

UZAKLIK MODÜLÜ BELİRLEMESİNDE BETA ÖLÇEĞİNİN GÜCÜ

Havva Aksaç^{1,2}, Ezgi Yoldaş^{1,2}, Mehmet Kaya^{1,2} ve Ömer Lütü Değirmenci¹

¹ Ege Üniversitesi, ² Yüksek Lisans Öğrencisi

UAK 2016, 5 - 9 Eylül 2016 Erzurum

İÇERİK

- 1) Giriş ve Program Kümelerinin Genel Özellikleri
- 2) Özgün Renk Ölçeği ve Görsel Salt Parlaklık Ayarı
 - 2.1) Özgün Renk Ölçeği Ayarı
 - 2.2) Görsel Salt Parlaklık Ayarı
- 3) Sonuçlar ve Tartışma

1) Giriş ve Program Kümelerinin Genel Özellikleri

Renk - Renk ve Renk Parlaklık diyagramları kümelerin kızıllaşma ve uzaklık modüllerinin belirlenmesinde etkili rol oynarlar.

Yaygın olarak kullanılan (B - V) - V renk - parlaklık diyagramında kümenin gözlenen anakolu hem (B - V) eksenini boyunca kızıllaşma etkisi hem de V eksenini boyunca sönükleşme etkisi gösterir. (B - V) eksenini boyunca olan kızıllaşma nedeniyle V eksenini boyunca ortaya çıkan kayma miktarı gerçek uzaklık modülü yerine ondan A_v (toplam sönükleştirme) kadar daha büyük olan bir değer (gözlenen uzaklık modülü) verir.

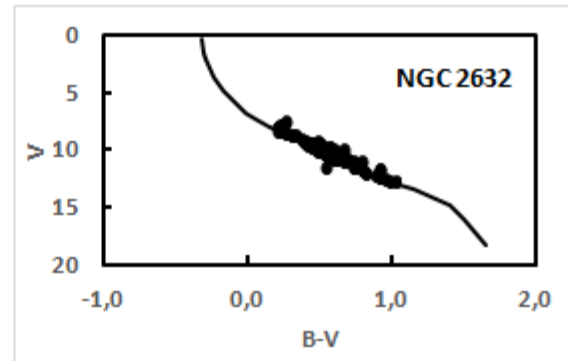
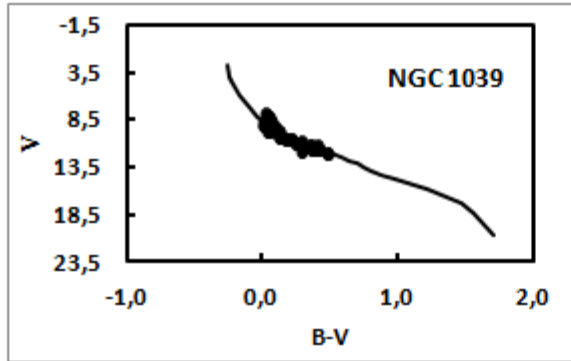
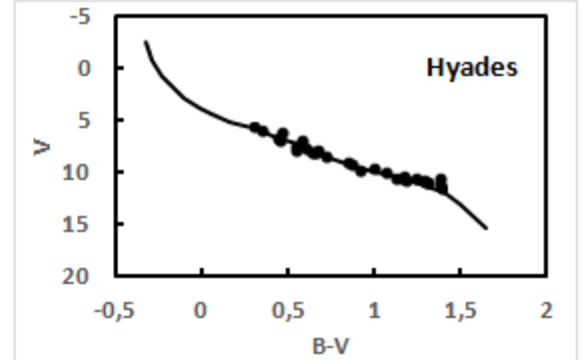
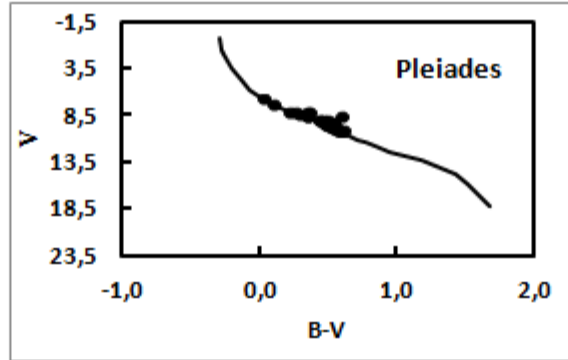
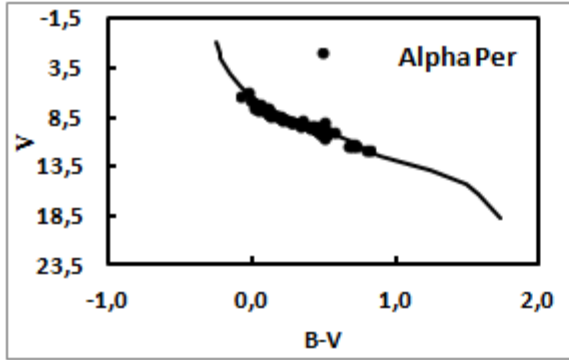
Avantajı: Geniş bant fotometrik sistemler ile daha sönük (daha uzak) küme gözlemleri yapılabilir.

V - β diyagramında ise β parametresinin yıldızlararası kızıllaşmadan bağımsız olması nedeniyle küme anakolu standart anakola göre yalnızca V eksenini boyunca kaymıştır. Kayma miktarı doğrudan doğruya gerçek uzaklık modülü kadardır.

