





NGC 1193 ve NGC 1798 Açık Kümelerinin CCD UBV ve Gaia Analizleri

Seval Taşdemir¹  , Talar Yontan² , Selçuk Bilir² 

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, İstanbul 34116, Türkiye

² İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul 34119, Türkiye

Accepted: December 16, 2022. Revised: December 11, 2022. Received: November 5, 2022.

Özet

Bu çalışmada, NGC 1193 ve NGC 1798 yaşlı açık kümelerinin fotometrik, astrometrik ve kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde *Gaia* uydusunun üçüncü erken veri sürümüyle (*Gaia* EDR3) CCD UBV gözlemsel verileri birlikte kullanılmıştır. Kümeye üye yıldızların belirlenmesinde, yıldızların astrometrik verilerinden faydalanılmıştır. Üyelik olasılığı % 50'den büyük veya eşit olan yıldızlara ağırlık verilerek kümelerin temel astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin $E(B-V)$ renk artıkları, sırasıyla, 0.150 ± 0.037 ve 0.505 ± 0.100 kadir olarak elde edilmiştir. Anadol bandı içinde bulunan F ve G tayf türündeki yıldızların $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ renk indeksleri **Karaali ve diğ. (2011)**'in fotometrik metal bolluğu bağıntısı kullanılarak NGC 1193 için $[Fe/H] = -0.30 \pm 0.06$ dex ve NGC 1798 için de $[Fe/H] = -0.20 \pm 0.07$ dex hesaplanmıştır. Kümelerin renk-parlaklık diyagramları üzerine PARSEC eş-yaş eğrilerinin fit edilmesiyle hesaplanan uzaklık ve yaş değerleri NGC 1193 için, sırasıyla, 5562 ± 381 pc ve 4.6 ± 1 Gyl, NGC 1798 için de 4451 ± 728 pc ve 1.3 ± 0.2 Gyl olarak tayin edilmiştir. Kinematik ve dinamik yörünge hesapları NGC 1193 kümesinin kalın disk ve NGC 1798 açık kümesinin ise ince disk popülasyonuna ait olduğunu göstermiştir.

Abstract

We present photometric, astrometric, and kinematic studies of the old open star clusters NGC 1193 and NGC 1798. Both of the clusters are investigated by combining data sets from *Gaia* Early Data Release 3 (EDR3) and CCD UBV observational data. $E(B-V)$ color excesses are derived for NGC 1193 as 0.150 ± 0.037 and for NGC 1798 as 0.505 ± 0.100 mag through the use of two-color diagrams. Using photometric metallicity equation of **Karaali ve diğ. (2011)**, the metallicity of the clusters are determined from two-color diagrams with the results of $[Fe/H] = -0.30 \pm 0.06$ dex for NGC 1193 and $[Fe/H] = -0.20 \pm 0.07$ dex for NGC 1798. The isochrone fitting distance and age of NGC 1193 are 5562 ± 381 pc and 4.6 ± 1 Gyr, respectively. For NGC 1798, these parameters are 4451 ± 728 pc and 1.3 ± 0.2 Gyr. Kinematic and dynamic orbital calculations indicate that NGC 1193 and NGC 1798 belong to the thick-disk and thin-disk populations, respectively.

Anahtar Kelimeler: Open Clusters: NGC 1193, NGC 1798, Stars: H-R Diagram, Galaxy: Milky Way

1 Giriş

Bir grup yıldızın zayıf kütleçekim kuvvetiyle bir arada kalması sonucu oluşan yapılar açık küme olarak adlandırılır. Küme içindeki yıldızlar aynı molekül bulutunun çökmesi sonucu oluştuğu için küme yıldızlarının, uzaklık, metal bolluğu ve yaş gibi temel astrofizik parametreleri birbirleriyle benzerlik gösterirken, kütleleri birbirlerinden farklıdır. Bu özellikleriyle açık kümeler Galaksimizin disk yapısının, oluşumunun ve evriminin araştırılmasında çok önemli bir araç olarak kullanıldıkları gibi yıldız evrim modellerine olan bakış açımızı da geliştirecek fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca yaşlı açık kümelerin incelenmesi Galaksi diskinin kinematik ve kimyasal yapısına dair araştırmacılara ışık tutmaktadır (**Friel 1995**).

Bu çalışmada, CCD UBV fotometrik ile *Gaia* fotometrik ve astrometrik verileri bir arada kullanılarak NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin temel astrofizik parametreleri bağımsız yöntemler ile elde edilmiştir.

