Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A- Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik
Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering

2016 - Cilt: 17 Sayı: 3
Sayfa: 497 - 505
DOI: 10.18038/btda.07682
Geliş: 05 Şubat 2016 Düzeltme: 29 Temmuz 2016 Kabul: 10 Ağustos 2016

BERKELEY 51 KÜMESİNİN TEMEL VE ASTROFİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

İnci AKKAYA ORALHAN*

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 38039, Türkiye

ÖZET

Galaksimizin birinci çeyreğinde bulunan ve daha önce çok az çalışılmış açık yıldız kümelerinden biri olan Berkeley 51 kümesinin temel astrofiziksel ve yapısal parametreleri *CCD UBV(RI)$_C$* ve *2MASS JHK$_S$* verileri kullanılarak elde edilmiştir. Kümeye ait *CCD UBV(RI)$_C$* verileri Meksika'da bulunan San Pedro Martir Ulusal Gözlemevi'nden 84cm'lik teleskop ile alınmıştır. Küme üyeliklerinin belirlenmesinde ise *PPMXL* kataloğundaki öz hareket verileri kullanılmıştır. Buna göre bu küme için elde edilen limit yarıçap $R_{lim}=2.5$ yay dakikası, kızarma $E(B-V)=0.85\pm0.05$ kadir, $E(J-H)=0.28\pm0.02$ kadir, uzaklık modülü $DM=(m-M)_0=10.66\pm0.04$ pc, uzaklığı $d=1355\pm27$ pc ve logaritmik yaş $log(A)=9.54\pm0.03$ Myıl olarak bulunmuştur. Küme için ilk kez bulunan metal ve ağır element bolluğu ise sırasıyla $[Fe/H]=-0.38$ ve $Z=0.006$ olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Açık yıldız kümeleri-Berkeley 51, Fotometri: CCD UBVRI ve 2MASS, Galaksi: Evrim

DETERMINATION OF THE FUNDAMENTAL AND ASTROPHYSICAL PARAMETERS FOR BERKELEY 51 CLUSTER

ABSTRACT

Fundamental astrophysical and structural parameters have been derived for Berkeley 51 which is located in the first Galactic quadrant and one of the open cluster was poorly studied before, by using *CCD UBV(RI)$_C$* and *2MASS JHK$_S$* data. *CCD UBV(RI)$_C$* photometric data of the cluster have been observed with the 84 cm telescope at the San Pedro Martir National Astronomical Observatory in Mexico. To determine the cluster membership *PPMXL* catalogue have been used. According to this, the limit radius is found to be $R_{lim}=2.5$ arc minutes, reddening as $E(B-V)=0.85\pm0.05$ and $E(J-H)=0.28\pm0.02$ magnitude, the distance modulus as $DM=(m-M)_0=10.66\pm0.04$ pc, distance as $d=1355\pm27$ pc and logaritmic age as $log(A)=9.54\pm0.03$ Myr for this cluster. The metallicity and heavy element abundances of this cluster have been determined for the first time as $[Fe/H]=-0.38$ and $Z=0.006$, respectively.

Keywords: Open star clusters-Berkeley 51, Photometry: CCD UBVRI and 2MASS, Galaxy: Evolution

1. GİRİŞ

Modern astrofizik çalışmalarının temel konularından biri de Galaksimizin oluşum senaryosunu anlamaktır. Bunun için, Galaksi içerisinde var olan tüm oluşumlara dair oldukça büyük bir yelpazede yaş ve metal bolluğu bilgilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden açık yıldız kümeleri Galaksinin geçmişteki durumuna dair kanıtlar sunan diskteki genç popülasyonlardır. Aynı zamanda açık yıldız kümeleri, Galaksimizin evrimsel ve dinamik özelliklerinin anlaşılması, galaksi diskinin ölçek yüksekliğinin belirlenmesi, Güneş'in Galaksi merkezine olan uzaklığının hesaplanması, sarmal yapının haritalanması, Galaktik dönme eğrisinin yerel davranışının ortaya çıkarılması ve diskin metal bolluğu gradyentinin elde edilmesi gibi birçok konuda büyük öneme sahiptirler. Bu açıdan Galaksimizin önemli yapı taşlarından biri olan açık yıldız kümelerine ait temel ve yapısal parametrelerin (kütle, yarıçap, metal bolluğu, renk artığı, uzaklık ve yaş) literatüre kazandırılması Galaksimize ait bu özelliklerin açığa çıkarılmasına katkıda bulunacaktır. Fakat fotometrik ve dinamik sınırlamalar nedeniyle Galaksimizde bulunan 2167 açık yıldız kümesine ait çalışmalar henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır [1]. Yapılan küme

