



NGC2323, NGC2395 VE NGC2539 Açık Yıldız Kümelerinin Temel ve Yapısal Parametreleri

Yonca Karşlı¹, İnci Akkaya Oralhan¹, Raul Michel Murillo², Yüksel Karataş³, William Schuster²

¹Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri, Türkiye.

²Observatorio Astronomico Nacional, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Ensenada, B.C. Mexico

³İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet: Bu çalışma da F-G tayf türünden yıldızlar içerdiği bilinen NGC2323, NGC2395 ve NGC2539 açık yıldız kümelerinin parametrelerinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Kümelerin CCD UBVR(I) fotometrik verileri Universidad Nacional Autonoma de Mexico'ya bağlı San Pedro Martir Ulusal Gözlemevi'ndeki 0.84 m'lik f/13 Ritchey-Chretien teleskobundan alınmıştır. JHK fotometrik verileri ise PPMXL Vizier kataloğundan öz hareket verileriyle birlikte alınmıştır. Her iki veri seti birbirleriyle eşleştirilerek homojen bir veri seti oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Açık yıldız kümeleri; temel ve yapısal parametrelerin belirlenmesi, Fotometri; UBVR(I)C ve 2MASS

Abstract: In this study, selected NGC2323, NGC2395 and NGC2539, containing F-G spectral type stars. CCD UBVR(I) photometric observations of the clusters have been taken from 0.84 m f/13 Ritchey-Chretien telescope in San Pedro Martir National Observatory which is connected to Universidad Nacional Autónoma de Mexico and then reduced. JHK photometric observations have been taken from PPMXL Vizier catalog with data of proper motions. Both data sets were matched to each other to form a homogeneous data set.

Key Words: Open star clusters; Determination of fundamental and structural parameters, Photometry; UBVR(I) C and 2MASS

1. Giriş

Açık yıldız kümeleri, Galaksimizin evrimsel ve dinamik özelliklerinin anlaşılması, diskin yükseklik ölçeğinin belirlenmesi, Güneş'in galaksi merkezine olan uzaklığının hesaplanması, sarmal yapının haritalanması, galaktik dönme eğrisinin yerel davranışının ortaya çıkarılması ve diskin metal bolluğu gradiyentinin eldesi gibi bir çok konuda büyük öneme sahiptir. Bu yüzden galaksimizin önemli parçalarından biri olan açık yıldız kümelerinin parametre bilgilerinin literature kazandırılması galaksimizin bu özelliklerinin açığa çıkarılması için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Meksika San Pedro Martir (SPM) Ulusal Astronomi Gözlemevi'nde 84 cm teleskop ile gözlenmiş NGC2323, NGC2395 ve NGC2539 açık yıldız kümelerinin CCD UBVR(I) fotometrik verileri ile birlikte 2MASS kataloğundaki JHK_s fotometrisi kullanılarak temel astrofiziksel parametreleri olan renk artıkları, metal ve ağır element bollukları, uzaklık modülleri, uzaklıkları ve yaşları tayin edilmiştir. E(B-V) renk artığı, Schmidt-Kaler, (1982) (SK82) anakolunun (U-B)-(B-V) iki-renk diyagramında kızarma doğrusu boyunca belli ışınım gücü sınıfından yıldızlar için düzenlenmiş kızarma eğrilerine göre çakıştırılmasından belirlenmiştir. Metal bolluğu tayini, (U-B)-(B-V) iki renk diyagramında Hyades anakolu üzerindeki 0.3<(B-V)₀>0.6 aralığında metalce fakir parlak F tayf türünden yıldızların dağılımlarından belirlenen δ(U-B) morötesi artığı tekniğiyle yapılmıştır. 20 kümenin uzaklık modülü, uzaklık ve yaşları, Bressan ve ark. (2012) ait eşyaş eğrilerinin kümelerin beş renk indeksindeki (B-V, V-I, R-I, J-H, J-K) renk-kadir diyagramları ile çakıştırılmasından elde edilmiştir. Bu 3 küme aynı teleskop ile gözlenip, aynı analiz yöntemleri uygulandığından homojen veri örneği oluşturması bakımından bir avantaja sahiptir.