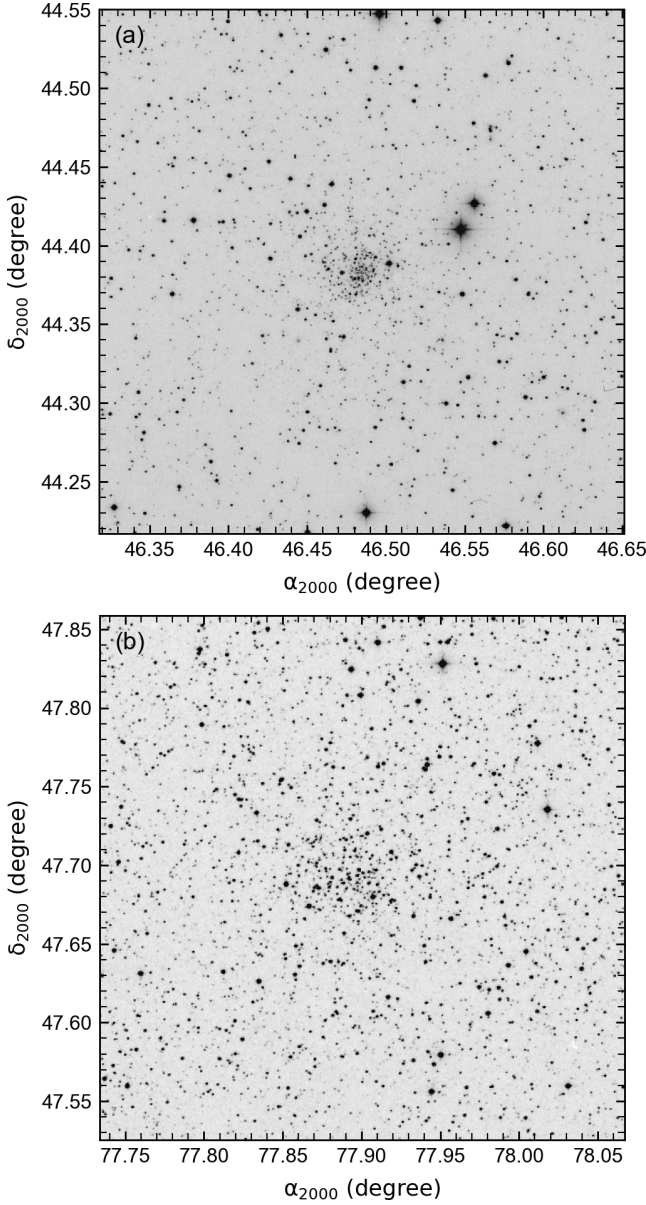
2 Veri

NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin gözlemleri, **San Pedro Martir Gözlemevinde** Galaktik yıldız kümelerinin UBVR fotometrik araştırması üzerine devam eden çalışmanın bir parçası olarak gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerde 84 cm ayna çaplı Ritchey-Chrétien kurgulu teleskop ($f/15$) kullanılmıştır.

NGC 1193 açık kümesinin fotometrik gözlemleri 19/09/2013 tarihinde 2048×2048 pikseli (7.4×9.3) ESOPO CCD kamerasıyla gerçekleştirilmiştir. Küme doğrultusundaki parlak ve sönük nesnelerin gözlemleri için kısa ve uzun poz süreleri kullanılmıştır. Filtrelerde tercih edilen poz süreleri şöyledir: *V* bandı için 6, 30, 200 s, *B* bandı için 30, 100, 700 s, *U* bandı için 60 ve 1800 s. NGC 1798 açık kümesinin fotometrik gözlemleri 01/11/2009 tarihinde 1024×1024 piksel boyutlu (6.8×6.8) SITE3 CCD kamerasıyla gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerde *V* bandı için 6, 30 ve 200 s, *B* bandı için 30, 100 ve 700 s ve *U* bandı için 60 ve 1800 s poz süreleri kullanılmıştır. İki kümenin alan görüntüleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Landolt'un standart yıldızları (**Landolt 2009**) atmosferik sönümleme katsayısının duyarlı şekilde belirlenebilmesi için meridyende ve yaklaşık iki farklı hava kütleğinde gözlenmiştir. Düz alan (flat) görüntüleri her gözlem gecesinin başlangıcında