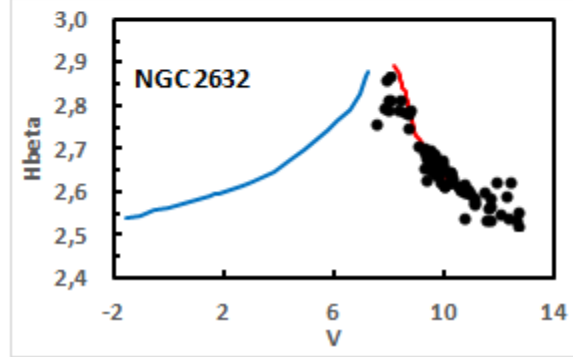
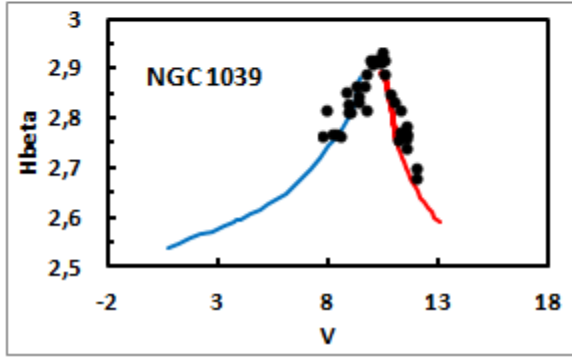
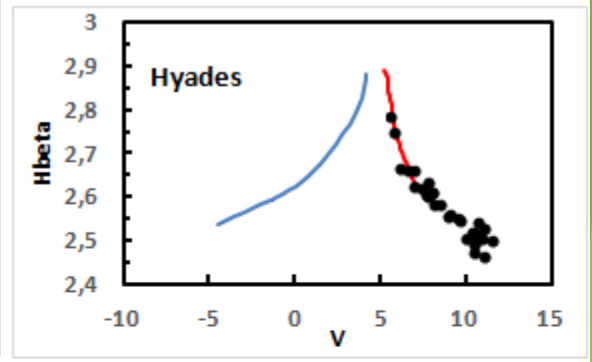
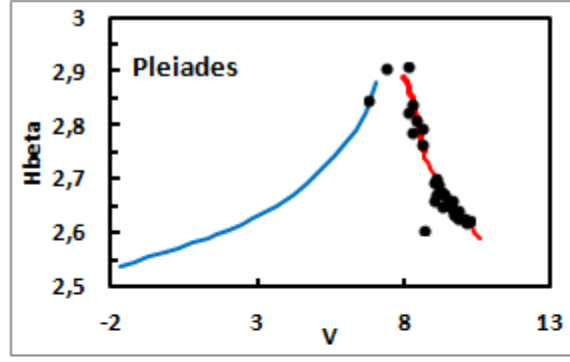
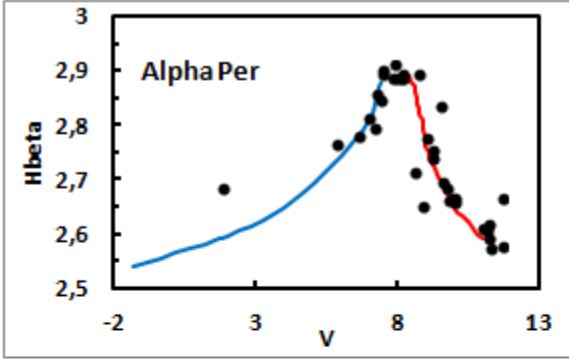
Dezavantajı: β ölçeği çok dar filtrelerle elde edilen bir renk ölçeği olduğundan gözlenebilen parlaklık sınırlıdır.

Çizelge 1. Program kümelerine ilişkin Temel Özellikler (WEBDA'dan alınmıştır).

Küme Adı	Sağ Açıklık (sa dk s)	Dik Açıklık (° ' ")	Galaktik Boylam (°)	Galaktik Enlem (°)	Uzaklık (pc)	Kızıllaşma (mag)	Uzaklık Modülü	log t (yıl)
Alpha Persei	03 20 36	+48 10 00	146,568	-5,862	185	0,093	6,61	7,854
Pleiades	03 47 00	+24 07 00	166,571	-23,521	150	0,03	5,97	8,131
Hyades	04 26 54	+15 52 00	180,064	-22,343	45	0,01	3,30	8,896
NGC 1039	02 42 05	+42 45 42	143,658	-15,613	499	0,07	8,71	8,249
NGC 2632	08 40 24	+19 40 00	205,920	32,484	187	0,009	6,39	8,863



Şekil 1. Program kümelerine ilişkin WEBDA'dan alınan verilerle oluşturulan (B-V) - V diyagramları. Standart sıfır yaş anakolu (ZAMS) Johnson (1966) ve Schmidt-Kaler (1982)'den alınmıştır.