2. Fotometrik Gözlemler, Veriler ve İndirgeme Teknikleri

Bu çalışmada analizi yapılan açık yıldız kümelerinin CCD UBVR(I) gözlemleri Sierra San Pedro Martir (SPM) gözlemeviden 0.84 m'lik f/13 Ritchey-Chretien teleskobu ile yapılmıştır. Kümelerin CCD UBVR(I) gözlemleri yapılırken her bir küme için her filtrede uygun poz süreleri verilerek küme alanları gözlenmiştir. Aynı zamanda küme gözlemlerinin standart sistemlere dönüşümünde atmosferik sönmüleme katsayılarının belirlenmesi ve Johnson-Cousins fotometrik sistemine dönüşümün yapılması için bazı standart-yıldız alanları da gözlenmiştir (Landlot A.,2012). Standart yıldız alanlarının ve küme alanının fotometrik gözlemlerdeki hassasiyetinin artırılması için aynı poz süreleri ile her bir filtrede uygun poz değerlerinde sırası ile UBVR(I) –IRVBU olmak üzere iki veri seti alınmıştır. 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 (Akkaya İ., ve ark., 2010; Akkaya Oralhan İ., ve ark., 2015). Flat alanları gökyüzünün yıldız sayı yoğunluğu bakımından temiz gökyüzü alanlarına bakılarak gözlemin başında ve sonunda her filtrede alınmıştır.

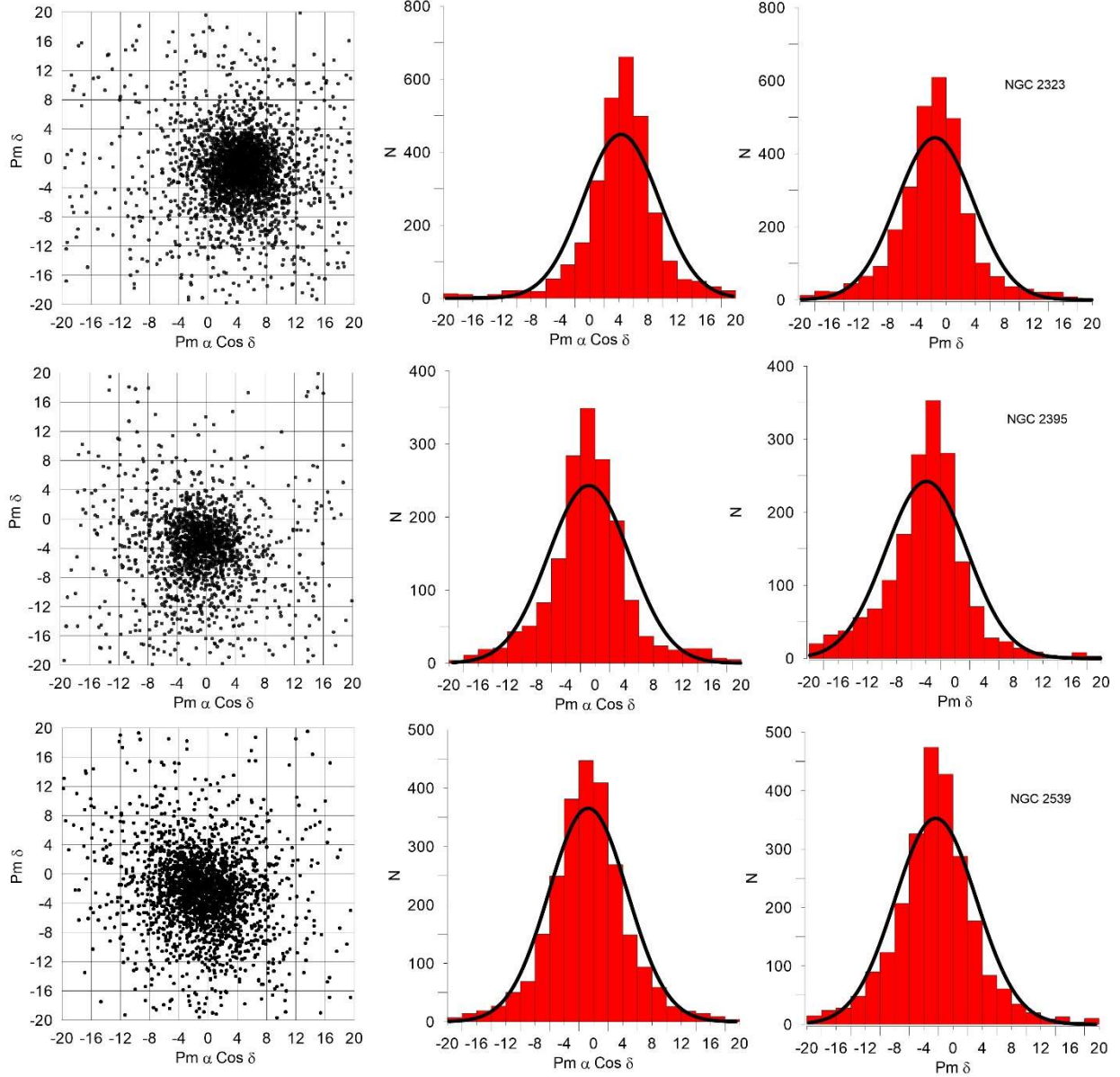
CCD fotometri indirgemeleri ve dönüşümleri Açıklık ve PSF tekniği ile IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programındaki genel indirgeme teknikleri ve paketleri kullanılarak yapılmıştır. Diğer taraftan 2MASS JHK_s verileri öz hareket verileriyle birlikte küme merkezinden yaklaşık 20 yaydakika'lık bölge için PPMXL kataloğundan alınmıştır (Sktutskie, M. F.,