* tasdemir.seval@ogr.iu.edu.tr



Şekil 1. NGC 1193 (a) ve NGC 1798 (b) açık kümelerinin Leicester veritabanı ve arşiv servisinden alınan görüntüleri.

ve sonunda, sıfır görüntüleri ise (bias) küme gözlemleri esnasında alınmıştır. Veri indirgeme işlemleri IRAF/DAOPHOT paketlerinde (Stetson 1987) yer alan nokta yayılım fonksiyonu (PSF) fotometrisiyle gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin astrometrik, fotometrik ve kinematik analizlerini gerçekleştirirken yer tabanlı CCD *UBV* verileriyle birlikte *Gaia* fotometrik ve astrometrik verileri kullanılmıştır. *Gaia* uydusunun üçüncü erken veri sürümü (*Gaia* işbirliği 2021) 1.5 milyar nesne için yüksek kalitede astrometrik ve fotometrik veri sağlamaktadır. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) tarafından hazırlanan kataloglarda kümelere ait koordinat verileri kullanılarak her bir küme için küme merkezinden itibaren 20 yay dakikalık alan içindeki bütün yıldızların *Gaia* EDR3 verileri belirlenmiştir (NGC 1193 için $\alpha=03^h05^m56^s.64$, $\delta=+44^\circ22'58''.80$ ve NGC 1798 için $\alpha=05^h11^m39^s.36$,

$\delta=+47^\circ41'27''.60$). Böylece $7 < G < 23$ kadir parlaklık aralığında NGC 1193 için 9141 yıldız, $8 < G < 21$ kadir parlaklık aralığında NGC 1798 için ise 14834 yıldız elde edilmiştir. Küme alanlarında bulunan kaynakların fotometrik ve astrometrik verilerini içeren kataloglarının oluşturulabilmesi için nesnelerin *Gaia* EDR3 veri tabanındaki ekvatorial koordinatlarıyla *UBV* filtrelerinde gözlenen ekvatorial koordinatları 5 yay saniyesinden küçük olacak şekilde eşleştirilmiştir.

3 Kümeye Üyelik Olasılıklarının Belirlenmesi

Yıldızların kümelere üye olma olasılıklarının belirlenmesinde *upmask* python kodu kullanılmıştır (*Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Cluster*, Krone-Martins ve Moitinho 2014). *upmask* küme doğrultusundaki yıldızların öz hareket, trigonometrik paralaks ve fotometrik verilerini göz önünde bulundurarak *k*-means kümeleme algoritmasıyla yıldızların kümeye üyelik olasılıklarını (*P*) belirleyen bir programdır. Analizler sonucunda NGC 1193 ve NGC 1798 için *k*-means değerleri, sırasıyla, 12 ve 15 olarak belirlenmiştir. Kümenin en olası üyelerinin seçilmesinde $P \geq 0.5$ değeri dikkate alınarak NGC 1193 ve NGC 1798 için, sırasıyla, 215 ve 218 yıldız ulaşılmıştır.

4 Astrofizik Parametreleri

4.1 Renk Artığı

NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümeleri doğrultusundaki $E(U-B)$ ve $E(B-V)$ renk artıklarının belirlenmesinde kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan anakol yıldızları ile Sung ve diğ. (2013)'nin Güneş metal bolluğundaki sıfır yaş anakolu (ZAMS) $(U-B) \times (B-V)$ iki-renk diyagramlarına (TCD) yerleştirilmiştir. Küme doğrultusundaki renk artıklarının belirleyebilmek için ZAMS eğrisi TCD üzerinde $0 \leq E(B-V) \leq 1.5$ kadir aralığında 0.001 adım ile Garcia ve diğ. (1988)'nin

$$E(U-B) = 0.72 \times E(B-V) + 0.05 \times E(B-V)^2$$

bağıntısına göre kaydırılmış ve her bir adımda küme üyesi yıldızların konumları χ^2 metoduyla incelenmiştir. Bu analize göre NGC 1193 ve NGC 1798 kümeleri için en uygun $E(B-V)$ renk artığı değerleri, sırasıyla, 0.150 ± 0.037 ve 0.505 ± 0.100 kadir hesaplanmıştır.