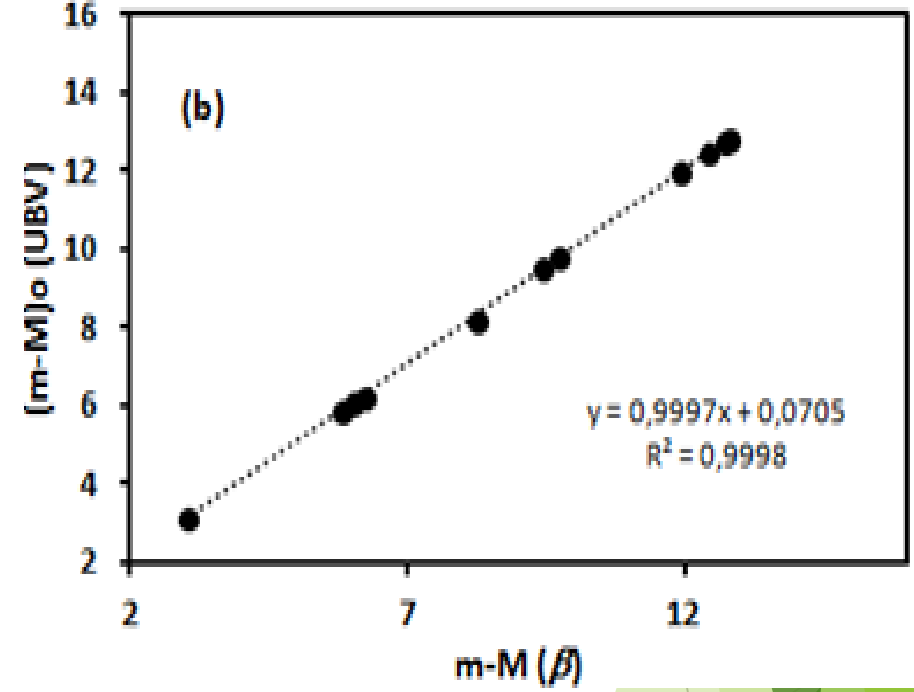
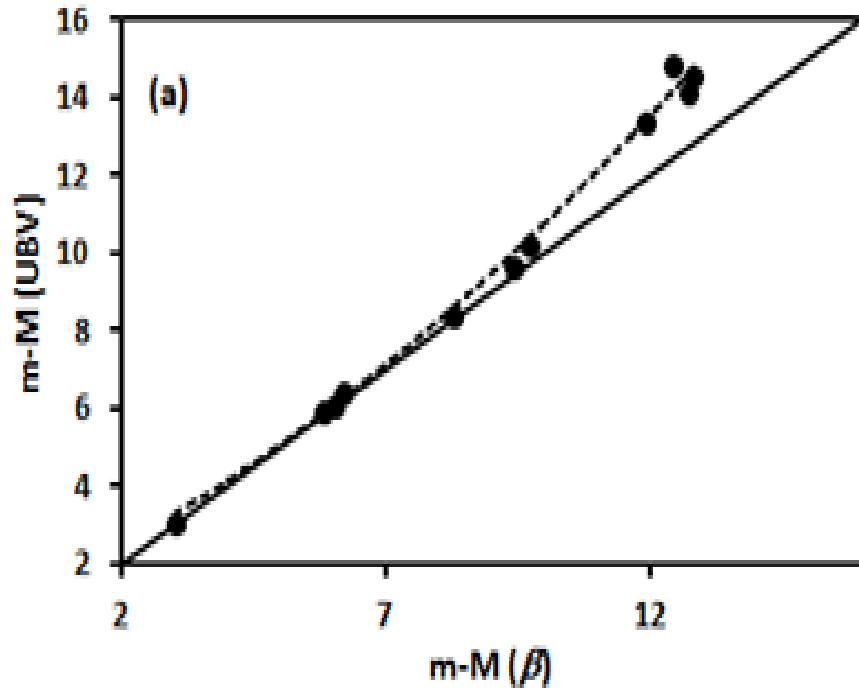


Şekil 2. Program kümelerine ilişkin WEBDA'dan alınan verilerle oluşturulan $V - \beta$ diyagramları. Standart kollar ön tür yıldızlar için Crawford (1978)'den ve geri türler için de Crawford & Barnes (1974)'ten alınmıştır.

Çizelge 2. Program kümelerine ilişkin elde edilen renk artığı, toplam sönükleştirme, uzaklık modülü ve uzaklık değerleri.

Küme	E(B-V)	A _v	(m-M _v) ₀		(m-M _v)	d (pc)	
			V - B	(B-V) - V	(B-V) - V	HB - V	(B-V) - V
Alpha Per	0,085	0,264	6,2	6,24	6,504	173,8	176,7
Pleiades	0,035	0,11	5,8	5,89	6,0	144,5	150,8
Hyades	0,007	0,0217	3,02	3,12	3,1417	40,2	42
NGC 1039	0,07	0,22	8,25	8,2	8,42	447	437
NGC 2632	0,01	0,031	6,0	6,07	6,101	158,5	163,6

- ▶ Crawford (1960), sisteminde tanımlanan beta parametresi (β), $H\beta$ çizgisinin eşdeğer genişliğini ölçen, filtrelerinin uygun seçilimi nedeniyle yıldızlararası kızıllaşmadan etkilenmeyen ve özellikle ön tür yıldızlar için ışınım gücünün mükemmel belirteci olan bir renk ölçөгüdür.
- ▶ Bu nedenle Şekil 1'deki ayar eğrileri hem yatay hem düşey eksen doğrultusunda kaydırılmışlar iken Şekil 2'deki ayar eğrileri yalnızca yatay eksen doğrultusunda kaydırılmışlardır.
- ▶ Program kümeleri için (B-V) - V ve V - β diyagramlarından elde edilen uzaklık modüllerinin karşılaştırılması Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Program kümeleri için (B-V) - V ve V - β diyagramlarından elde edilen uzaklık modüllerinin karşılaştırması.

Her iki yöntemle elde edilen uzaklık modüllerinin farkı;

