

Seçilen Açık Yıldız Kümelerinin Fotometrisi

Aybike Ediz^{1,2}  , Erkan Gler^{1,2} , Ömer L. Değirmenci¹ 

¹ Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri, 35000 İzmir, Türkiye

² Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35000 İzmir, Türkiye

Accepted: May 5, 2025. Revised: May 5, 2025. Received: November 30, 2024.

zet

Bu alışmada, Crawford (1960) sisteminde tanımlanan ve yıldızlararası kızıllaşmadan etkilenmeyen beta parametresini kullanarak, seçilen beş açık yıldız kümesinin yıldızlarına ilişkin gerçek uzaklık modüllerini belirlemek ve gözlemsel verilerden yararlanarak onların özgün renk ölçeklerini ve görsel salt parlaklıklarını tahmin edebileceğimize ilişkileri elde etmek amaçlanmıştır. Kümelerin, WEBDA veri tabanından alınan gözlemsel UBV ve $ubvy\beta$ verileri yardımıyla her bir kümeye ilişkin çeşitli diyagramlar oluşturulmuş, bu diyagramlara ilişkin anakollar n ve geri tayf türünden yıldızlar için literatürde verilen kuramsal sıfır yaş anakolları ile çakıştırılarak söz konusu kümelerin renk artıkları, görsel bölgedeki toplam sönükleşme miktarları, uzaklık modülü ve uzaklıkları belirlenmiştir. UBV ve $ubvy\beta$ sistemlerinde tanımlanan V , $(B-V)$, $(b-y)$, β , m_1 , c_1 , δm_1 ve δc_1 parametreleri kullanılarak n tür yıldızların özgün renk ölçeklerini ve görsel salt parlaklıklarını tahmin etmekte kullanılacak kızıllaşma bağıntıları geliştirilmiştir. Elde edilen kızıllaşma bağıntıları kullanarak, UBV ve $ubvy\beta$ gözlemleri bulunan yıldızların özgün renk leklerinin 0.02 kadir ve görsel salt parlaklıklarının 0.32 kadir hassasiyetle tahmin edilebildiğie anlaşılmıştır.

Abstract

In this study it is aimed to determine the true distance moduli of the member stars of five selected open clusters using the beta parameter defined in the Crawford (1960) system, which is not affected by interstellar reddening, and to derive relationships that can be used to estimate their intrinsic color indices and visual absolute magnitudes from observational data. Various diagrams were constructed for each cluster using observational UBV and $ubvy\beta$ data obtained from the WEBDA database and for each cluster by matching the observed main sequences of their early and late-type stars with the theoretical zero-age main sequences obtained from the literature their color excesses, the total extinction amounts in the visual region, the distance moduli and the distances were determined. Calibration relations were developed using the parameters V , $(B-V)$, $(b-y)$, β , m_1 , c_1 , δm_1 , δc_1 defined in the UBV and $ubvy\beta$ photometric systems to estimate the intrinsic color indices and visual absolute magnitudes of early type main sequence stars. The results show that the obtained relations can predict the intrinsic color indices with a precision of 0.02 mag and their visual absolute magnitudes with a precision of 0.32 mag for stars having UBV and $ubvy\beta$ observations.

Anahtar Kelimeler: Catalogues:WEBDA, (stars:) Hertzsprung–Russell and colour–magnitude diagrams, clusters: individual: NGC 663, NGC 869, NGC 884, NGC 1039, NGC 2264

1 Giriş

Galaksi diskinde yer alan ve genellikle geen yıldızlardan oluşan aık kmeler, yıldızların oluşum ve evrim süreçlerini incelemek ve galaksinin yapısı ve dinamiğini anlamak için önemli bilgiler sunar. Açık kümelerdeki yıldızlar, aynı gaz ve toz bulutundan oluştukları için benzer kimyasal bileşime, yaş ve uzaklığa sahiptirler. Bundan dolayı, açık kümelerin fotometrik analizinin yapılması, küme yıldızlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesine olanak tanır. Elde edilen veriler kümenin yaşı, uzaklığı, metal bolluğue ve küme doğrultusundaki yıldızlararası ortam hakkında bilgi edinmemizi sağlar.