*Sorumlu Yazar: iakkaya@erciyes.edu.tr

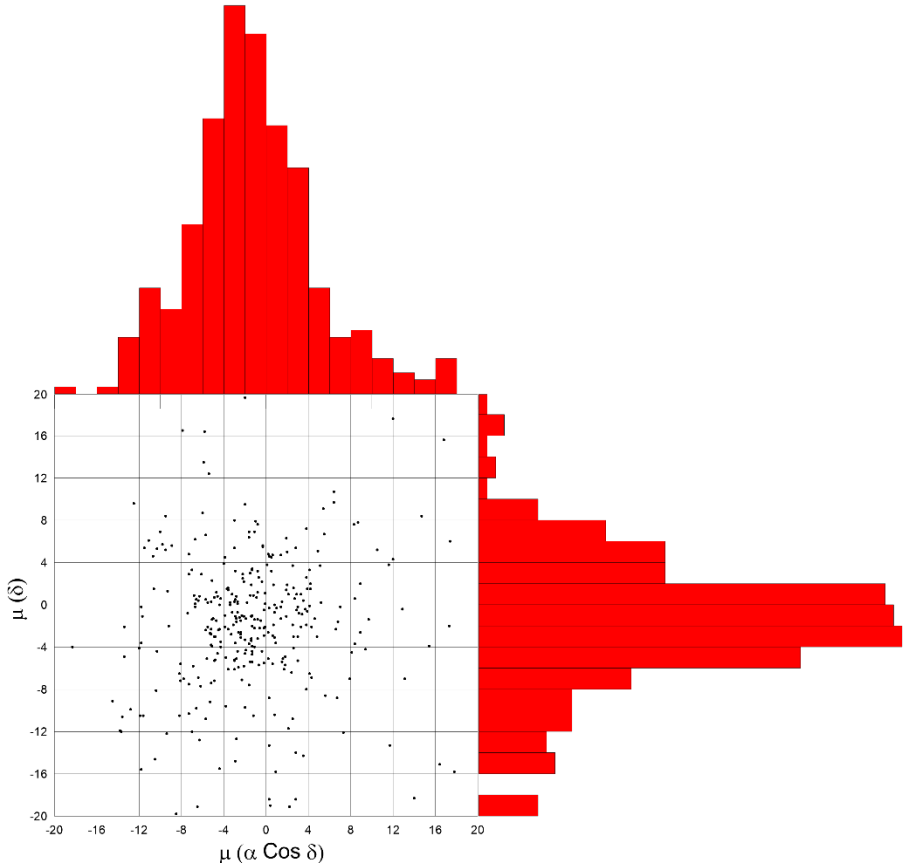
gözlemlerinin birçoğu da düşük çözünürlüklü hızlı alan taraması yöntemiyle yapılmıştır ve geniş bir dalgaboyu aralığını kapsayacak şekilde çok renk gözlemlere sahip değildir. Bu nedenle farklı fotometrik sistemleri de içine alan geniş *CCD* alanlı yüksek çözünürlüklü gözlemler ve detaylı analizler bu tür eksikliklerin giderilmesini sağlayacak ve Galaksi evrim çalışmalarına yeni parametreler kazandıracaktır. Bu çalışmada daha önce literatürde çok az çalışılmış ve Galaksimizin ilk çeyreğinde bulunan *Berkeley 51* (*Be 51*) kümesinin *CCD* $UBV(RI)_C$ fotometrisi yanında *2MASS* (*The Two Micron All Sky Survey*) kataloğundaki JHK_S verileri de kullanılarak temel parametreleri (kızarma, yaş, uzaklık, metal bolluğu) ve yapısal parametreleri (limit yarıçap, çekirdek yarıçapı) belirlenmiştir. *Be 51* açık yıldız kümesi Galaksimizin orta-düzleminde *Be 49* açık yıldız kümesine yakın konumda; sağ açıklığı $\alpha(2000)=20^{sa}\ 11^{dk}\ 54^{sn}$, dik açıklığı $\delta(2000)=+34^{o}\ 24'\ 06''$, boylamı $\ell = 72^{o}.147$ ve enlemi $b = 0^{o}.291$ şeklinde olan yoğun bir kümedir. Küme üyesi olmayan yıldızlar *PPMXL* (*A Proper Motion Catalog Combining USNO-B and 2MASS*) kataloğu sayesinde o bölgedeki yıldızların öz hareketlerine bakılarak hem *2MASS* hem de $UBV(RI)_C$ verilerinden temizlenmiştir.

Kümeye ait ilk çalışma Tadross (2008) tarafından *2MASS* JHK_S verileri kullanılarak yapılmıştır [2]. Daha sonra kümeye ait parametreler Subramaniam vd. (2010) tarafından *CCD BVI* optik fotometrisi kullanılarak elde edilmiştir [3]. Bu küme için yapılan her iki çalışmada da farklı filtreler ve analiz teknikleri kullanılarak kümenin analizi yapılmış ve küme üyelikleri belirlenirken Tadross (2008) NOMAD (*The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset*) verisini kullanarak öz hareketleri olan yıldızlarla olmayan yıldızları karşılaştırmalı olarak analizlerine dahil etmişken, Subramaniam vd. (2010) kümenin öz hareket verilerini dikkate almamıştır. Bu çalışmada ise küme üyesi yıldızlar PPMXL kataloğundaki öz hareket verileri göz önüne alınarak temizlenmiş ve oldukça geniş bir dalgaboyu aralığı (365-2190 nm) kullanılarak kümenin temel ve yapısal parametreleri hassas bir şekilde analiz edilmiştir. Materyal-Yöntem kısmında detaylı bir şekilde verildiği gibi daha önceki çalışmalardaki analizlere ek olarak küme parametreleri daha hassas bir şekilde farklı analiz süreçlerini de içine alacak şekilde belirlenmiştir. Ayrıca kümenin metal bolluğu bu çalışmayla birlikte ilk kez belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