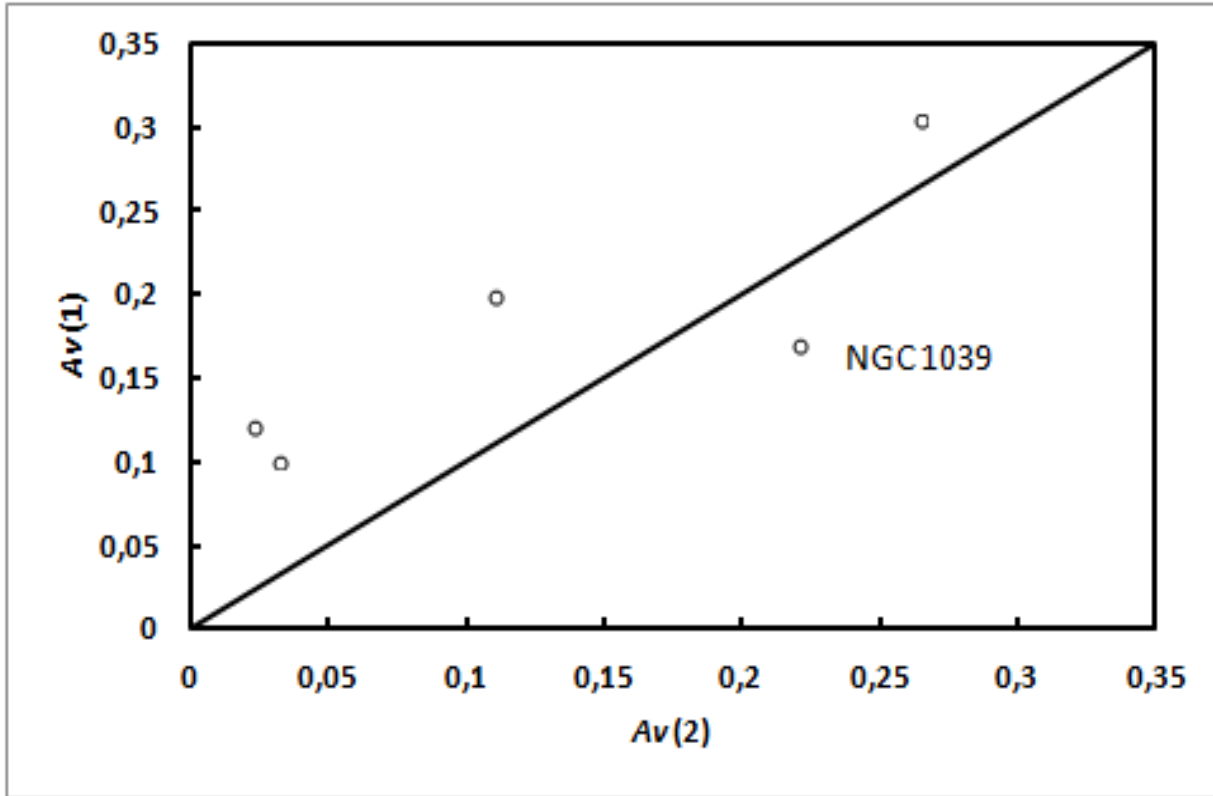
$$A_v = (m - M_v)_{UBV} - (m - M_v)_\beta \quad (1)$$

Görsel bölgedeki toplam sönmükleştirme miktarını verir. Toplam sönmükleştirme için literatürde verilen ortalama yasa;

$$A_v = 3.1E(B - V) \quad (2)$$

şeklindedir.

(1) ve (2) ile elde edilen toplam sönmükleştirme miktarlarını karşılaştırabiliriz.



Şekil 4. Denklem (1) ve (2)'den elde edilen sönükleştirme miktarlarının karşılaştırması.

Görüleceği üzere program kümelerimizin bölgesinde (NGC 1039 hariç) toplam sönükleştirme miktarı ortalama yasadan tahmin edilenden daha büyüktür.

2) Özgün Renk Ölçeği ve Görsel Salt Parlaklık Ayarı

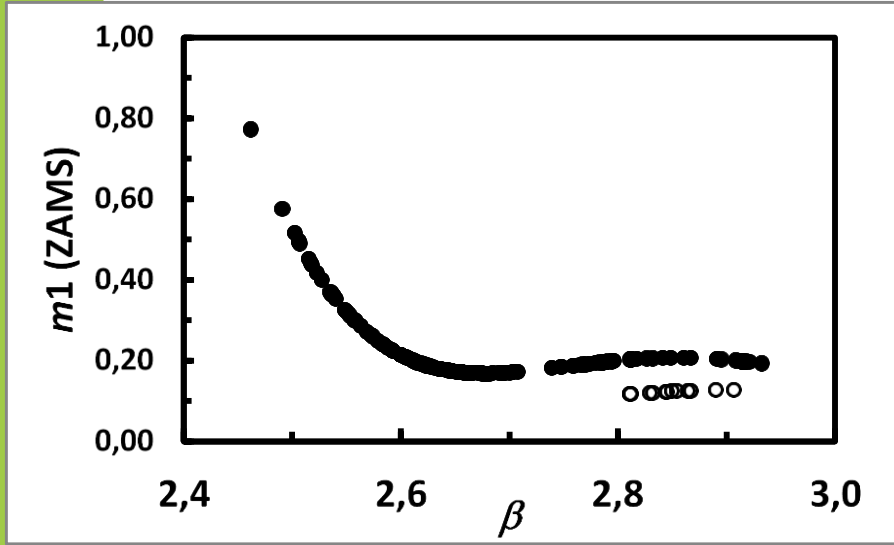
- Bu çalışmanın ikinci hedefi gözlenen fotometrik nicelikler yardımıyla $(b-y)_0$ özgün renk ölçeği ve M_v görsel salt parlaklığını tahmin edebileceğimiz ayar bağıntılarını elde etmektir. Kullanacağımız fotometrik nicelikler UBV sisteminin V parlaklıkları ile uvby β sisteminde tanımlanan $b-y$, β , m_1 , c_1 , δm_1 , δc_1 nicelikleridir.
- Daha öncede ifade edildiği gibi β ölçeği yıldızlar arası kızılaşmadan bağımsızdır. uvby sisteminin m_1 ve c_1 nicelikleri aşağıdaki gibi tanımlanırlar.