*Sorumlu Yazar E-Posta: k.yonca61@gmail.com

ve ark., 2006; Röser, H., J., ve ark., 2010)

Buna göre bu üç küme için üye yıldızlar belirlenirken ilk olarak küme içerisindeki her bir yıldız için PPMXL kataloğundan alınan sağ açıklık ve dik açıklığa göre öz hareket verilerinden belirsizliği ≥ 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 kadirde büyük olan J, H ve K_s verileri çıkarılmıştır (Tadross, A., 2011).

NGC2323, NGC2395, NGC2539 kümelerinin merkezi koordinatlarından yaklaşık 20 yaydık'lık bir alan içerisinde kalan bölgede PPMXL kataloğundan alınmış veriler üzerinden Şekil 2.1'deki gibi bir dağılım elde edilmiştir. Burada "Pm($\alpha\cos\delta$)" ve "Pm(δ)" sağ açıklık ve dik açıklığa göre öz hareketleridir. Her bir histograma Gauss fonksiyonu uygulandıktan sonra da $\pm 1\sigma$ standart sapma değeri içerisinde kalan öz hareket verileri kümenin olası üyeleri olarak kabul edilmiştir. Bu standart sapma dışında kalan yıldızlar hem UBVR_IC hem de JHK_s veri setlerinden ayıklanmıştır. Öz hareket verileri için elde edilen Gauss fonksiyonlarının maksimumları ve standart sapmaları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

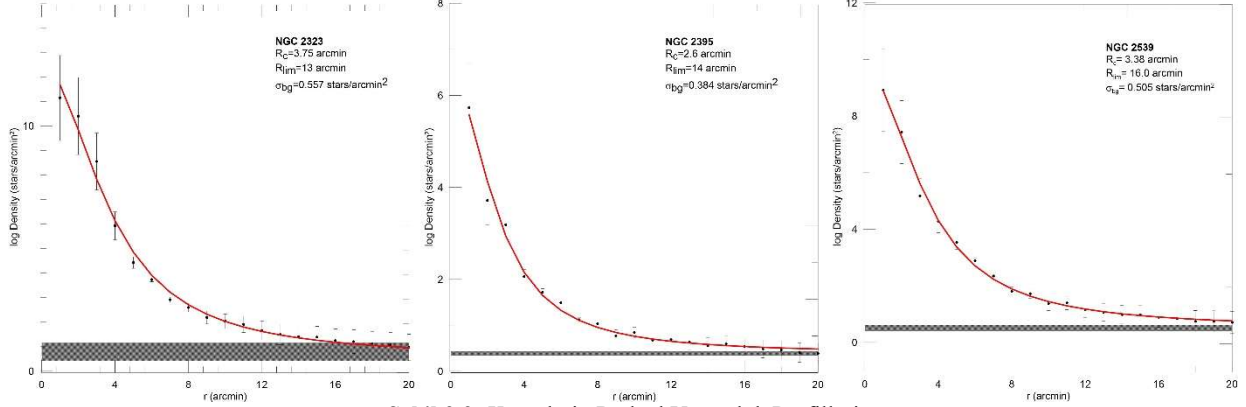


Şekil 2.1: Kümelerin öz hareket dağılımları.