WEBDA'dan yaptığımız tarama ile UBV ve $ubvy\beta$ gözlemleri mevcut olan kümeler araştırılmış, çok sayıda küme arasından yeterli ve uygun verileri olanlar belirlenmiştir. Seçilen kümelere ilişkin veriler izelge 1'de verilmiştir.

Seçilen kümelere ilişkin $V-(B-V)$ ve $V-\beta$ diyagramları oluşturularak şekil 1'de gösterilmiştir. şekilde sol paneldeki sıfır yaş anakolu (ZAMS) Johnson (1966)'dan, sağ paneldeki ise

n tür yıldızlar için Crawford (1978)'den ve geri türler için de Crawford & Barnes (1974)'ten alınmıştır.

şekil 1'de kuramsal sıfır yaş anakolları uygun şekilde kaydırılarak kümelerin gözlenen anakolları ile en iyi uyum sağlanmaya çalışılmıştır. Bu akıştırmalar sonucunda elde edilen veriler izelge 2'de sunulmuştur.

Crawford (1960) sisteminde tanımlanan beta parametresi (β), $H\beta$ çizgisinin eşdeğeri genişliğini ölçen, filtrelerinin uygun seçilimi nedeniyle yıldızlararası kızıllaşmadan etkilenmeyen ve özellikle n tür yıldızlar için ışınım gücünün mkemmел belirtici olan bir renk leğidir. Bu nedenle, şekil 1 sol paneldeki kızıllaşma eğrileri hem yatay hem düşey eksen doğrultusunda kaydırılmış iken sağ paneldeki kızıllaşma eğrileri yalnızca yatay eksen doğrultusunda kaydırılmıştır. Bunlara ek olarak, V bandındaki toplam soğurma hesabı için literatürde verilen

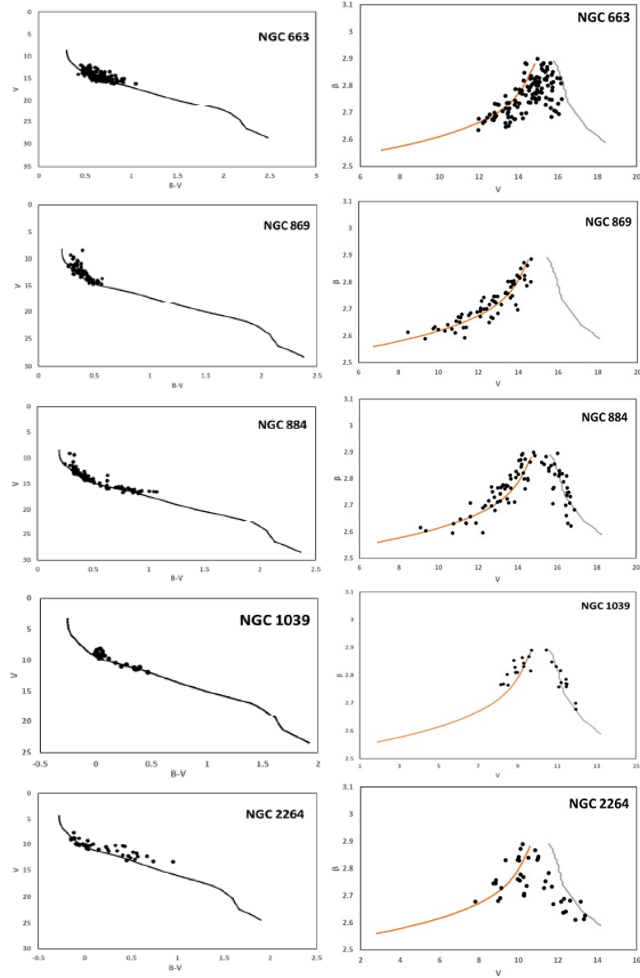
$$A_V \approx 3.1 \times E(B-V) \quad (1)$$

ortalama yasası esas alınmıştır.

* aybike.ediz@gmail.com

Çizelge 1. Seçilen açık yıldız kümelerinin ekvatorial ve Galaktik koordinat sistemlerindeki konumlarına ait veriler WEBDA'dan alınmıştır.