$$m_1 = (v - b) - (b - y) \quad (3)$$

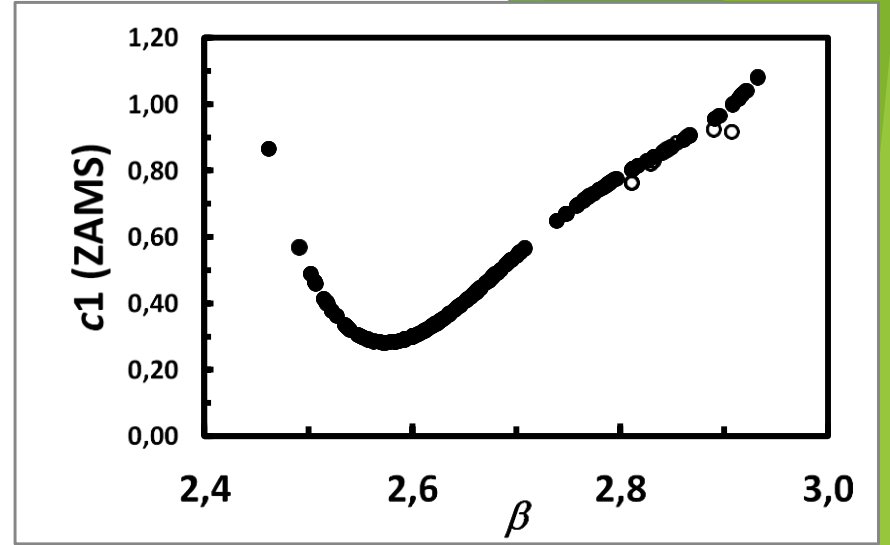
$$c_1 = (u - v) - (v - b) \quad (4)$$

- m_1 ölçeği tayf çizgilerinin bloklama etkisini ölçerken, c_1 ölçeği ise Balmer düşmesinin bir ölçüsünü verir. Sonuç itibariyle m_1 metal bolluğuna ilişkin bilgileri, c_1 ise yıldızın evrimsel durumuna ilişkin bilgiyi içerir.
- $H\beta$ çizgisinin eşdeğer genişliği A2 tayf türünde maksimuma ulaşır. Bundan daha ön ya da daha geri tayf türlerine gidildikçe $H\beta$ çizgi şiddeti de zayıflar. Bu nedenle daha ön ya da daha geri tayf türünden anakol yıldızları için ayar eğrilerini dikkatli kullanmak gerekir.

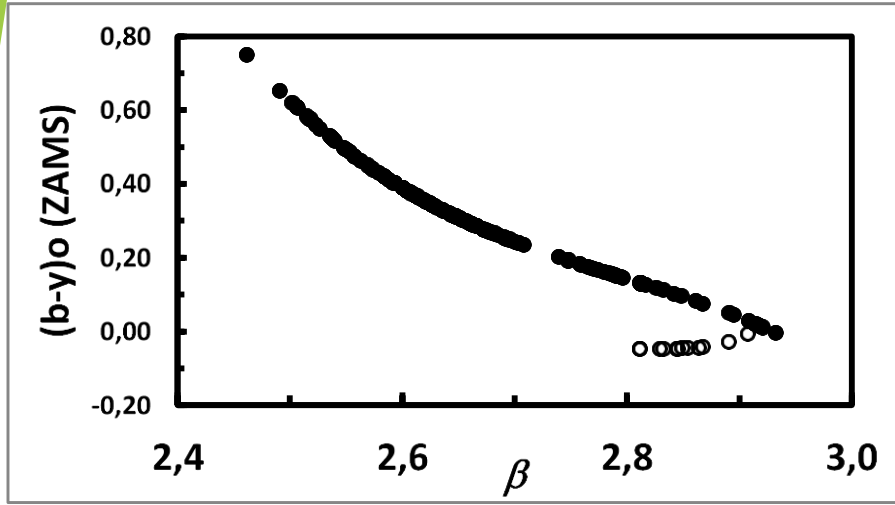
- Yıldızın A2'den ön ya da geri türden olup olmadığına karar vermek gerekir. Bu çalışmada önceki kesimde değindiğimiz yazarlar tarafından verilen ayar eğrileri kullanılmıştır.
- Örnek ayar eğrileri Şekil 5 - 8'de verilmiştir. Renk ölçeği ve salt parlaklık ayarı için program kümelerinin UBV ve uvby β verileri bulunan üyeleri kullanılmıştır. Bu şekilde toplam 166 adet yıldız belirlenmiş ve kullanılmıştır.



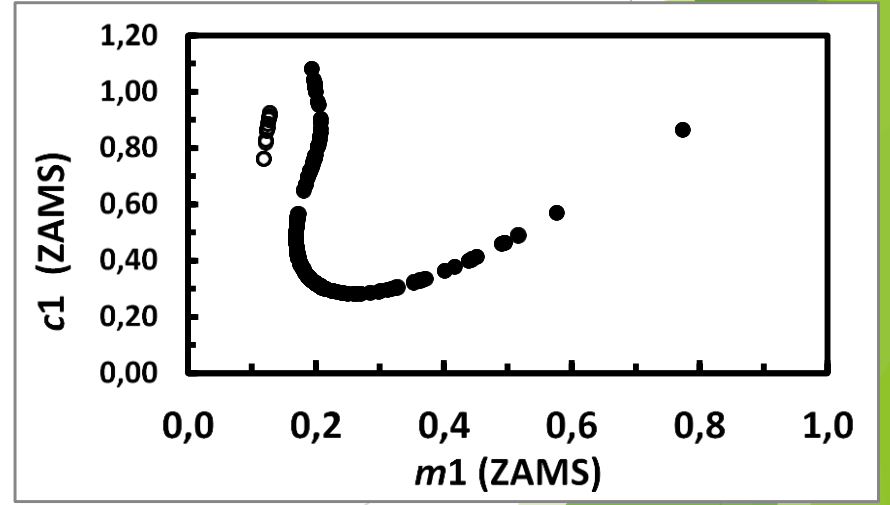
Şekil 5. m_1 (metal bollluğu) ölçeğine ilişkin ayar eğrisi. İçi boş ve dolu daireler, sırasıyla, ön ve geri tür yıldızları göstermektedir.



Şekil 6. c_1 (Balmer düşmesinin ölçüsü) ölçeğine ilişkin ayar eğrisi. Semboller Şekil 5 ile aynıdır.



Şekil 7. $(b-y)_0$ renk ölçeğine ilişkin ayar eğrisi. Semboller Şekil 5 ile aynıdır.



Şekil 8. c_1 - m_1 diyagramı. Semboller Şekil 5 ile aynıdır.