4.2 Metal Bolluğu

Kümelere metal bolluklarının hesaplanmasında Karaali ve diğ. (2011)'nin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonu kullanılmıştır. Kalibrasyon, F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının UV-morötesi artıklarının tayfsal yöntemler ile belirlenmiş metal bollukları arasındaki bağıntıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kümeye üye olma olasılığı yüksek yıldızların ($P \geq 0.5$) kızarmadan arındırılmış renkleri $(B-V)_0$ ve $(U-B)_0$ hesaplandıktan sonra $0.3 \leq (B-V)_0 \leq 0.6$ renk indeksi aralığındaki (Eker ve diğ. 2018) F ve G tayf türünden anakol yıldızları seçilmiştir. Küme yıldızları ve Hyades anakolu arasında aynı $(B-V)_0$ renk indeksine karşılık gelen $(U-B)_0$ değerlerinin farkını belirlemek için $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ TCD'si kullanılmıştır. Bu fark UV-morötesi artığı değeri olup $\delta = (U-B)_{0,H} - (U-B)_{0,S}$ bağıntısıyla ifade edilmektedir. Burada H ve S, sırasıyla, Hyades ve küme yıldızını temsil etmektedir. Karaali ve diğ. (2011)'nin kalibrasyonu ile NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümeleri için fotometrik metal

Çizelge 1. NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin yapısal, astrofizik ve dinamik yörünge parametreleri. Koordinatlar J2000 epöğündadır.

Parametre	NGC 1193	NGC 1798
α (hh:mm:ss)	03:05:56.64	05:11:39.36
δ (dd:mm:ss)	+44:22:58.80	+47:41:27.60
l ($^\circ$)	148.8143	160.7043
b ($^\circ$)	-12.1624	+04.8500
f_0 (yıldız/yaydk ²)	166.865±1.573	53.597±3.789
r_c (yaydk)	0.526±0.009	1.190±0.057
f_{bg} (yıldız/yaydk ²)	5.225±0.124	11.318±0.321
r_{lim} (yaydk)	8	8
r (pc)	12.95	10.36
$\mu_\alpha \cos \delta$ (mas/yıl)	-0.207±0.009	0.793±0.006
μ_δ (mas/yıl)	-0.431±0.008	-0.373±0.005
Küme üyesi ($P \geq 0.5$)	361	428
ϖ (mas)	0.191±0.157	0.203±0.099
$E(B-V)$ (kadir)	0.150±0.037	0.505±0.100
$E(U-B)$ (kadir)	0.109±0.027	0.376±0.073
A_V (kadir)	0.465±0.084	1.566±0.310
Fe/H] (dex)	-0.30±0.06	-0.20±0.07
t (Gyıl)	4.6±1.0	1.3±0.2
Uzaklık modülü (kadir)	14.191±0.149	14.808±0.332
Yaş eğrisinden uzaklık (pc)	5562±381	4451±728
X_\odot (pc)	-4651	-4186
Y_\odot (pc)	2815	1466
Z_\odot (pc)	1172	376
R (kpc)	12.96	12.27
Kütle fonksiyonunun eğimi	-1.38±2.16	-1.30±0.21
V_r (km/s)	-84.7±0.2	2.7±0.8
U_{LSR} (km/s)	79.78±0.29	1.65±1.51
V_{LSR} (km/s)	-33.43±0.35	-0.45±2.30
W_{LSR} (km/s)	12.13±0.62	15.70±1.70
S_{LSR} (km/s)	87.35±0.77	15.79±3.23
R_a (kpc)	14.44±0.34	14.11±0.30
R_p (kpc)	10.80±0.43	11.72±0.50
z_{max} (pc)	1342±77	725±148
e	0.144±0.008	0.092±0.011
T (Myıl)	370±12	381±23
Doğum yeri (kpc)	10.86	11.82

bolluğu değerleri, sırasıyla, $[Fe/H]=-0.30 \pm 0.06$ dex ve $[Fe/H]=-0.20 \pm 0.07$ dex olarak hesaplanmıştır.