Çizelge 2.1: Öz hareket verileri için elde edilen Gauss fonksiyonlarının maksimumları ve standart sapmaları

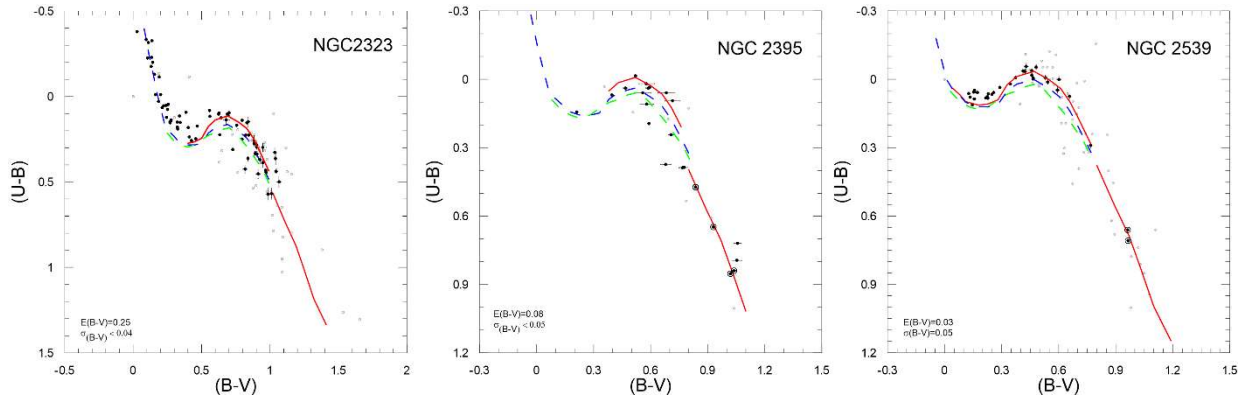
Küme	pmRA $\pm 1\delta$	pmDEC $\pm 1\delta$
NGC2323	-0.33 \pm 10.61	-7.63 \pm 3.57
NGC2395	-5.95 \pm 4.42	-9.13 \pm 1.28
NGC2539	-0.72 \pm 5.49	-2.35 \pm 5.63

Kümelerin yapısal parametreleri küme üyesi yıldızların radyal sayı yoğunluklarını modelleyen üç parametrelilik King profiliyle belirlenmiştir. King profili; $\sigma(R) = \sigma_{bg} + \sigma_{ok} / (1 + (R/R_{core})^2)$ eşitliğiyle tanımlanır (Bonatto, C., Bica, E., 2009). Eşitlikteki σ_{bg} , σ_{ok} ve R_{core} parametreleri sırasıyla arka plan yıldız sayı yoğunluğunu, kümenin merkezi yüzey sayı yoğunluğunu ve kümenin çekirdek yarıçapını tanımlamaktadır. Şekil 2.2’de kümelere ait radyal yoğunluk profilleri görülmektedir. Burada sürekli kırmızı çizgi King fitini, dikey eksen ise yıldız sayı yoğunluğunu temsil etmektedir. Buna göre her bir küme için bulunan alan yıldız yoğunluğu σ_{bg} , kümenin merkezi sayı yoğunluğu σ_{ok} ve çekirdek yarıçapı R_{core} diyagramların sağ üst kısmında verilmiştir.



Şekil 2.2: Kümelerin Radyal Yoğunluk Profilleri

Kümelerin yıldızlararası kızarması belirlenirken iki renk diyagramında hem dev hem de cüce yıldızlar olmak üzere oldukça geniş renk indekslerini içine almasından dolayı Schmidt-Kaler (1982) (SK) gözlemsel sıfır yaş anakolu kullanılmıştır. Diğer taraftan metal bolluğu belirlenirken $[M/H] = +0.12$ ile $+0.14$ dex arasında Güneş’in metal bolluğuna çok yakın ve 625 ± 50 Myıl yaşındaki bir açık yıldız kümesi olan Hyades’e ait gözlemsel anakol kullanılmıştır (Sandage, A., 1969). Hyades anakolu kullanılırken, $0.3 < (B-V)_0 < 0.6$ aralığında metal azlığı gösteren parlak F tayf türünden yıldızların dağılımlarından belirlenen $\delta(U-B)$ morötesi tekniğinden faydalanılmıştır. Şekil 2.3’de görüldüğü gibi SK kızarmamış $(U-B) = 0 - (B-V) = 0$ anakolu, $(U-B)$ eksenini boyunca $(U-B) = 0 + 0.72 \times E(B-V) + 0.05 \times E(B-V)^2$ kadar, $(B-V)$ ekseninde ise $(B-V)_0 + E(B-V)$ kadar kızartılarak en iyi fit elde edilmiştir (Lata, S., ve diğ., 2012).