2.1) Özgün Renk Ölçeği Ayarı

- ▶ Gözlenen fotometrik niceliklerden $(b-y)_0$ özgün renk ölçeğinin elde edilebilmesi için β , $(b-y)_{0,ZAMS}$, δm_1 ve δc_1 nicelikleri kullanılmıştır.
- ▶ Burada $(b-y)_{0,ZAMS}$ yıldızla aynı β değerine sahip olan ZAMS yıldızın özgün renk ölçeği iken δm_1 ve δc_1 nicelikleri ise gözlem yıldızının m_1 ve c_1 değerlerinin, kendisiyle aynı β değerine sahip ZAMS yıldızının m_1 ve c_1 değerlerinden farkı olarak tanımlanmıştır. Sonuç olarak,

$$(b - y)_0(\text{fit}) = a(b - y)_{0,ZAMS} + b\beta + c\delta m_1 + d\delta c_1 \quad (5)$$

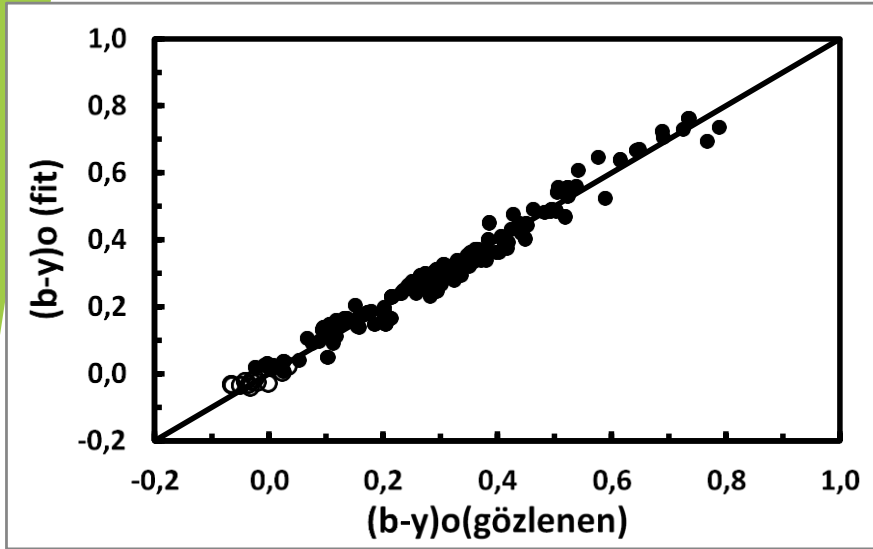
şeklinde bir ayar bağıntısı araştırdık.

2.1) Özgün Renk Ölçeği Ayarı

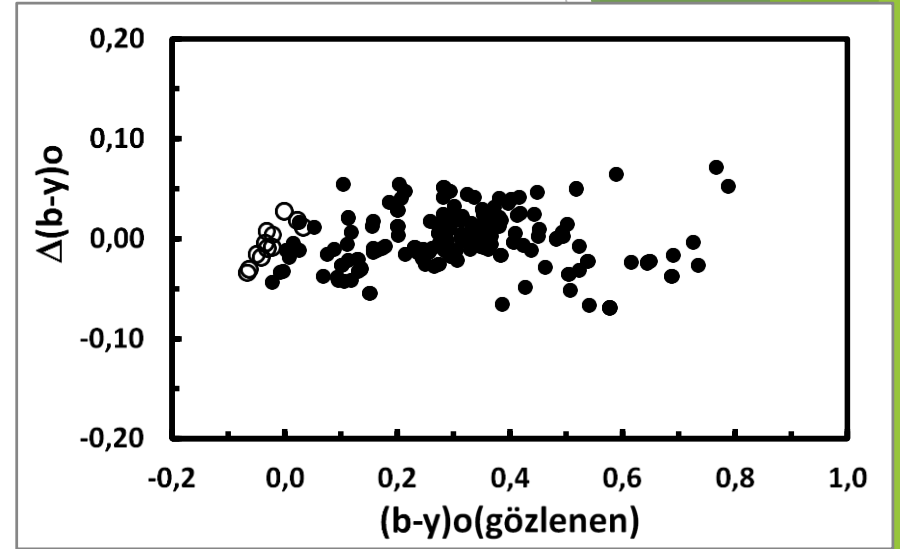
- Bu bağıntıda yıldızlararası soğurmadan etkilenen ve etkilenmeyen nicelikler bir arada bulunmaktadır. Ayrıca m_1 ve c_1 ölçekleri aracılığıyla yıldızın metal bolluğu ve evrim durumu da hesaba katılmış olmaktadır. En küçük kareler yöntemini uygulayarak aşağıdaki ayar bağıntısını elde ettik:

$$(b - y)_0(\text{fit}) = 0,939(b - y)_{0,ZAMS} + 0,005\beta + 0,399\delta m_1 + 0,055\delta c_1 \quad (6)$$

- Ayar yıldızlarının gözlenen renk ölçcekleri ile program kümeleri için 1. Bölüm'de elde edilen $E(B-V)$ renk artıkları ve $E(b-y) = 0,7E(B-V)$ ortalama ilişkisi kullanılarak (gözlenen) özgün renk ölçcekleri elde edilmiş ve (6) bağıntısıyla elde edilen (fit) özgün renk ölçcekleri ile karşılaştırması Şekil 9'da gösterilmiştir.
- Gözlenen ve ayar bağıntısından elde edilen özgün renk ölçcekleri arasındaki farklar ise Şekil 10'da gösterilmiştir. Farkların standart sapması 0,03 mag'dır.
- Sonuç itibariyle (6) bağıntısıyla elde edilen özgün renk ölçcekleri bir yıldızın $(b-y)_0$ öz rengini 0,03 mag duyarlılıkla elde etmeye olanak sağlamaktadır.



Şekil 9. Gözlenen özgün renk ölçekleri ile (6) bağıntısıyla hesaplanan özgün renk ölçeklerinin karşılaştırılması. Noktalar geri tür, içi boş daireler ise ön tür yıldızları temsil etmektedir.



Şekil 10. Gözlenen ve hesaplanan özgün renk ölçeklerinin farkı. Semboller, önceki şekildeki gibidir.