Küme Adı	RA (h m s)	DEC (° ' ")	Galaktik Boylam (°)	Galaktik Enlem (°)	Uzaklık (pc)	Kızılşma (kadir)	Uzaklık Modülü (kadir)	$\log(t)$ (yıl)
NGC 663	01 46 09	+61 14 06	129.467	-0.941	1952	0.780	13.87	7.209
NGC 869	02 19 00	+57 07 42	134.632	-3.741	2079	0.575	13.37	7.069
NGC 884	02 22 18	+57 08 12	135.052	-3.582	2345	0.560	13.59	7.032
NGC 1039	02 42 05	+42 45 42	143.658	-15.613	499	0.070	8.71	8.249
NGC 2264	06 40 58	+09 53 42	202.936	2.196	667	0.051	9.28	6.954

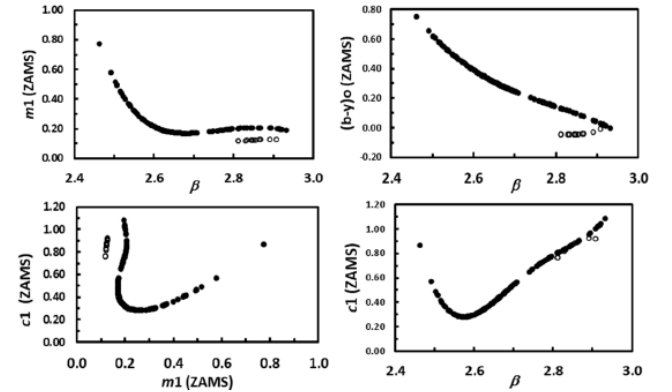
**Şekil 1.** Seçilen kümelere ilişkin WEBDA'dan alınan verilerle oluşturulan $V-(B-V)$ (sol panel) ve $V-\beta$ (sağ panel) diyagramları. (Sol panel) İçi dolu daireler kümeye ait yıldızları, siyah çizgiler sıfır yaş anakolu temsil etmektedir. (Sağ panel) İçi dolu daireler kümeye ait yıldızları, turuncu çizgiler ön tür yıldızlar için standart kolları ve siyah çizgiler geri tür yıldızlar için standart kolları temsil etmektedir.

2 Özgün Renk Ölçeği ve Görsel Salt Parlaklık Kızılşma Bağıntısı

Çalışmanın hedefi, kümelerin WEBDA'dan alınmış fotometrik verileri yardımıyla ön tayf türü yıldızlar için $(b-y)_0$ özgün renk ölçeği ve M_V görsel salt parlaklığını tahmin edebileceğimiz kızılşma bağıntılarını elde etmektir. Kullanacağımız fotometrik nicelikler UBV sisteminin V parlaklıkları, $ubvy\beta$ sisteminde tanımlanan $(b-y)$, β , $m_1, c_1, \delta m_1$ ve

Çizelge 2. Seçilen kümelere ilişkin $V-(B-V)$ renk parlaklık diyagramlarından, anakol çıkıştırılması yöntemi ile elde edilen renk artışı, toplam soğurma, uzaklık modülü ve uzaklık değerleri.

Küme	$E(B-V)$ (kadir)	A_V (kadir)	$(m-M_V)$ (kadir)	$(m-M_V)_0$ (kadir)	d (pc)
NGC 663	0.635	1.968	13.600	11.632	2120
NGC 869	0.540	1.674	13.268	11.594	2084
NGC 884	0.525	1.628	13.450	11.822	2315
NGC 1039	0.075	0.232	8.400	8.168	430
NGC 2264	0.055	0.171	9.350	9.179	685

**Şekil 2.** $ubvy\beta$ sistemine ilişkin kuramsal iki boyutlu diyagramlar. İçi boş ve dolu daireler, sırasıyla, ön ve geri tür yıldızları göstermektedir.

