, 324, 556.
- Weiss, A., and Salaris, M.:1999, A&A, 346, 897.
- Flower, P.J.:1984, ApJ, 278, 582.
- Buser, R., and Karataş, Y.:2000, A&A, 357, 988.
- Malagnini, M.I., Morossi, C., Rossi, I., and Kurucz, R.I.:1986, A&A, 162, 140.
- Straizys, V.:1996, Baltic Ast., 5, 459.
- Weisz, L., and Bell, R.A.:1989, The Observatory, 109, No 1088.