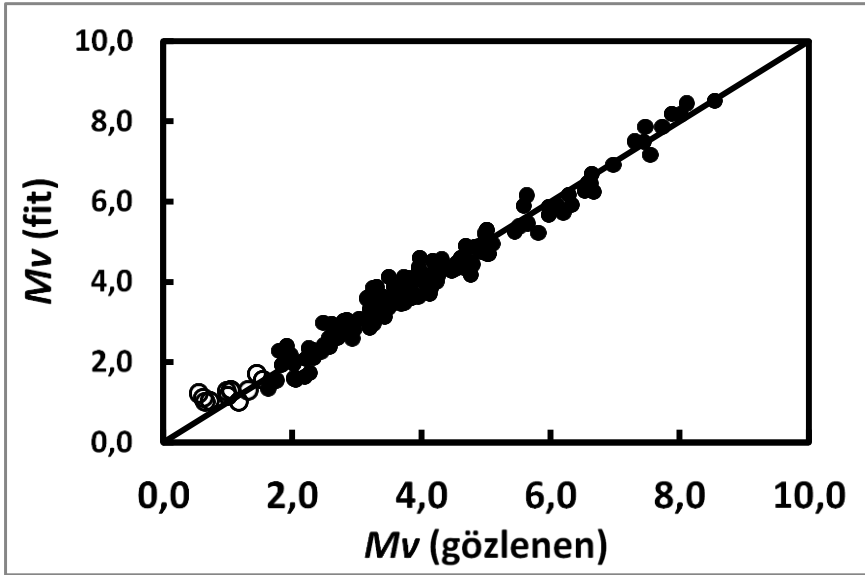
2.2) Görsel Salt Parlaklık Ayarı

- ▶ Görsel salt parlaklık ayar bağıntısı, M_V 'nin; β , $(b-y)$, m_1 , c_1 , δm_1 ve δc_1 fotometrik niceliklerinin doğrusal bir kombinasyonu ile ifade edilebileceği varsayımıyla elde edilmiştir.
- ▶ Ayar yıldızlarının (gözlenen) görsel salt parlaklıkları, onların gözlenen V parlaklıkları ve ait oldukları kümeye ilişkin $V - \beta$ diyagramlarından elde edilen uzaklık modülleri yardımıyla hesaplanmış ve kullanılmıştır.

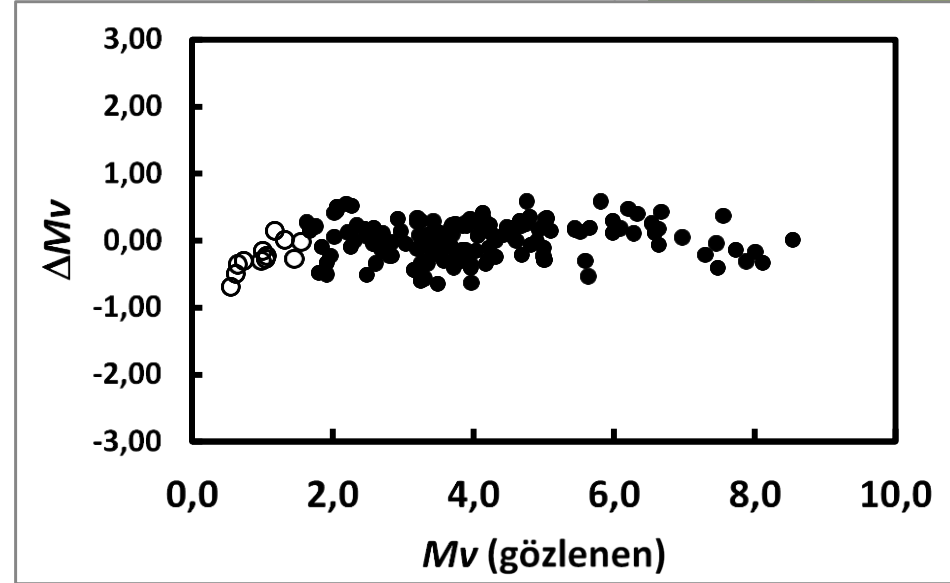
- Sonuç olarak (fit) salt parlaklık için aşağıdaki ayar bağıntısı elde edilmiştir:

$$M_V(\text{fit}) = 0,335\beta + 7,999(b - y) + 3,631m_1 - 0,582c_1 - 2,121\delta m_1 + 1,806\delta c_1 \quad (7)$$

- Ayar bağıntısı ile elde edilen salt parlaklıkların gözlenen salt parlaklıklarla karşılaştırması Şekil 11’de, farkları ise Şekil 12’de gösterilmiştir.
- Farklarının standart sapması 0,28 mag’dır.



Şekil 11. Gözlenen salt parlaklıklar ile hesaplanan salt parlaklıkların karşılaştırması.

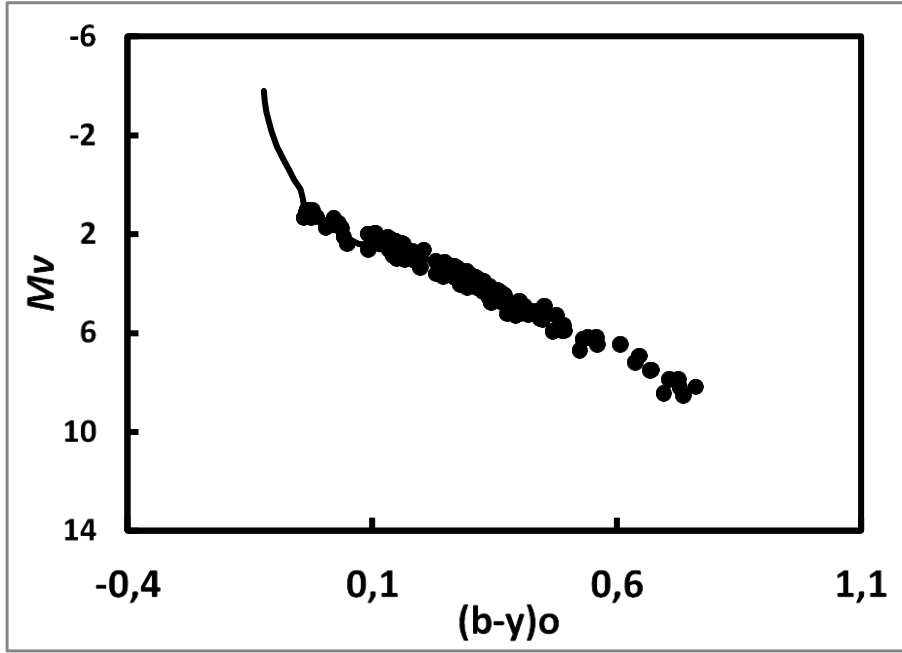


Şekil 12. Gözlenen ve hesaplanan salt parlaklıkların farkları.