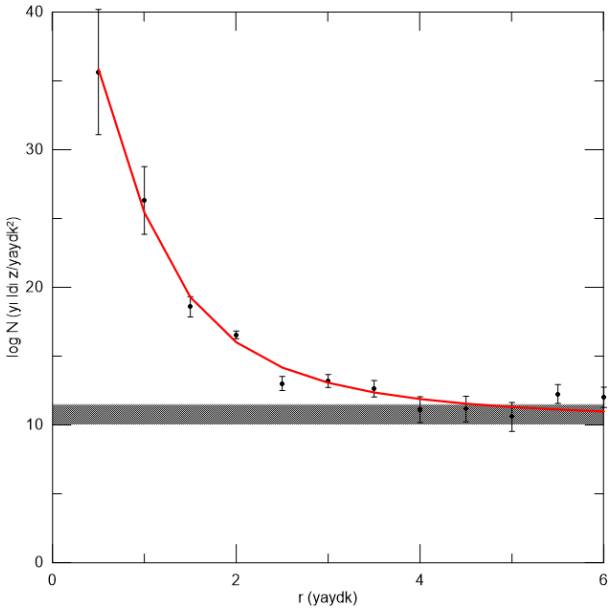
Be 51 açık yıldız kümesinin *CCD* $UBV(RI)_C$ gözlemleri *Sierra San Pedro Martir (SPM)* gözlemevinden 18 Eylül 2010 tarihinde 0.84 m'lik f/13 Ritchey-Chretien teleskobu ile yapılmıştır. Bu teleskop üzerine 1024×1024 piksel alanlı ve $24\ \mu m\times24\ \mu m$ piksel büyüklüğüne sahip *SITe 1 (SI003) CCD* kamerası takılıdır. Küme sırasıyla *U* filtresinde 3×240 sn, *B* filtresinde 3×180 sn, *V* filtresinde 3×100 sn, *R* filtresinde 3×100 sn ve *I* filtresinde 3×120 sn gözlenmiştir. Aynı zamanda küme gözlemlerinin standart sistemlere dönüşümünde atmosferik sönümleme katsayılarının belirlenmesi ve *Johnson-Cousins* fotometrik sistemine dönüşümün yapılması için bazı standart yıldız alanları da (G26-7, G93-48, GD246, PG2213-006) gözlenmiştir [4]. Landolt alanları, atmosferik soğurma katsayısının ölçülmesi amacı ile 0.8'den daha küçük hava kütlesinde gözlenmiş ve bu yıldız alanları için verilen ortalama poz süreleri ise sırasıyla *U* filtresi için 1×240 sn, *B* filtresinde 1×120 sn ve $V(RI)_C$ filtrelerinde 1×60 sn'dir. Standart yıldız alanlarının ve küme alanının fotometrik gözlemlerdeki hassasiyetinin artırılması için aynı poz süreleri ile herbir filtrede yukarıda verilen poz değerlerinde sırası ile $UBVRI-IRVBU$ olmak üzere iki veri seti alınmıştır. Dolayısı ile gözlem sırasında küme alanı için toplamda her bir filtrede 6 pozlama ve alan yıldızları için de 2 pozlama yapılmıştır. *CCD* fotometrisinin genel kalibrasyon süreçlerinin uygulanabilmesi için ise tüm gözlem boyunca yaklaşık 100 *bias* ve 50 *dark* görüntüsü alınmıştır [5,6]. *Flat* alanları gökyüzünün yıldız sayı yoğunluğu bakımından temiz gökyüzü alanlarına bakılarak gözlemin başında ve sonunda her filtrede alınmıştır. *CCD* fotometri indirgemeleri ve dönüşümleri *Açıklık* ve *PSF* tekniği ile *IRAF* (*Image Reduction and Analysis Facility*) programındaki genel indirgeme teknikleri ve paketleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir [7]. Diğer taraftan *2MASS* JHK_S verileri öz hareket verileriyle birlikte küme merkezinden yaklaşık 20 yaydakika'lık bölge için *PPMXL* kataloğundan alınmıştır [8,9]. *Be 51* kümesine ait üye yıldızlar belirlenirken ilk olarak küme içerisindeki her bir yıldız için *PPMXL* kataloğundan alınan sağ açıklık ve dik açıklığa göre öz hareket verilerinden belirsizliği $\geq 4.0\ miliyaysaniyesi\times yıl^{-1}$ olan öz hareket verileri çıkarılmıştır.

2MASS verileri için ise fotometrik limiti $J \geq 16.5$ kadir olan veriler ile birlikte hataları 0.20 kadirden büyük olan *J*, *H* ve K_s verileri çıkarılmıştır [10]. Kümenin merkezi koordinatlarından yaklaşık 20 yaydk'lık bir alan içerisinde kalan bölgede *PPMXL* kataloğundan alınmış veriler üzerinden *Şekil 1*'deki gibi bir dağılım elde edilmiştir. Burada "μ(αcosδ)" ve "μ(δ)" sağ açıklık ve dik açıklığa göre öz hareketleridir. Her bir histograma Gauss fonksiyonu uygulandıktan sonra da ±1σ standart sapma değeri içerisinde kalan öz hareket verileri kümenin olası üyeleri olarak kabul edilmiştir. Bu standart sapma dışında kalan yıldızlar hem $UBV(RI)_C$ hem de JHK_S veri setlerinden ayıklanmıştır. Öz hareket verileri için elde edilen Gauss fonksiyonlarının maksimumları ve standart sapmaları $\mu(\alpha\cos\delta)$=*-1.32±6.02 miliyaysaniyesi*×*yıl*$^{-1}$ ve $\mu(\delta)$=*-1.77±6.43 miliyaysaniyesi*×*yıl*$^{-1}$ şeklindedir. Bu değerler Kharchenko (2013) kataloğunda bu küme için verilen sağ açıklık ve dik açıklık öz hareket verileriyle (*-1.15* ve *-1.37*) hata sınırları içerisinde uyumludur [11].