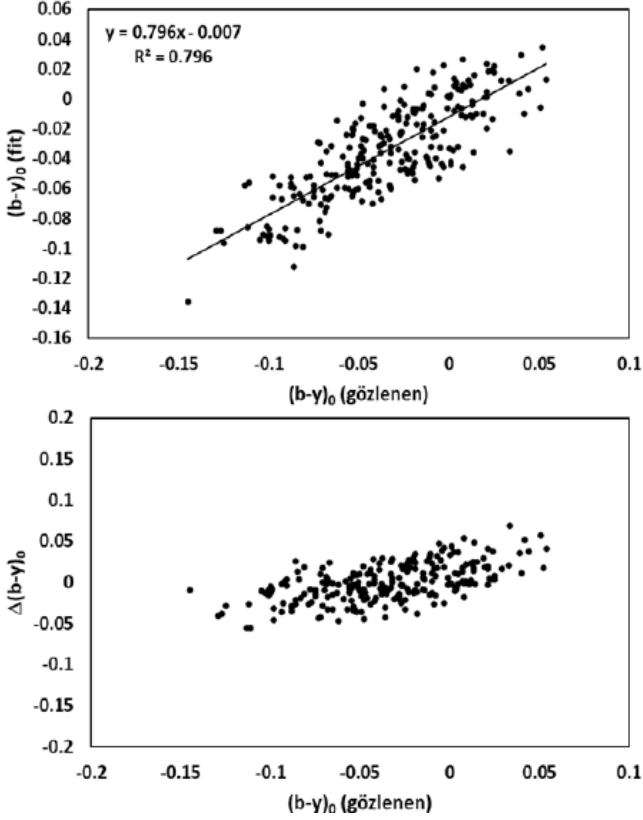
δc_1 nicelikleridir. $ubvy\beta$ sisteminin m_1 ve c_1 nicelikleri şöyle tanımlanırlar:

$$m_1 = (v - b) - (b - y) \quad (2)$$

$$c_1 = (u - v) - (v - b) \quad (3)$$

Burada m_1 ölçeği, tayf çizgilerinin bloklaya etkisini ölçerken c_1 ölçeği ise Balmer düşmesinin bir ölçüsünü verir. Sonuç itibarıyla 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 kızılşma eğrilerini dikkatli kullanmak gerekir. Yıldızın A2'ye göre ön ya da geri türden olup olmadığına karar vermek gerekir. Bu ayrımı yapmak için önceki bölümde değindiğimiz yazarlar tarafından verilen kızılşma eğrileri kullanılmıştır. Örnek kızılşma eğrileri Şekil 2'de gösterilmiştir. Özgün renk ölçeği ve görsel salt parlaklık kızılşma hesaplamaları için seçilen açık küme yıldızlarının,



Şekil 3. ( st panel) Gözlenen  zg n renk ölçekleri ile Eşitlik 5 ile hesaplanan özgün renk  leklerinin karşılaştırması. (Alt panel) Gözlenen ve hesaplanan özgün renk  leklerinin farkı.

UBV ve $ubvy\beta$ verileri mevcut olan yıldızlar kullanılmıştır. Bu çalışmada yalnızca  n tayf türü yıldızlara ilişkin kıızılaşma bağıntıları araştırılmıştır. Bu şekilde $(b-y)_0$ özgün renk  leği için 239 ve M_V görsel salt parlaklık kıızılaşma bağıntısı için 259 yıldız belirlenmiş ve kullanılmıştır.

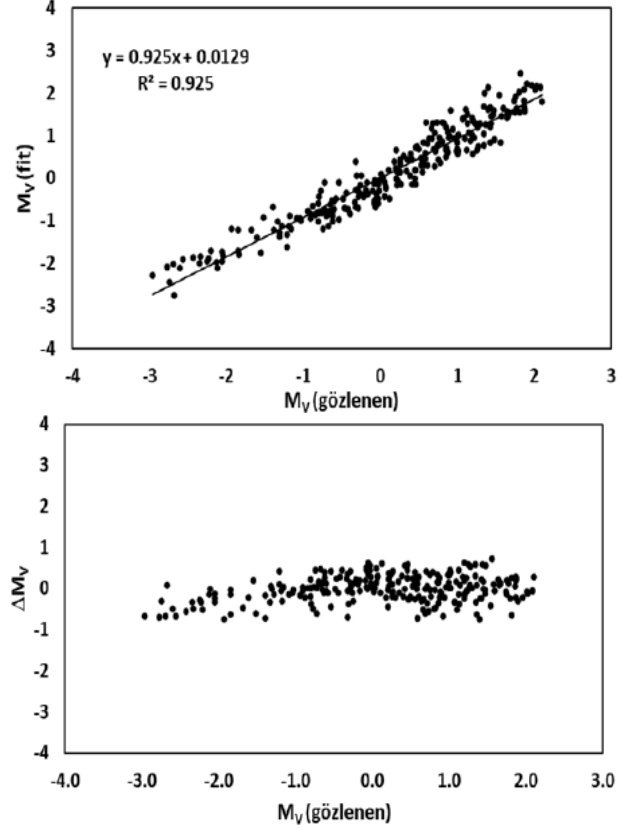
2.1  zg n Renk  leği Kıızılaşma Bağıntısı