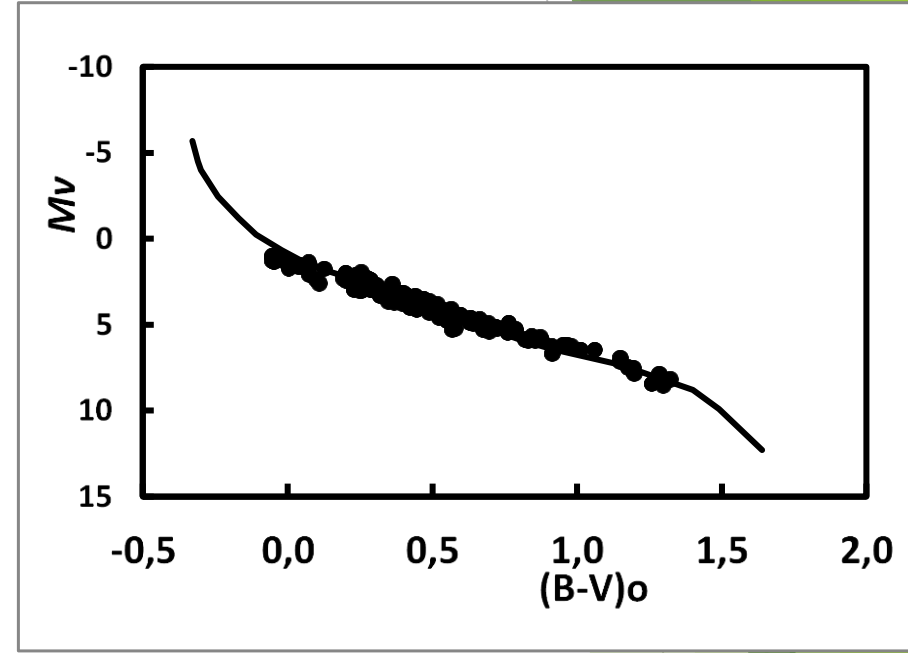
3) Sonuçlar ve Tartışma

- ▶ Özgün renk ölçeği ve salt parlaklık için Bölüm 2'de elde edilen (6) ve (7) bağıntılarının geçerlik aralığı doğal olarak ayar yıldızlarımızın özgün renk ölçekleri ve görsel salt parlaklıklarının yer aldığı aralıklar olarak ifade edilebilir.
- ▶ Elde edilen ayar bağıntılarını test etmek için ayar yıldızlarımızın bu bağıntılar yardımıyla elde edilen $(b-y)_0 - M_V$ ve $(B-V)_0 - M_V$ diyagramlarını (HR diyagramları) oluşturduk ve yukarıda bahsedilen standart anakollar ile karşılaştırdık.

- ▶ Bu amaçla öncelikle $E(B-V) = E(b-y)/0.7$ bağıntısı yardımıyla $E(B-V)$ renk artıklarını ve gözlenen B-V renklerini kullanarak da $(B-V)_0$ özgün renk ölçeklerini elde ettik.
- ▶ Ayar yıldızlarına ilişkin HR diyagramları, $(b-y)_0$ için Şekil 13'de ve $(B-V)_0$ için de Şekil 14'de gösterilmiştir. Her iki diyagramda da uyumun oldukça tatmin edici olduğu görülmektedir.



Şekil 13. Ayar yıldızlarına ilişkin $(b-y)_0 - M_v$ diyagramı (HR diyagramı).



Şekil 14. Ayar yıldızlarına ilişkin $(B-V)_0 - M_v$ diyagramı (HR diyagramı).

- ▶ Özgün renk ölçeği ve görsel salt parlaklık için elde ettiğimiz ayar bağıntılarının, B0 - F9 V yıldızlarının özgün renk ölçeklerini 0.03 mag ve görsel salt parlaklıklarını da 0.28 mag duyarlıkla elde edebilme olanağı sağlamaktadır.
- ▶ Görsel salt parlaklık ayar bağıntısında β ölçeğinin yer alması ve yıldızlararası kızıllaşmadan etkilenen üç farklı niceliğin ((b-y), m_1 , c_1) yer alması nedeniyle kızıllaşma etkisi tek türlü olarak hesaba katılmış olmakta ve bu nedenle söz konusu niceliklerin kızıllaşma etkilerinden arındırılmasına gerek kalmamaktadır.

- ▶ Bununla birlikte burada verdiğimiz ve orta ve dar bant fotometrik verilere dayanan ayar bağıntılarının söz konusu fotometrinin doğası gereği nispeten yakın küme ve yıldızlar ile sınırlı kalacağını vurgulamak gerekir.
- ▶ Uzak yıldızlar durumunda gerekli fotometrik veriler ya hiç yoktur ya da duyarlılıkları düşüktür.
- ▶ Son olarak, ikinci mertebeden ya da bağımsız değişkenlerin (β , $(b-y)$, m_1 , c_1 , δm_1 ve δc_1) ikili çarpımlarından oluşın terimleri de içeren farklı ayar bağıntılarının da araştırılabileceğini belirtmek gerekir.

Teşekkürler