4.3 Uzaklık Modülü ve Yaş

Kümelerin uzaklık modülü ve yaşları, renk-parlaklık diyagramları (CMD) üzerindeki üye yıldızların konumlarını en iyi ifade eden parsec eş-yaş eğrilerinin (Bressan ve diğ. 2012) eş-zamanlı analizleri ile tayin edilmiştir. Kümelerin bu çalışmada hesaplanan metal bollukları, ağır element (z) bolluklarına çevrilerek parsec eş-yaş eğrileri Padova grubunun web sayfasından farklı yaşlar için alınmıştır. Daha sonra kümelerin üye yıldızları ($P \geq 0.5$) $V \times (U-B)$, $V \times (B-V)$ ve $G \times (G_{BP} - G_{RP})$ CMD'lere işaretlenmiş ve Padova grubundan sağlanan eş-yaş eğrileriyle eşleştirilmiştir. Bu yöntem ile NGC 1193 ve NGC 1798 için hesaplanan uzaklık modülleri ve yaş değerleri, sırasıyla, 14.191 ± 0.149 kadir ve 4.6 ± 1 Gyıl ve 14.808 ± 0.332 kadir ve 1.3 ± 0.2 Gyıldır. İki küme için oluşturulan CMD'lerine ve küme üyesi yıldızlara fit edilen eş-yaş eğrileri Şekil 2'de gösterilmiştir.

4.4 Kinematik ve Galaktik Yörünge Analizleri

Kümelerin uzay hızı bileşenleri ve galaktik yörünge parametrelerinin tayin edilebilmesi için galpy (The Galactic Dynamics Library, Bovy 2015) programı kullanılmıştır. Kinematik ve dinamik yörünge parametrelerinin hesaplanmasında kümelerin ekvatorial koordinatları, öz hareket bileşenleri, uzaklık ve radyal hız verileri hatalarıyla birlikte dikkate alınmıştır (bkz. Çizelge 1). Kümelerin öz hareket bileşenleri ve uzaklıkları bu çalışmada belirlenmişken, radyal hız verileri Donor ve diğ. (2020)'den alınmıştır. Kinematik analizde yerel durağanlık standardı (LSR) için Coşkunoğlu ve diğ. (2011) tarafından verilen $(U, V, W)_{LSR} = (8.83 \pm 0.24, 14.19 \pm 0.34, 6.57 \pm 0.21)$ km s⁻¹ değerleri kullanılmıştır. NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümeleri için $(U, V, W)_{LSR}$ uzay hızı bileşenleri, sırasıyla, $(79.78 \pm 0.29, -33.43 \pm 0.35, 12.13 \pm 0.62)$ ve $(1.65 \pm 1.51, -0.45 \pm 2.30, 15.0 \pm 1.70)$ km s⁻¹ hesaplanmıştır. NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin toplam uzay hızları

$$S_{LSR} = \sqrt{U_{LSR}^2 + V_{LSR}^2 + W_{LSR}^2}$$

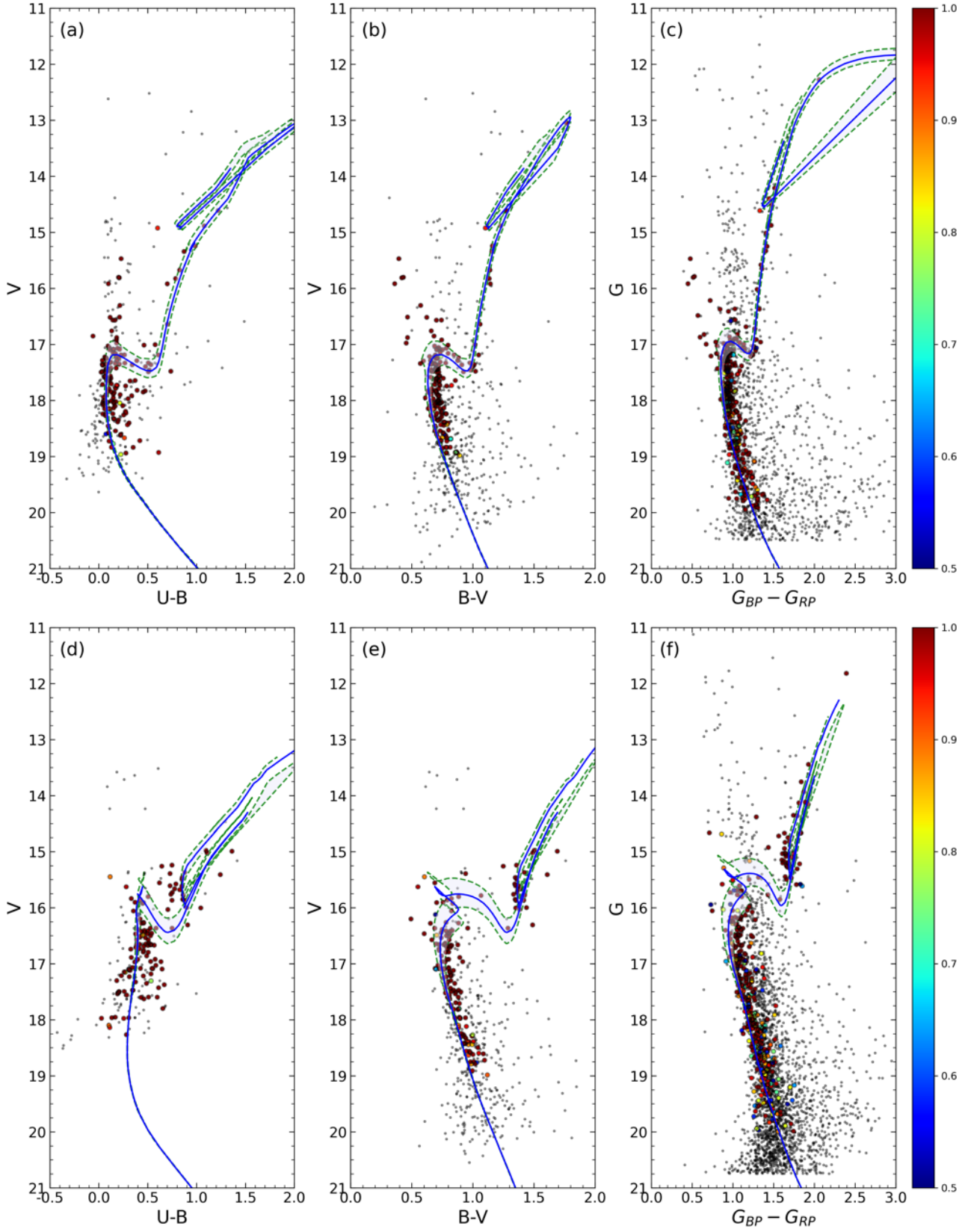
bağıntısı kullanılarak, sırasıyla, 87.35 ± 0.77 ve 15.79 ± 3.23 km s⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu toplam uzay hızı değerleri göz önüne alındığında, NGC 1193 açık kümesinin kalın disk popülasyonuna, NGC 1798'in ise ince disk popülasyonuna ait olduğu saptanmıştır.