Gözlenen fotometrik niceliklerden $(b-y)_0$ özgün renk  leğinin elde edilebilmesi için β , $(b-y)$, $(m_1)_0$, $(c_1)_0$, δm_1 ve δc_1 nicelikleri kullanılmıştır. Burada $(m_1)_0$ ve $(c_1)_0$ nicelikleri gözlem yıldızının kendisiyle aynı β değerine sahip ZAMS yıldızının m_1 ve c_1 değerleri iken, δm_1 ve δc_1 nicelikleri ise; $\delta m_1 = m_1 - (m_1)_0$ ve $\delta c_1 = c_1 - (c_1)_0$ şeklinde tanımlanırlar.  zg n renk  leği için şöyle bir kıızılaşma bağıntısı varsayılmıştır:

$$(b-y)_0(\text{fit}) = a(b-y) + b\beta + c(m_1)_0 + d(c_1)_0 + e\delta m_1 + f\delta c_1 \quad (4)$$

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. Eldeki verilere en küçük kareler yöntemi uygulanarak küme yıldızlarının özgün renk ölçekleri için aşağıdaki kıızılaşma bağıntısı elde edilmiştir:

$$(b-y)_0(\text{fit}) = 0.117(b-y) - 0.079\beta + 0.848(m_1)_0 + 0.068(c_1)_0 + 0.027\delta m_1 + 0.086\delta c_1 \quad (5)$$



Şekil 4. ( st panel) Gözlenen salt parlaklıklar ile hesaplanan salt parlaklıkların karşılaştırması. (Alt panel) Gözlenen ve hesaplanan salt parlaklıkların farkları.

Küme yıldızlarının gözlenen $(b-y)$ renk ölçekleri ve $E(B-V)$ renk artıkları kullanılarak, $E(b-y) = 0.7 \times E(B-V)$ ortalama ilişkisi Golay (1974) yardımıyla özgün renk ölçekleri, $(b-y)_0(\text{gözlenen})$, elde edilmiştir. Bu değerler, Eşitlik 5 ile hesaplanan özgün renk ölçekleri $(b-y)_0(\text{fit})$ ile karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 3  st panelde gösterilmiştir. Gözlenen ve kıızılaşma bağıntısından elde edilen özgün renk ölçekleri arasındaki farklar ise Şekil 3 alt panelde gösterilmiştir. Bu farkların standart sapması 0.02 kadir olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Eşitlik 5, bir yıldızın $(b-y)_0$ özgün renk ölçeğini 0.02 kadir duyarlılıkla belirlemeyi mümkün kılmaktadır.

2.2 Görsel Salt Parlaklık Kıızılaşma Bağıntısı

Görsel salt parlaklık M_V için; V , $(B-V)$, β , $(m_1)_0$, $(c_1)_0$, δm_1 ve δc_1 fotometrik niceliklerinin doğrusal bir kombinasyonu olacak şekilde bir kıızılaşma bağıntısı araştırılmıştır. Kalibrasyon yıldızlarının $M_V(\text{gözlenen})$ gözlenen görsel salt parlaklıkları, onların gözlenen V parlaklıkları ve ait oldukları kümeye ilişkin $V-(B-V)$ diyagramlarından elde edilen uzaklık modüllerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, yine en küçük kareler yöntemi kullanılarak görsel salt parlaklıklar için aşağıdaki kalibrasyon bağıntısı elde edilmiştir:

$$M_V(\text{fit}) = 0.106V + 0.081(B-V) - 2.052\beta + 17.895(m_1)_0 + 3.403(c_1)_0 - 0.127\delta m_1 + 4.004\delta c_1 \quad (6)$$

Kalibrasyon bağıntısı ile elde edilen salt parlaklıkların gözlenen salt parlaklıklarla karşılaştırması Şekil 4  st panelde, farkları

ise alt panelde gösterilmiştir. Farkların standart sapması 0.32 kadir. Başka bir deyişle, Eşitlik 6 yardımıyla yıldızların görsel salt parlaklıkları 0.32 kadir duyarlıkla tahmin edilebilmektedir.