Şekil 2.3: Kümelerin renk-renk diyagramları. Burada yeşil kesikli çizgi Hyades anakolunu, mavi kesikli çizgi SK kolunu, kırmızı sürekli çizgi ise küme için elde ettiğimiz eş metal bolluğu çizgisini temsil etmektedir.

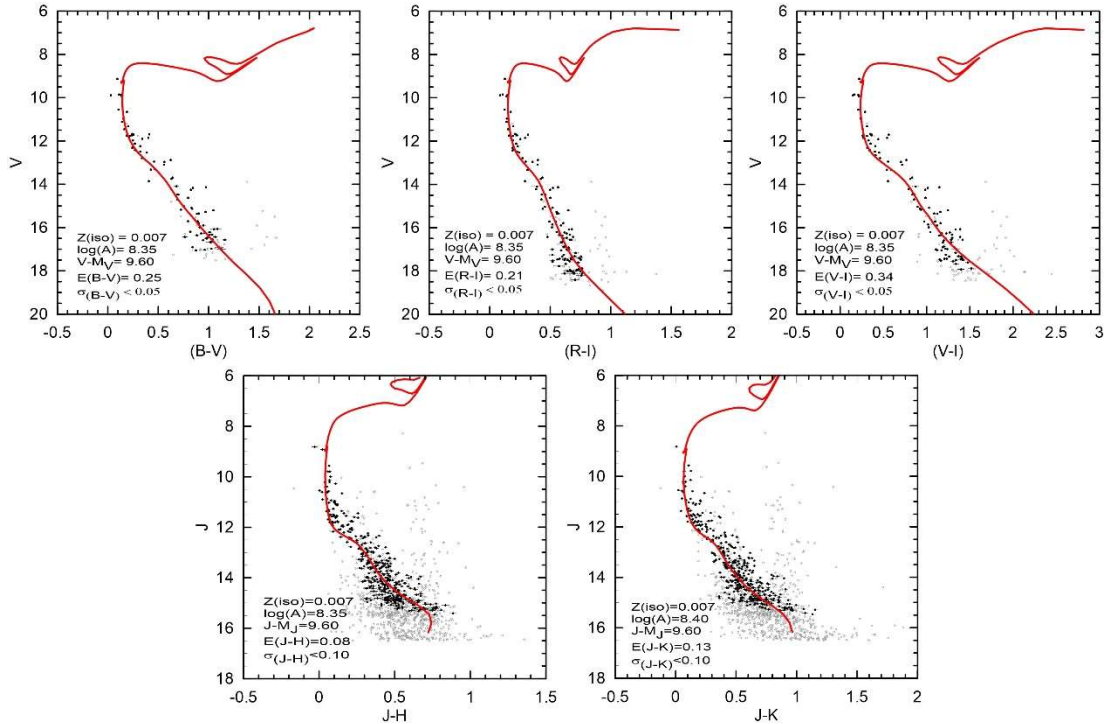
Fotometrik metal bolluğu $[M/H]$ ise F-tipi yıldızların Hyades koluna göre iki-renk diyagramındaki metal azlığı gösteren yıldızlardan hareketle $\delta(U-B)$ morötesi artışı belirlenir ve $(B-V)_0 = 0.6$ değerine normalize edilerek $[M/H] - \delta(U-B)_{0.6}$ dönüşümlerinden kümenin $[M/H]$ değeri belirlenir (Lata, S., ve ark., 2012). Daha sonra fotometrik metal bolluğu $Z = Z_{\odot} \cdot 10^{[M/H]}$ ifadesinden ağır element bolluğu Z' ’ye dönüştürülür. Bu yöntemle kümeler için belirlenen kızarma değerleri her bir küme için renk-renk diyagramlarında verilmiştir. Bu kızarma değerleri Şekil 2.3’de görüldüğü gibi kümelerin iki-renk diyagramındaki yıldız dağılımıyla oldukça uyumludur. Aynı zamanda bu kızarma değeri renk-kadir diyagramlarında kümenin ana kolu ile eş yaş çizgilerinin iyi bir şekilde fit olmasını sağlamaktadır. Şekil 2.3’de NGC2395 ve NGC2539 kümelerinde daire içerisinde belirtilen yıldızlar kümenin olası Kırmızı Dev (RG: Red Giant) yıldızlarını göstermektedir.