Şekil 1. Be51 kümesinin öz hareket dağılımı

Kümenin yapısal parametreleri küme üyesi yıldızların radyal sayı yoğunluklarını modelleyen üç parametreli King profiliyle belirlenmiştir. King profili; $\sigma(R) = \sigma_{bg} + \sigma_{ok}/(1+(R/R_{core})^2)$ eşitliğiyle tanımlanır [12]. Eşitlikteki σ_{bg}, σ_{ok} ve R_{core} parametreleri sırasıyla arka alan yıldız sayı yoğunluğunu, kümenin merkezi yüzey sayı yoğunluğunu ve kümenin çekirdek yarıçapını tanımlamaktadır. *Şekil 2*'de *Be 51* kümesinin radyal yoğunluk profili görülmektedir. Burada sürekli kırmızı çizgi King profilini, *N* ise yıldız sayı yoğunluğunu temsil etmektedir. Buna göre bu küme için alan yıldız yoğunluğu σ_{bg}=*10.22 yıldız sayısı/yaydakikası*, kümenin merkezi sayı yoğunluğu σ_{ok}=*33.25 yıldız sayısı/yaydakikası* ve çekirdek yarıçapı R_{core}=*0.92 yaydakikası* olarak bulunmuştur.



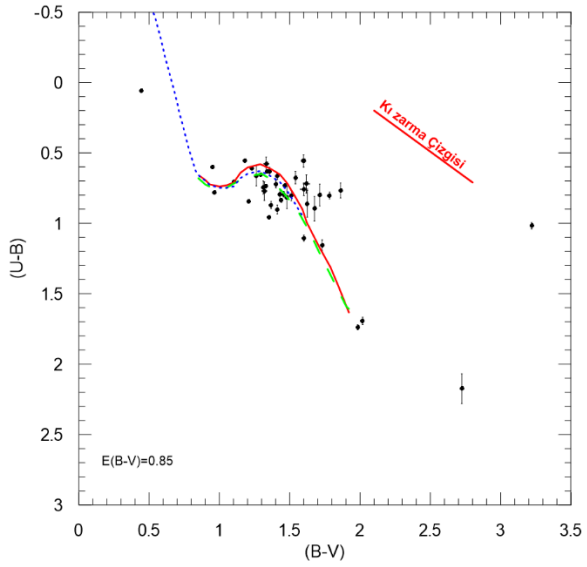
Şekil 2. Be 51 kümesinin radyal yoğunluk profili

Kümenin yıldızlararası kızarması belirlenirken iki renk diyagramında hem dev hem de cüce yıldızlar olmak üzere oldukça geniş renk indekslerini içine almasından dolayı Schmidht-Kaler (*SK*) kuramsal sıfır yaş anakolu kullanılmıştır [13]. Diğer taraftan metal bolluğu belirlenirken $[Fe/H]$=+0.12 ile +0.14 dex arasında Güneş'ten metalce zengin ve 625±50 Myıl yaşındaki bir açık yıldız kümesi olan Hyades'e ait gözlemsel anakol kullanılmıştır [14]. Hyades anakolu kullanılırken, $0.3<(B\text{-}V)0<0.6$ aralığında metal azlığı gösteren parlak F tayf türünden yıldızların dağılımlarından belirlenen $\delta(U\text{-}B)$ morötesi tekniğinden faydalanılmıştır. *Şekil 3*'de görüldüğü gibi *SK* kızarmamış $(U\text{-}B)_0\text{-}(B\text{-}V)_0$ anakolu, $(U\text{-}B)$ ekseni boyunca $(U\text{-}B)_0+0.72\times E(B\text{-}V)+0.05\times E(B\text{-}V)^2$ kadar, $(B\text{-}V)$ ekseninde ise $(B\text{-}V)_0+E(B\text{-}V)$ kadar kızartılarak en iyi fit elde edilir [15]. Fotometrik metal bolluğu ($[Fe/H]$) ise F-tipi yıldızların Hyades koluna göre iki-renk diyagramındaki metal azlığı gösteren yıldızlardan hareketle $\delta(U\text{-}B)$ morötesi artığı belirlenir ve $(B–V)_0=0.6$ değerine normalize edilerek $[Fe/H]–\delta(U–B)_{0.6}$ dönüşümlerinden kümenin $[Fe/H]$ değeri belirlenir [16]. Daha sonra fotometrik metal bolluğu $Z=Z_{\odot}.10^{[Fe/H]}$ ifadesinden ağır element bolluğu Z'ye dönüştürülür. Bu yöntemle *Be 51* kümesi için kızarma değeri $E(B\text{-}V)=0.85$ kadir olarak bulunmuştur. Bu kızarma değeri *Şekil 3*'de görüldüğü gibi kümenin iki-renk diyagramındaki yıldız dağılımıyla oldukça uyumludur. Aynı zamanda bu kızarma değeri renk-kadir diyagramlarında kümenin anakolu ile eşyaş çizgilerinin iyi bir şekilde fit olmasını sağlamaktadır. *Şekil 3*'de yeşil kesikli çizgi Hyades anakolunu, mavi noktalı çizgi SK kolunu, kırmızı sürekli çizgi ise küme için elde ettiğimiz eş metal bolluğu çizgisini temsil etmektedir. Ayrıca gökadamız için belirlenen 0.72'lik eğime uygun olarak kızıllaşma çizgisi de Şekil 3'ün sağ üst tarafında gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi bu kızarma değerinde kümeye ait herhangi bir kırmızı dev yıldız görülmemektedir. Yukarıda sözü edilen yöntemlere göre bu küme için kızarmış iki-renk diyagramından metal bolluğunun belirlendiği $(B\text{-}V)=1.4$ değerinde Hyades anakoluna göre elde edilen morötesi artığı $\delta(U\text{-}B)=0.08$ olup $(B–V)_0=0.6$ noktasına normalize edilmiş değeri ise $\delta(U– B)_{0.6}=0.09$ olarak bulunmuştur. Bu değere karşılık gelen metal bolluğu ve ağır element bollukları ise sırasıyla $[Fe/H]=-0.38$ ve $Z=0.006$ olarak bulunmuştur. Burada kümenin diğer parametrelerinin belirlenmesinde *PARSEC* eşyaş çizgileri kullanılmasından dolayı Güneş bolluğu $Z_{\odot}=0.015$ olarak alınmıştır [17].