3 Sonuçlar ve Tartışma

Beta parametresinin, ön tayf türünden yıldızların ışınım sınıflarını güçlü bir şekilde belirlediği gerçeğinden yola çıkarak, ön tayf türü yıldızlar için hem görsel salt parlaklığı hem de özgün renk ölçeklerini tahmin edebileceğimiz bağıntılar elde ettik. Bu bağlamda WEBDA veri tabanından seçtiğimiz beş açık yıldız kümesinin ön tayf türünden yıldızlarını $V - \beta$ diyagramı yardımıyla tespit ettik. Seçilen kümelere ait tüm ön tür yıldızların verilerini bir araya getirerek bir birleşik veri seti elde ettik. Bu veri seti içerisinde özgün renk ölçekleri ve görsel salt parlaklıkları V , $(B-V)$, $(b-y)$, β , $(m_1)_0$, $(c_1)_0$, δm_1 ve δc_1 parametrelerinin doğrusal fonksiyonları olarak varsayarak analizlerimizi gerçekleştirdik. Elde ettiğimiz kalibrasyon bağıntıları yardımıyla küme yıldızlarının özgün renk ölçekleri 0.02 kadir ve görsel salt parlaklıkları da 0.32 kadir duyarlıkla tahmin edilebilmiştir. Bu duyarlılıklar özellikle görsel salt parlaklık için oldukça iyidir.

Bu çalışma **Aksaç ve diğ. (2016)** çalışmasının devamı niteliğindedir. Önceki çalışmada geri tayf türünden yıldızlar için kalibrasyon bağıntıları elde edilmişken bizim çalışmamızda ön tayf türünden yıldızlar için hesaplamalar yapılmıştır. Değirmenci ve diğerlerinin bildirisinde, özgün renk ölçeği ve görsel salt parlaklık için elde edilen bağıntılar sırasıyla 0.03 kadir ve 0.28 kadir duyarlılıkla sonuçlanmıştır. Her iki çalışmada da sıfır yaş anakolu (ZAMS) ile yapılan karşıştırmalar, **Crawford (1960, 1978)** ve **Crawford & Barnes (1974)** gibi temel referanslara dayanarak kızıllaşma, soğurma ve uzaklık modüllerinin belirlenmesinde benzer fotometrik verilerin kullanılmasını sağlamıştır.

Kümelerin, Eşitlik 6 kullanılarak belirlenen uzaklık modülleri ile WEBDA'dan alınan değerlerin karşılaştırması Çizelge 3'te sunulmuştur. Çizelgeden görüldüğü üzere, elde edilen kalibrasyon bağıntısı yardımıyla hesaplanan uzaklık modülleri, WEBDA verileriyle uyumludur. Burada elde ettiğimiz kalibrasyon bağıntıları yalnızca bu çalışmada seçilen kümeler için değil, aynı zamanda nispeten yakın diğer açık yıldız kümeleri için de kullanılabilir. Bağıntıların küme üyesi olmayan alan yıldızları için de kullanılabilir olup olmadığı ise devam edecek çalışmalarımızda test edilecektir.

Kaynaklar

- Aksaç H., Yoldaş E., Kaya M., Değirmenci Ö., 2016, Uzaklık Modülü Belirlemede Hbeta Ölçeğinin Gücü, 20. Ulusal Astronomi Kongresi, 5-9 Eylül 2016, <https://uak.info.tr/2016/Program>
- Crawford D. L., 1960, **ApJ**, 132, 66
- Crawford D. L., 1978, **AJ**, 83, 48
- Crawford D. L., Barnes J. V., 1974, **AJ**, 79, 687
- Golay M., 1974, Introduction to astronomical photometry, 1st ed. 1974. edn. Astrophysics and space science library ; Volume 41, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands ;
- Johnson H. L., 1966, **ARA&A**, 4, 193

Access:

M25-0334: **Turkish J.A&A — Vol.6, Issue 3.**

Çizelge 3. Seçilen kümelere ilişkin Eşitlik 6 yardımıyla elde edilen uzaklık modüllerinin, WEBDA verileri ile karşılaştırması.

Küme	$(m-M_V)$	
	Hesaplanan	WEBDA
NGC 663	13.69	13.87
NGC 869	13.33	13.37
NGC 884	13.34	13.59
NGC 1039	8.05	8.71
NGC 2264	9.56	9.28