Çizelge 2.2: Kümelerin $\langle (B-V)_0 \rangle$ değerinde Hyades ve eşmetal eğrisi için $\langle (U-B)_0 \rangle$ ve $\langle (U-B)_{0,EM} \rangle$ değerleri verilmiştir.
EM sembolü, eş metal

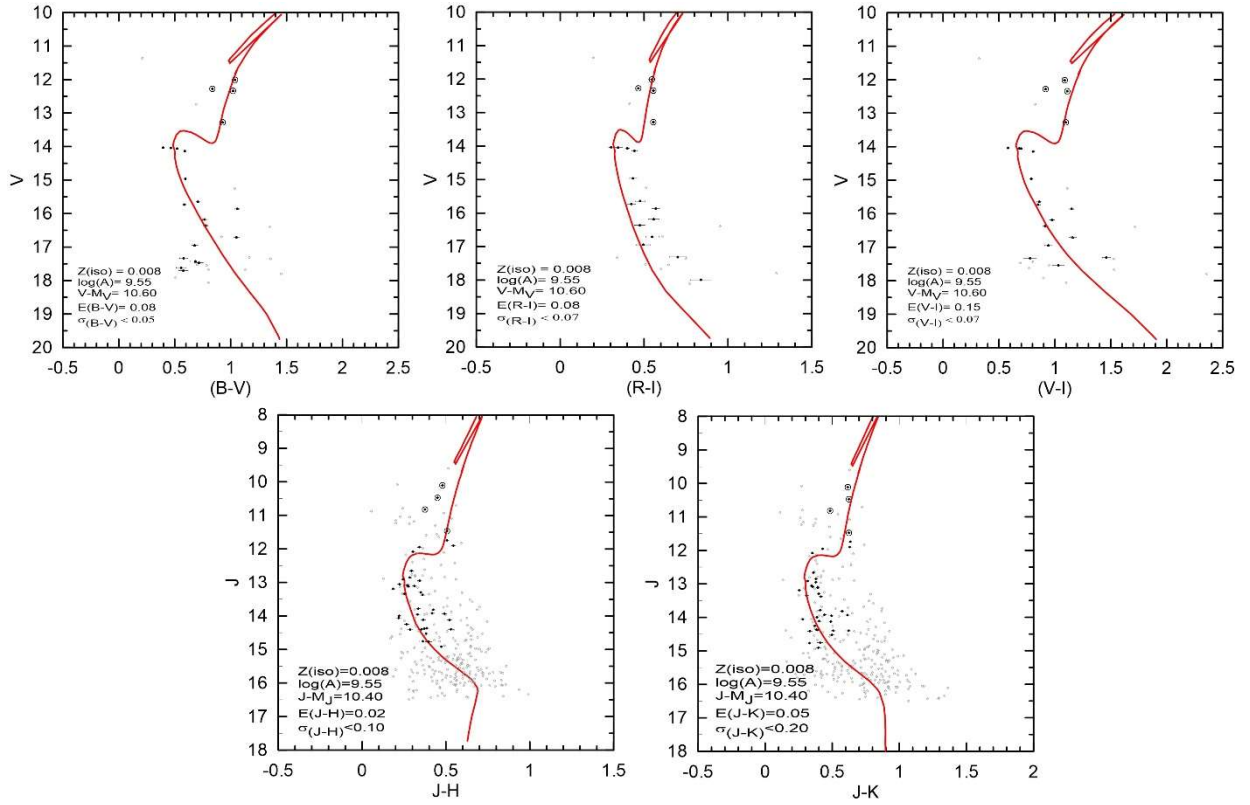
bolluğu anlamına gelmektedir $\delta(U-B)$ morötesi artışı, $\delta_{0.6}$
ise $(B-V)_0 = 0.6$ 'ya normalize edilmiş morötesi
artıklarıdır. $[M/H]$, Z kümelerin metal ve ağır element bollukları

Küme	$\langle(B-V)_0\rangle$	$(U-B)_0$	$\langle(U-B)_{0,EM}\rangle$	$\delta(U-B)_0$	$\delta(0.6)$	$[M/H]$	Z
NGC2323	0.45	0	-0.065	0.065	0.074	-0.27	0.007
NGC2395	0.08	0.05	-0.03	0.08	0.087	-0.35	0.006
NGC2539	0.03	0.1	0.013	0.087	0.088	-0.36	0.006