Açık yıldız kümelerinin $(V\text{-}M_V)$ uzaklık modülü, *PARSEC* teorik eşyaş eğrilerinin kümelerin $V\text{-}(B\text{-}V)$, $V\text{-}(R\text{-}I)$, $V\text{-}(V\text{-}I)$, $J\text{-}(J\text{-}H)$, $J\text{-}(J\text{-}K)$ renk–kadir diyagramlarında kümenin standart sönükleşme kanunlarına göre renk artıkları dikkate alınarak, dikey mutlak kadir ekseninde ve yatay renk indeksi ekseninde kaydırılarak elde edilir. Benzer şekilde bu küme için uzaklık modülü ve yaşların tespitinde beş farklı

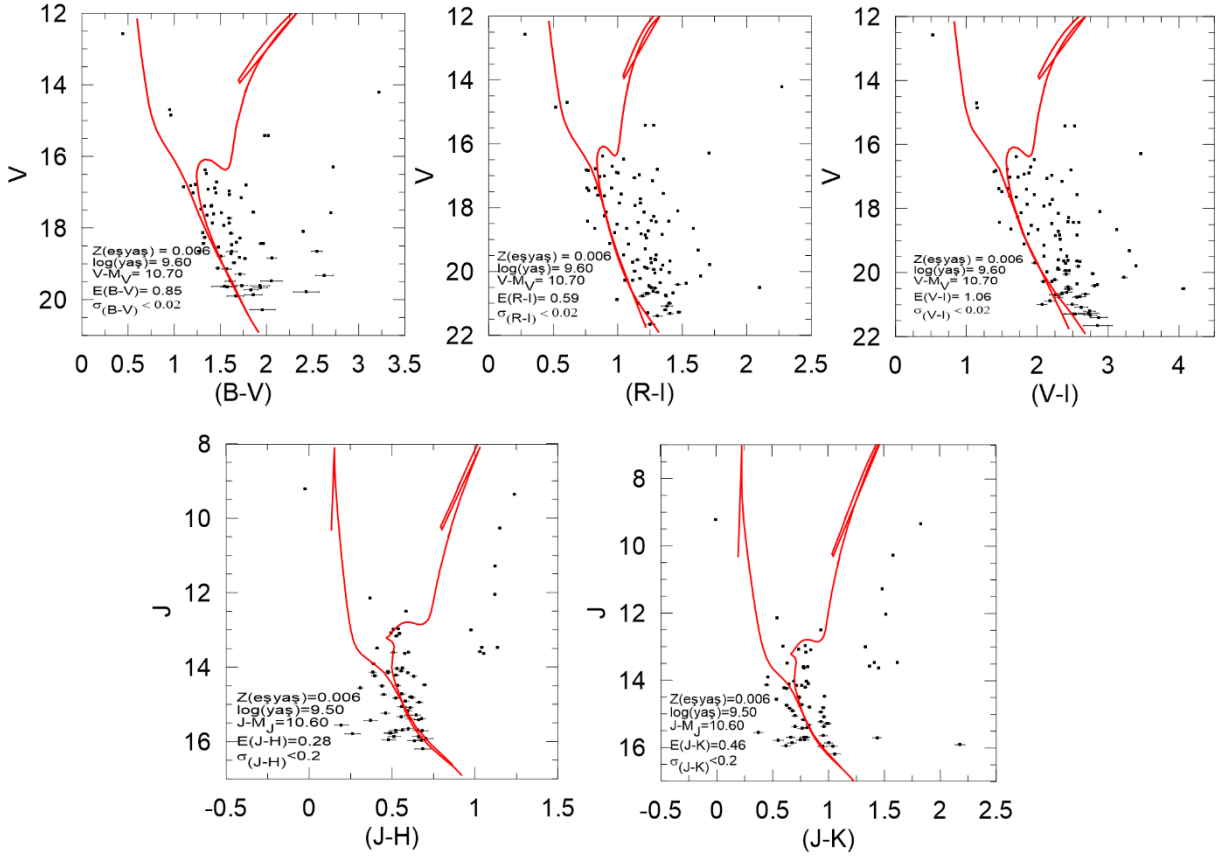
renk-kadir diyagramı *Z=0.006* değerinde alınan *PARSEC* eşyaş çizgileri ile fit edilmiştir. Küme için beş farklı diyagramda elde edilen yaş ve uzaklık modülü değerleri *Şekil 4* ve *Tablo 1*'de verilmiştir. *Şekil 4*'de görüldüğü gibi renk-kadir diyagramlarından üç tanesi (*V-(B-V)*, *V-(R-I)*, *V-(V-I)*) *SPM*'den alınan *CCD UBV(RI)C* analizlerine aitken diğer iki tanesi (*J-(J-H)*, *J-(J-K)*) *2MASS JHKS* verilerine aittir. Her iki veri setinden elde edilen sonuçların birbirleriyle tutarlı olması analizlerimizin ve sonuçlarımızın güvenirliliğini kanıtlar niteliktedir. *Şekil 4*'deki alttaki yaşlı çizgi kümenin yaşı için tahmini bir yaş değeri verirken üstteki genç çizgi *PARSEC* eşyaş çizgilerine ait en genç yaşı *log(A)=6.6* temsil etmektedir.