İncelenen kümelerin Galaktik yörünge parametrelerinin hesaplanmasında, Samanyolu için özel hazırlanan ve simetrik potansiyeller içeren MWPotential2014 kodu kullanılmıştır. Hesaplamalarda kümelerin kapalı yörüngelerinin oluşturulması için 3.5 Gyıllık bir zaman döngüsünde 1 Myıllık adımlar kullanılmıştır. Bu kod yardımıyla kümelerin Galaksi merkezine yaklaşılabilecekleri en yakın (R_p) ve en uzak mesafeler (R_a), yörünge basıklıkları (e), Galaktik düzlemde ulaşabildikleri en büyük dik uzaklıklar (Z_{max}), Galaksi merkezi etrafındaki dolanım periyotları (T) hesaplanmış ve Çizelge 1'de listelenmiştir. Kümelerin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemde uzaklaşılabilecekleri en büyük uzaklıklar Şekil 3'de gösterilmiştir. NGC 1193 açık kümesi Galaksi merkezi etrafındaki yolculuğuna $10.80 < R < 14.44$ kpc uzaklık içinde devam ederken, NGC 1798 açık kümesi ise bu yolculuğunu $11.72 < R < 14.11$ kpc'lik mesafe içinde sürdürmektedir. Bu sonuçlar iki kümenin Güneş çemberinin dışında metalce fakir bir bölgede oluştuğunu göstermektedir.