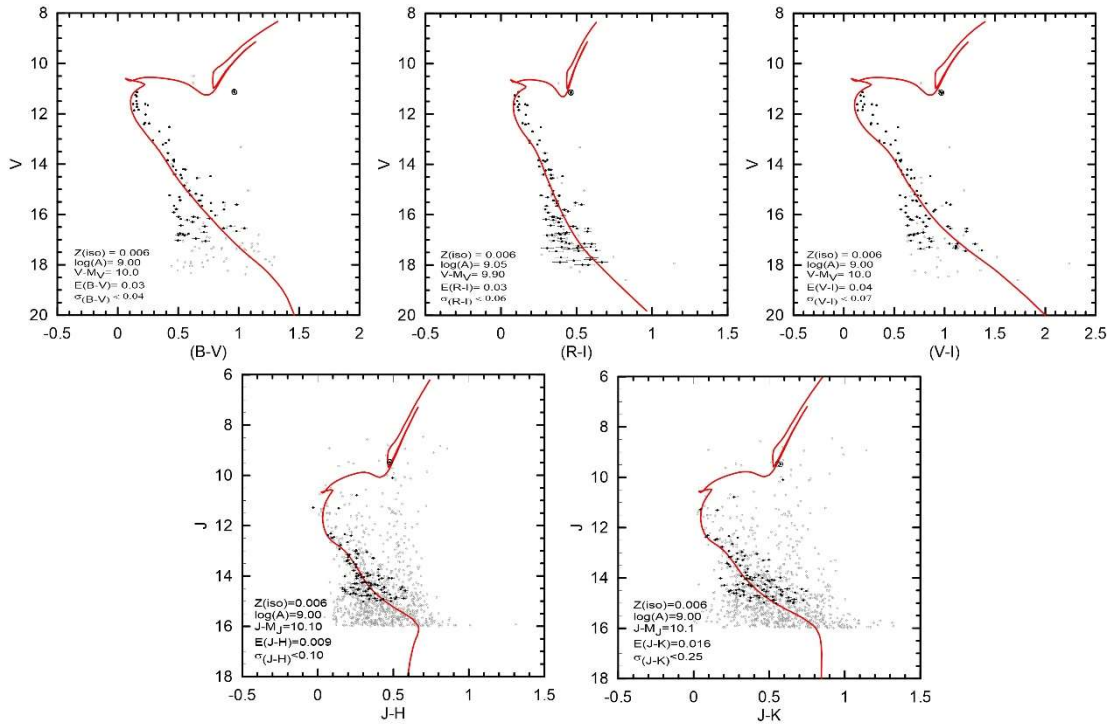
Kümelerin diğer parametrelerinin belirlenmesinde Bressan ve ark. (2012)'ne ait PARSEC eş yaş çizgileri kullanılmasından dolayı Güneş bolluğu $Z_{\odot}=0.015$ olarak alınmıştır. Açık yıldız kümelerinin (V-M V) uzaklık modülü, PARSEC teorik eş yaş eğrilerinin kümelerin V-(B-V), V-(R-I), V-(V-I), J-(J-H), J-(J-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 kümeler için uzaklık modülü ve yaşların tespitinde beş farklı renk-kadir diyagramı kümeler için belirlenen Z değerinde ki (bkz Çizelge 2.2) PARSEC eş yaş çizgileri ile fit edilmiştir. Kümeler için beş farklı diyagramda elde edilen yaş ve uzaklık modülü değerleri her bir kümenin renk-kadir diyagramlarında Şekil 2.4, Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da verilmiştir. Bu şekillerde görüldüğü gibi renk-kadir diyagramlarından üç tanesi (V-(B-V), V-(R-I), V-(V-I)) SPM'den alınan CCD UBVR_I fotometrisine ait iken diğer iki tanesi (J-(J-H), J-(J-K)) 2MASS JHK_s fotometrisine aittir. Her iki veri setinden elde edilen sonuçların birbirleriyle tutarlı olması analizlerimizin ve sonuçlarımızın güvenilirliğini kanıtlar niteliktedir. Şekiller'deki kırmızı çizgi kümenin yaşı için tahmini bir yaş değeri verir. Burada açık gri ile belirtilen yıldızlar küme limit yarıçapı içerisinde kalan ve PPMXL verilerinden itibaren temizlenmiş alan yıldızları ile gözlemsel hataları çok büyük olan küme üyesi olmayan yıldızları temsil etmektedir.