Şekil 3. Be 51 kümesinin iki-renk diyagramı

3. BULGULAR

Be 51 açık yıldız kümesi Galaksimizin orta-düzleminde *Be 49* açık yıldız kümesine yakın konumda yıldız sayı yoğunluğu bakımından oldukça zengin ve yoğun bir kümedir. Kuzey-batı ve güneydeki komşu bölgelerde, alan yıldızlarının daha az yoğun olmasından dolayı farklı kızarma değerleri görülmektedir. *Şekil 2*'deki kümenin radyal yoğunluk profilinden de görüldüğü gibi küme oldukça yoğun bir çekirdek ve küçük bir çapa sahiptir. Bu yüksek yoğunluktan dolayı alan yıldızlarından kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Kümenin renk-kadir diyagramlarının eşyaş çizgileriyle karşılaştırılmasıyla kümenin biraz yaşlı [*log(A)=9.54±0.03*], *d=1355±27* pc uzaklığında konumlanmış ve kızarmasının da biraz yüksek [*E(B−V)=0.85* kadir] olduğu görülmektedir (*Tablo 1.*).



Şekil 4. Be 51 kümesinin beş farklı renk-kadir diyagramı

Tablo 1. Be 51 kümesi için elde edilen temel astrofiziksel parametreler

E(B-V)=0.85±0.05 [Fe/H]=-0.38±0.28 Z=0.006±0.003				
Renk	$(V-M_v)_0$ (kadir)	d [pc]	$Log(A)_{fit}$	A_{fit} [Gyıl]
(B-V)	10.70±0.09	1380±55	9.60±0.05	3.98±0.49
(R-I)	10.70±0.10	1380±64	9.60±0.10	3.98±1.03
(V-I)	10.70±0.10	1380±64	9.60±0.10	3.98±1.03
(J-H)	10.60±0.10	1318±61	9.50±0.05	3.16±0.39
(J-K)	10.60±0.10	1318±61	9.50±0.05	3.16±0.39
Ortalama	10.66±0.04	1355±27	9.54±0.03	3.41±0.22

4. TARTIŞMA

Be 51 kümesi için Tadross (2008) tarafından *2MASS* verileri kullanılarak bu kümeye ait elde edilen uzaklık ve yaş değerleri sırasıyla 3.2 kpc ve 150 Myıl (*log(A)=8.2*) olarak bulunmuştur [2]. Tadross (2008) çalışmasında küme üyeliklerini belirlerken yaklaşık bir milyar yıldızın astrometrik ve fotometrik verilerini içine alan NOMAD veri tabanını kullanmıştır ve öz hareket verilerinin bazen çok arındırılmasından dolayı renk-kadir diyagramlarının sadece alt kısmında öz hareket verilerini uygulamayı tercih etmiştir. Ayrıca küme üyelerini belirlerken öz hareket verileri üzerinde ne gibi ölçütler uyguladığı hakkında da detaylı bilgi vermemiştir. Bu yüzden kümenin oldukça parlak ve yoğun bir Galaktik alana yerleşmiş sönük bir küme olmasından dolayı Tadross (2008) tarafından elde edilen parametreler sönük küme üyelerinden çok parlak alan yıldızlarını temsil ediyor olabilir. Oysaki Tadross (2012), *PPMXL* kataloğunun güncellenmesiyle birlikte açık yıldız kümeleri üzerine bundan sonraki yaptığı tüm çalışmalarda yukarıda uyguladığı yöntemi terk etmiş ve "öz hareket dağılım

fonksiyonları"nı kullanmaya başlamıştır. Bu çalışmada da detaylarını verdiğimiz gibi Tadross (2012) çalışmasında da ±1σ standart sapma değeri içerisinde kalan öz hareket verilerini kümenin olası üyeleri olarak kabul etmiş ve yöntemi *Be 51* açık yıldız kümesindeki gibi renk-kadir diyagramlarının sadece alt kısımlarına değil tamamına uygulamıştır [18]. Bu yüzden, çalışmamızda da daha güncel bir yöntem olan öz hareket dağılımları kullanıldığından *Be 51* açık yıldız kümesi için Tadross (2008) çalışmasındaki renk-kadir diyagramlarında kırmızı dev yıldızlar olarak tanımlı yıldızlar bizim diyagramlarımızda küme üyeliğinden çıkarılmıştır. Ayrıca yine sözünü ettiğimiz gibi kümenin oldukça parlak ve yoğun bir Galaktik alana yerleşmiş sönük bir küme olması da bu kırmızı dev yıldızların küme üyesi olmama olasılığını güçlendirmektedir.