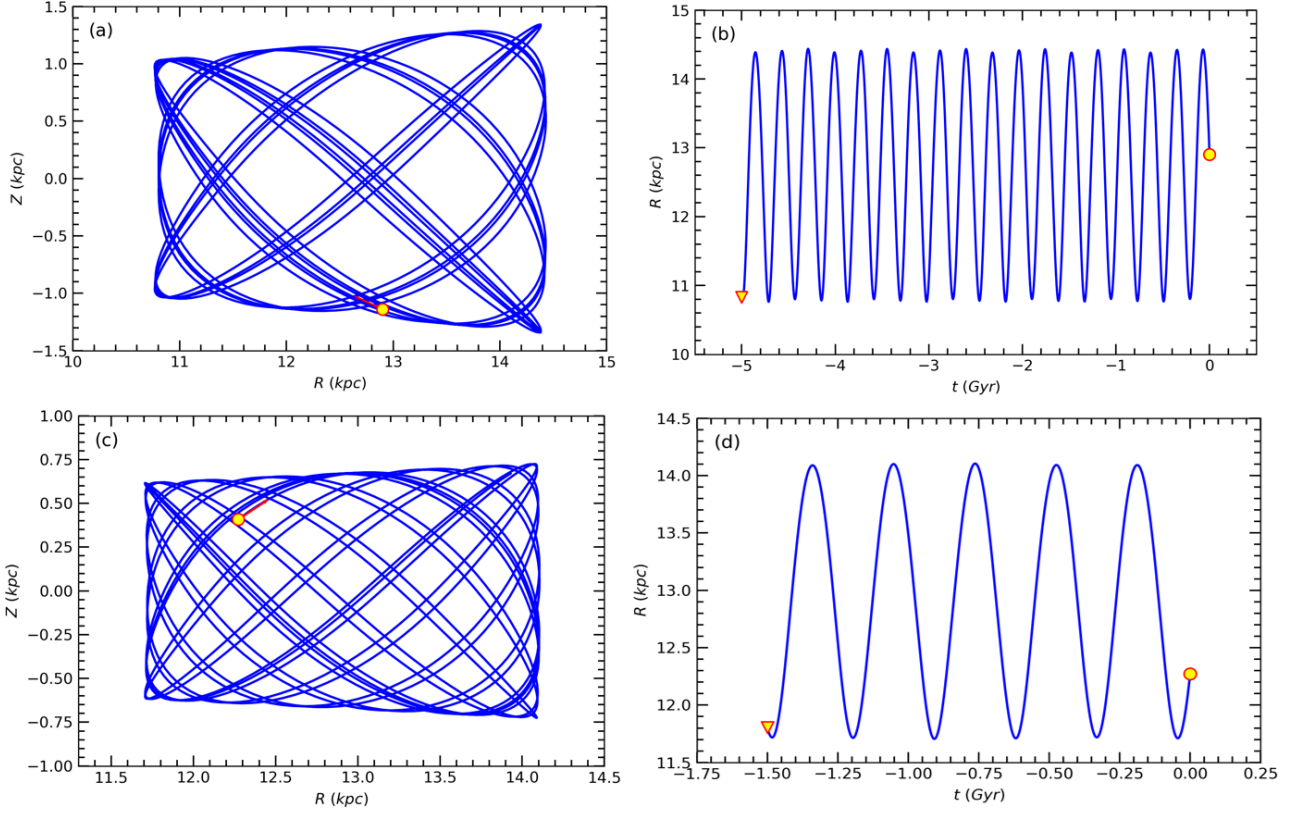
5 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, iki açık kümenin CCD UBV ve $Gaia$ EDR3 fotometrik ve astrometrik verileri kullanılarak kümelerin temel astrofizik parametreleri, kinematik ve dinamik yörünge analizleri gerçekleştirilmiştir. Küme üyesi yıldızların belirlenmesinde UPMASK yazılımı kullanılmıştır (Krone-Martins ve Moitinho 2014). Küme üyeliği yüksek yıldızlara ($P \geq 0.5$) ağırlık verilerek kümelerin renk artıkları ve metal bollukları bağımsız yöntemler ile uzaklık modülleri ve yaşları ise eş-zamanlı bir yöntem kullanılarak tayin edilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 1'de listelenmiştir.

NGC 1193 kümesinin ilk CCD BV fotometrik çalışması Kaluzny (1988) tarafından gerçekleştirilmiş olup, renk artığı ve uzaklığı, sırasıyla, $0.12 \leq E(B-V) \leq 0.23$ kadir ve $4.2 \leq d \leq 4.9$ kpc aralığında verilmiştir. Ayrıca, araştırmacı kümenin uzaklık modülü, metal bolluğu ve yaş değerlerini de, sırasıyla, $Z =$



Şekil 2. NGC 1193 (a, b, c) ve NGC 1798 (d, e, f) açık kümelerinin renk-parlaklık diyagramları. Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları ($P \geq 0.5$) farklı renklerle gösterilmiştir. Gri noktalar düşük olasılıklı ($P < 0.5$) üye yıldızlarını veya alan yıldızlarını ($P = 0$) ifade etmektedir. Mavi renkli çizgiler parsec eş-yaş eğrilerini, taralı bölgeler de yaş eğrilerindeki hataları göstermektedir.