Şekil 2.4: NGC2323 açık yıldız kümesinin renk-kadir diyagramları.



Şekil 2.5: NGC2395 açık yıldız kümesinin iki renk diyagramı



Şekil 2.6: NGC2539 açık yıldız kümesinin iki renk diyagramı

3. Sonuçlar

-NGC2323, NGC2395 ve NGC2539 açık yıldız kümelerinin temel ve yapısal parametreleri hata değerleriyle birlikte ayrıntılı olarak Çizelge 3.1'de verilmiştir. Analizi yapılan bu üç kümeden iki tanesinde kümelere ait olabilecek kırmızı dev yıldızlarına diyagramlarda rastlanmıştır. NGC2395 kümesinde 4 RG, NGC2539 kümesinde 2 RG aday yıldızları renk-renk ve renk-kadir diyagramlarında rastlanmıştır. Çalışmanın bundan sonraki hedefleri arasında bu özel yıldızların tayfsal olarak incelenmesi vardır.

Çizelge 3.1: Kümelere ait E(B-V) renk artışı, metal ve ağır element bolluğu ([M/H], Z), (V-M_v)₀ uzaklık modülü ve d (kpc) uzaklık, (Log A, A) (A/yıl, Gyl) yaşa ait ortalama değerler ile R_{GC} (kpc) Galaksi merkezinden uzaklık değerleri.

Küme	l(°)	b(°)	E(B-V)	[M/H]	Z	(V-M _v) ₀	d(kpc)	Log(A)	A(Gyl)	R _{GC} (kpc)
NGC2323	221.672	-1.331	0.25±0.07	-0.27±0.14	0.007±0.03	9.60±0.03	0.883±0.01	8.36±0.04	0.22±0.02	3.75
NGC2395	204.605	13.988	0.08±0.07	-0.35±0.12	0.006±0.02	10.60±0.05	1.13±0.29	9.55±0.03	3.55±0.31	2.59
NGC2539	233.705	11.112	0.03±0.07	-0.36±0.06	0.006±0.08	9.00±0.04	1.001±0.01	9.00±0.04	1.01±0.01	3.38

4. Kaynaklar

- Schmidt-Kaler, T., 1982. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology, Springer, Berlin, 14-16 pp
- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S., Nanni, A., 2012. Parsec: stellar tracks and isochrones with the padova and trieste stellar evolution code,» Mon. Not. R. Astron. Soc., 427: 127-145.
- Clem, J.L., Landoldt, A., 2012. Faint UBVRI standard star fields, Astrophysical Journal Supplement Series, 146: 88-106.
- Akkaya, İ. Schuster, W. J., Michel, R., Chavarría, K. C. Moitinho, A., Vázquez, R., Karatas, Y., 2010. CCD UBVRI photometry of the galactic open clusters: Be 89, Ru 135, and Be 10, RevMex, 46: 385-430
- Akkaya Oralhan, İ., Karataş, Y., Schuster, W.J., Michel, R., Chavarría, K. C., 2015. CCD UBV(RI)C Photometry of twenty open clusters, New Astronomy, 34: 195-210.
- Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., Weinberg, M. D., Schneider, S., Carpenter, J. M., Beichman, C., Capps, R., Chester, T., Elians, J., 2006. The two micron all sky survey (2MASS), Astrophysical Journal Supplement Series, 131: 1163-1183
- Röser, H. J., Hippelein, H., Wolf, C., Zatloukal, M., Falter, S., 2010. The heidelberg infrared optical cluster survey, Astronomy&Astrophysics, 513: 15.
- Tadross, A., 2011. A catalog of 120 NGC open star cluster, Journal of The Korean Astronomical Society, 44: 1-11
- Arnaud, K. A. 1996, Astronomical Data Analysis Software and Systems V, edit. G. H. Jacoby & J. Barnes, ASP Conf. Ser., 101, 17
- Bonatto, C., Bica, E., 2009. Probing the age and structure of the nearby very young open clusters NGC 2244 and NGC 2239, Mon. Not. R. Astron. Soc., 394: 2127-2140.
- Sandage, A., 1969. Isochrones, ages, curves of evolutionary deviation, and the composite C-M diagram for old galactic clusters, Astrophysical Journal Supplement Series, 158: 1115-1136.
- Lata, S., Pandey, A. K., Sagar, R., Mohan, V., 2012. Integrated photometric characteristics of galactic open star cluster, Astronomy&Astrophysics, 388: 158-167.