Subramaniam vd. (2010) küme parametrelerini *BVI CCD* optik fotometrisini kullanarak elde etmişlerdir. Bu çalışmada limit yarıçap $R_{lim}=0.6$, kızarma $E(B-V)=1.6$, uzaklık modülü $DM=15.5$, $d=3.2$ kpc, $log(A)= 9.00–9.05$ olarak bulunmuş ve ağır element bolluğuna dair herhangi bir tahmin yapılmamıştır [3]. Yine bu çalışmada küme üyeliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemde öz hareket verileri kullanılmadığından küme üyesi olmayan yıldızlar da dikkate alınmış ve farklı kızarma değerlerinin görüldüğü bu bölge için yüksek bir kızarma elde edilmiş olabilir. Çünkü Subramaniam vd. (2010) çalışmalarında ifade ettiği gibi *Be 51* açık yıldız kümesi oldukça yoğun bir Galaktik alana yerleşmiş bir açık yıldız kümesi olup özellikle küme alanı içerisinde kuzey-batı ve doğu yönlerinde daha az alan yıldızına rastlanması farklı kızarma değerlerine işaret etmektedir. Çalışmamızda bu kümeye ait kızarma değeri belirlenirken diğer iki çalışmadan farklı olarak sadece renk-kadir diyagramlarından değil *Şekil 3*'deki gibi *Be 51* kümesinin iki-renk diyagramından da faydalanılmıştır. İki-renk diyagramından elde edilen kızarma değerleri belirlenirken metal azlığı gösteren F-tayf türünden olası cüce yıldızlarla da eş zamanlı ağırlık verilmiştir. Küme öz hareketlerine göre seçilmiş üye yıldızlardan bizim elde ettiğimiz kızarma değeri $E(B-V)=0.85$ kadir olarak bulunmuştur. Bulunan bu kızarma değeri *Şekil 4*'te görüldüğü gibi farklı renk-kadir diyagramlarında uyumlu sonuçlar vermektedir. Aynı zamanda bu kızarma değerinde iki-renk diyagramında küme içerisinde F-tayf türünden yıldızların bulunması ve bu yıldızların yine aynı kızarma değerinde farklı renk-kadir diyagramlarında bu yaştaki bir açık yıldız kümesinin beklenen rengine karşılık gelmesi bulunan yaş ve kızarma değerinin doğruluğunu kuvvetlendirmektedir. Öyle ki bu çalışmada seçilen ortalama yaş değeri 3.5 milyar yıl olup kümenin dönüm noktasına ait kızarmadan arındırılmamış $(B-V)\approx1.25$ kadir değeri, bulunan $E(B-V)=0.85$ kızarma değerinden çıkarıldığında, bu yaştaki bir açık yıldız kümesi için beklenen $(B-V)_0=0.36$ değerine oldukça yakındır. *Şekil 3*'te de görüldüğü gibi $(B-V)=1.25$ civarında bu tayf türünden yıldızlara ait dönüm noktası görülmektedir. Çalışmadaki iki-renk ve renk-kadir diyagramları oluşturulurken yukarıda detayları verildiği gibi kızarma çizgisi boyunca kaydırılarak kuramsal modellere kızarma ve uzaklık modülü gibi parametrelerin eklenmesiyle gözlemsel diyagramlar oluşturulmuştur [5,6]. *Şekil 4*'te daha kısa dalga boylarına karşılık gelen renklerde ($(B-V)$, $(V-I)$, $(R-I)$) kırmızı dev bölgesinde görülen saçılma daha uzun dalgaboylarına ($(J-H)$, $(J-K)$) doğru gittikçe diyagramlarda belirgin bir kola dönüşmektedir. Bu yıldız bölgesi, yapılan analizlerde dikkate alınmış olup küme için bulunan kızarma değerinden çok farklı bir kızarmaya sahip olduğu görülmüştür. Aynı zamanda kuramsal eşyaş çizgilerinden itibaren küme için bulduğumuz yaş ve uzaklık modülü değerleri bu bölgedeki yıldızlar ile uyumlu değildir. Bu yüzden bu yıldızlar küme üyesi değil de küme alanı içerisinde benzer öz harekete sahip yıldızlar olarak kabul edilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada Galaksimizin ilk çeyreğinde bulunan açık yıldız kümelerinden biri olan *Be 51* açık yıldız kümesinin temel astrofiziksel parametreleri elde edilmiştir. Çalışmayı daha önce yapılan çalışmalardan farklı kılan oldukça geniş bir dalgaboyu aralığında çalışılması ve farklı analiz tekniklerinin kullanılmış olmasıdır. Ayrıca kümenin metal ve ağır element bolluğu ilk kez tarafımızdan tahmin edilmiştir. Küme üyeliklerinin belirlenmesinde küme alanı içerisinde kalan kümelerin öz hareket verileri kullanılmıştır. Bu yöntem daha önce bu küme için yapılan önceki çalışmalarda kullanılmamış daha güvenilir bir yöntem olup küme üyeleri tek tek alan içerisinden rahatlıkla ayırt edilebilmektedir. Bu yüzden küme

üyesi olma olasılığı daha yüksek olan yıldızlar üzerine yoğunlaşılmasıyla birlikte bulunan parametreler daha tutarlı sonuçlar vermektedir. *Şekil 4* ve *Tablo*'da görüldüğü gibi birbirinden farklı veri setleriyle çalışmamıza rağmen sonuçların çok uyumlu olması analizlerimizin güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir. *Be 51* açık yıldız kümesi için yukarıda bahsedilen diğer iki çalışmanın detaylarına baktığımızda her ne kadar birbirine yakın kızarma değerleri elde edilmiş olsa da bulunan yaş değerlerinin birbirinden oldukça farklı olduğu görülmektedir. Tadross (2008), 0.15 Gyıl'lık bir yaş ile oldukça genç bir kümeye işaret ederken, Subramaniam vd. (2010), 1.0 Gyıl'lık bir yaş ile daha evrimleşmiş bir açık yıldız kümesine işaret etmektedir.