Şekil 3. NGC 1193 ve NGC 1798 açık kümelerinin $Z \times R$ ve $R \times t$ düzlemleri üzerindeki Galaktik yörünge parametreleri ve doğum yarıçapları. Sarı renkli çember ile üçgen sembolleri, sırasıyla, kümelerin bugünkü ve doğum zamanındaki konumlarını, kırmızı ok sembolü de açık kümelerin hareket vektörünü göstermektedir.

0.01, $(m - M)_V = 13.8$ kadir ve $t = 8 \times 10^9$ yıl olarak tayin etmiştir. Kaluzny (1988)'nin hesapladığı renk artışı aralığı dikkate alındığında, Çizelge 1'de verilen renk artışı değerini içermekte, uzaklık aralığı ise çalışmada verilen değer dışında kalmakta, ayrıca kümenin Çizelge 1'de verilen yaşı daha büyük tayin edilmiştir. Friel, Liu ve Janes (1989) küme üyesi beş yıldızın tayfsal gözlemlerinden kümenin ortalama radyal hızını $\langle V_r \rangle = -82 \text{ km s}^{-1}$ olarak hesaplamıştır. Bu radyal hız değeri, çalışmada kabul edilen $\langle V_r \rangle = -84.7 \pm 0.2 \text{ km s}^{-1}$ radyal hız değerine oldukça yakındır.

Park ve Lee (1999) NGC 1798 açık kümesinin ilk CCD $UBVI$ fotometrik gözlemlerini gerçekleştirmiş olup, renk artışı, uzaklık, metal bolluğu ve yaş değerlerini, sırasıyla, $E(B-V) = 0.51$ kadir, $d = 1.4 \pm 0.3 \text{ kpc}$, $[Fe/H] = -0.47 \pm 0.15 \text{ dex}$ ve $t = 1.4 \pm 0.2 \text{ Gyr}$ olarak tayin etmiştir. Bu çalışmada belirlenen renk artışı Park ve Lee (1999)'in değeriyle uyumluysen, metal bolluğu verisi değerinin dışında kalmaktadır. Donor ve diğ. (2020) sekiz küme üyesi yıldızın APOGEE DR16 tayfsal verisini kullanmış ve kümenin ortalama radyal hız değerini $\langle V_r \rangle = 2.7 \pm 0.8 \text{ km s}^{-1}$ olarak hesaplamıştır. Bu çalışmada kümenin radyal hızı değeri Donor ve diğ. (2020)'den alınmıştır.

Çalışmada incelenen iki kümenin uzay hızı bileşenleri ve Galaktik yörünge parametreleri Galpy programıyla hesaplanmıştır (Bovy 2015). Açık kümelerin $Z_{\max} \times R$ diyagramlarındaki hareketlerinden basık yörüngeli oldukları, NGC 1193'nin kalın disk ve NGC 1798'nun ise ince disk popülasyonuna üye oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca kümelerin bugünkü yaşlarından doğum yaşına doğru geriye hareket

ettirildiğinde Güneş çemberinin dışında oluştukları tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S. Nanni, A., 2012, MNRAS, 427, 127
 Bovy, J., 2015, ApJS, 216, 29
 Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., ve diğ., 2020, A&A, 640, A1
 Coşkunoğlu, B., Ak S., Bilir, S., ve diğ., 2011, MNRAS, 412, 1237
 Donor, J., Frinhaboy, P. M., Cunha, K., ve diğ., 2020, AJ, 159, 199
 Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., ve diğ., 2018, MNRAS, 479, 5491
 Friel, E. D., Liu, T., Janes, K. A., 1989, PASP, 101, 1105
 Friel, E. D., 1995, ARA&A, 33, 381
 Gaia işbirliği, Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T., ve diğ., 2021, A&A, 649, 1
 Garcia, B., Claria, J. J. Levato, H., 1988, Ap&SS, 143, 317
 Kaluzny, J., 1988, AcA, 38, 339
 Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoğlu, B. 2011, PASA, 28, 95
 Krone-Martins, Moitinho, A., 2014, A&A, 561, 57
 Landolt, A. U., 2009, AJ, 137, 4186
 Park, H. S., Lee, M. G., 1999, MNRAS, 304, 883
 Stetson, P. B., 1987, PASP, 99, 191
 Sung, H., Lim, B., Bessell, M. S., Kim, J. S., Hur, H., Chun, M. Park, B., 2013, JKAS, 46, 103

Access:

M23-0302: Turkish J.A&A — Vol.4, Issue 3.