Yaptığımız bu çalışma ise sözü edilen çalışmalardaki tüm dalgaboyu aralıklarını ve analiz tekniklerini içerisine almıştır ve ayrıca ilave farklı analizler de (metal bolluğu tahmini) eklenmiştir. Aynı dalgaboyu aralığında çalışılmasına rağmen diğer iki çalışmada küme yaşında görülen parametre uyumsuzluklarına çalışmamızda rastlanmamıştır. Bunun başlıca sebebi de yukarıda detaylandırıldığı gibi *Be 51* kümesine ait yaptığımız analizlerde, küme üyelerinin belirlenmesinde, diğer çalışmalarda kullanılmayan öz hareket dağılım fonksiyonlarının kullanılması ve kümenin alanı içerisinde kalan benzer öz harekete sahip olası üye yıldızları üzerine yoğunlaşılmasıdır. Fakat bu çalışmada kullandığımız küme üyesi belirleme yöntemi tamamen fotometrik olup küme üyeliğinin tam doğru bir şekilde belirlenmesi için tayfsal gözlemlere ihtiyaç duyulduğu da kaçınılmaz bir sonuçtur.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma, **TÜBİTAK-114F123** No'lu ve "Galaksimizin Birinci ve İkinci Çeyreğinde Bulunan 20 Açık Yıldız Kümesinin Temel ve Yapısal Parametrelerinin Belirlenmesi" başlıklı araştırma projesi ile desteklenmiştir. Ayrıca *CCD UBV(RI)$_C$* gözlemlerinin *Sierra San Pedro Martir Gözlemevi'*nden alınması ve indirgenmesinde yardımcı olan **Prof.Dr. Raul MICHEL MURILLO**'ya teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

[1] Dias WS, Alessi BS, Moitinho A, & L´epine JRD. VizieR Online Data Catalog: Catalogue of variable stars in open clusters (Zejda+, 201). VizieR On-line Data Catalog: B/ocl 2012, 2010yCat,.

[2] Tadross AL. A Catalogue of previously unstudied Berkeley clusters. Mon. Not. R. Astron. Soc. 2008; 389: 285–291.

[3] Subramaniam A, Carraro G, Janes KA. Optical photometry and basic parameters of 10 unstudied open clusters. Mon. Not. R. Astron. Soc. 2010; 404: 1385–1395.

[4] Clem JL, Landoldt A. Faint UBVRI Standard Star Fields. The Astronomical Journal 2013; 146(4):88-106.

[5] Akkaya İ, Schuster WJ, Michel R, Chavarria-KC, Moitinho A, Vazquez R, Karataş Y. CCD UBVRI Photometry of the Galactic Open Clusters: Be 89, Ru 135, and Be 10. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica 2010; 46: 385–430.

[6] Akkaya Oralhan İ, Karataş Y, Schuster WJ, Michel R, Chavarria-K C. CCD UBV(RI)$_C$ photometry of twenty open clusters. New Astronomy 2015; 34:195-210.

[7] *Image Reduction and Analysis Facility*. http://iraf.noao.edu

[8] Skrutskie MF, Cutri RM, Stiening R vd. The Two Micron All Sky Survey (2MASS). The Astronomical Journal 2006; 131:1163–1183.

[9] Röser HJ, Hippelein H, Wolf C, Zatloukal M, Falter S. The Heidelberg InfraRed Optical Cluster Survey (HIROCS). I. Layout, instrumentation, and data analysis. A&A 2010; 513:15-30.

[10] Tadross AL. A Catalog of 120 NGC Open Star Clusters. Journal of The Korean Astronomical Society 2011; 44: 1-11.

[11] Kharchenko NV, Piskinov AE, Roeser S, Schilbach E, Scholz RD. Global survey of star clusters in the Milky Way-II. The catalogue of basic parameters. A&A 2013; 558:53.

[12] Bonatto C, Bica E. Probing the age and structure of the nearby very young open clusters NGC2244 and 2239. Mon. Not. R. Astron. Soc. 2009; 394:2127–2140.

[13] Schmidt-Kaler Th, Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. In: Schaifers K ve Voigt H, editörler. Landolt-Bornstein. Berlin, Almanya: Springer Yayınları, 1982, pp. 14-16.

[14] Sandage A. Isochrones, Ages, Curves of Evolutionary Deviation, and the Composite C-M Diagram for Old Galactic Clusters. The Astrophysical Journal 1969; 158:1115-1136.

[15] Lata S, Pandey A.K, Sagar R, Mohan V. Integrated photometric characteristics of galactic open star clusters. A&A. 2002; 388:158-167.

[16] Karataş Y, Schuster WJ. Metallicity and absolute magnitude calibrations for UBV photometry. Mon. Not. R. Astron. Soc. 2006; 371:1793–1812.

[17] *PARSEC* stellar evolutionary tracks. http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd.

[18] Tadross AL. PPMXL photometric analysis of three open cluster candidates. New Astronomy 2012; 17:198-202.