

# NGC 1664 ve NGC 6939 Açık Kümelerinin Fotometrik ve Astrometrik İncelenmesi

Seliz Koç<sup>1</sup> \*, Selçuk Bilir<sup>2</sup> , Talar Yontan<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı, İstanbul 34116, Türkiye

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul 34119, Türkiye

Accepted: December 19, 2022. Revised: December 4, 2022. Received: November 13, 2022.

## Özet

Bu çalışmada, gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemeviden (TUG) yapılan NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin CCD *UBV* ve *Gaia* fotometrik ve astrometrik verileri kullanarak temel astrofizik parametreleriyle birlikte kinematik ve dinamik yörünge parametreleri hesaplanmıştır. *Gaia* Erken Veri Sürümü 3 (EDR3) kataloğundaki astrometrik veriler dikkate alınarak, iki küme alanında bulunan yıldızların üyelik olasılıkları belirlenmiştir. NGC 1664 ve NGC 6939 için  $E(B - V)$  renk artıkları, sırasıyla,  $0.190 \pm 0.018$  ve  $0.380 \pm 0.025$  kadir hesaplanmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939'un fotometrik metal bolluklarının tayininde, iki kümeye üye orta tayf türünden anakol yıldızlarının *UBV* fotometrik verileri dikkate alınmış olup, **Karaali ve diğ. (2011)**'nin fotometrik metal bolluğu bağıntısı kullanılmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin metal bollukları  $[Fe/H]$ , sırasıyla,  $-0.10 \pm 0.02$  dex ve  $-0.06 \pm 0.01$  dex hesaplanmıştır. Çalışmada belirlenen renk artığı ve metal bolluğu değerleri kullanılarak, en olası üye yıldızlardan oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarına PARSEC eş-yaş eğrileri fit edilmiş ve NGC 1664 ile NGC 6939 kümelerinin uzaklıkları ve yaşları, sırasıyla, ( $1289 \pm 47$  pc,  $675 \pm 50$  Myıl) ve ( $1726 \pm 87$  pc,  $1.5 \pm 0.2$  Gyl) hesaplanmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939'un kinematik ve dinamik yörünge parametreleri tayin edilmiş ve iki kümenin de doğum yerlerinin Güneş çemberi dışında olduğu belirlenmiştir.

## Abstract

In this study, the kinematic and dynamic orbital parameters of the clusters, together with the basic astrophysical parameters, were calculated using CCD *UBV* and *Gaia* photometric and astrometric data of the NGC 1664 and NGC 6939 open clusters which were observed in TÜBİTAK National Observatory (TUG). Considering the astrometric data in the *Gaia* Early Data Release 3 (EDR3) catalogue, the membership probabilities of the stars in the two cluster fields have been determined.  $E(B - V)$  color excess for NGC 1664 and NGC 6939 were calculated at magnitudes  $0.190 \pm 0.018$  and  $0.380 \pm 0.025$ , respectively. In the determination of the photometric metal abundances of NGC 1664 and NGC 6939, the photometric data of *UBV* of the middle spectral type stars belonging to the two clusters were taken into account and the photometric metal abundance relation of **Karaali ve diğ. (2011)** was used. The metal abundances of the NGC 1664 and NGC 6939 open clusters were calculated as  $-0.10 \pm 0.02$  dex and  $-0.06 \pm 0.01$  dex, respectively. By using the color excess and metal abundance values determined in the study, PARSEC isochrones were fitted to the color-magnitude diagrams formed from the most probable member stars, and the distances and ages of the NGC 1664 and NGC 6939 clusters were calculated ( $1289 \pm 47$  pc,  $675 \pm 50$  Myr) and ( $1726 \pm 87$  pc,  $1.5 \pm 0.2$  Gyr), respectively. By determining the kinematic and dynamic orbital parameters of the clusters, it was determined that the birthplaces of NGC 1664 and NGC 6939 are outside the solar circle.

**Anahtar Kelimeler:** Galaxy: general, open clusters and associations: individual: NGC 1664, open clusters and associations: individual: NGC 6939, Hertzsprung-Russell and colour-magnitude diagrams

## 1 Giriş

Açık kümeler, aynı molekül bulutunun çökmesi sonucunda benzer fiziksel koşullar altında oluşan yıldız topluluklarıdır. Kümedeki yıldızların birbirlerine zayıf çekimsel kuvvetler ile bağlı olmaları küme yıldızlarının uzaklık, yaş, kimyasal kompozisyon, konum ve uzay hızı bakımından benzer olmasını gerektirir (**Lada ve Lada 2003**). Küme doğrultusundaki yıldızların fotometrik, tayfsal ve astrometrik yöntemler ile elde edilen verilerinin analizleriyle hesaplanan uzaklık, renk artığı, metal bolluğu ve yaş gibi temel parametreler açık kümeleri Galaksi diskinin yapı, oluşum ve evriminin araştırılmasında önemli kılar.

Açık kümeler Samanyolu'nun spiral kollarının iç bölgelerinde parlak, genç ve sıcak yıldızlardan meydana gelir. Molekül bulutunun çökmesi ve kümeyi oluşturmasından sonra arta kalan madde açık kümenin iç ve dış kısımlarında görülen gaz ve tozu oluşturmaktadır. Galaktik düzlemde devam eden yıldız oluşumuyla birlikte açık kümelerin de evrimleri halen sürmektedir. Küme yıldızlarının birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetleri, Galaktik düzlemdeki molekül bulutlarının açık kümeler üzerine uyguladıkları çekimsel tedirginlikler gibi sebepler zaman içinde yıldızların kümeden ayrılmasına ve alan yıldızlarına karışmasına sebep olur.

Açık kümelerin dinamik özellikleri bakımından incelenmesi Galaksi evrimine dair önemli bilgiler elde edilmesini sağlar (**Moraux 2016; Gilmore ve diğ. 2012; Carraro ve Chiosi 1994**). Küme üyesi yıldızların duyarlı yöntemler ile tespit edilmesi,

\* seliskoc@gmail.com

kümelere astrometrik parametrelerinin yüksek doğrulukta belirlenmesinde önemlidir. Açık kümelerin parametreleri birçok çalışmada incelenmiş ve büyük kataloglar altında derlenmiştir (Sampedro ve diğ. 2017; Kharchenko ve diğ. 2013; Dias ve diğ. 2014; Röser, Demleitner ve Schilbach 2010; Dias ve diğ. 2002). Bu kataloglardaki açık kümelerin uzaklıkları, renk artıkları ve yaşları karşılaştırıldığında, parametreler arasında hala tutarsızlıklar bulunmaktadır (Netopil, Paunzen ve Carraro 2015). *Gaia* uydusundan elde edilen verilerin kullanılması, küme üyeliğinin büyük doğrulukla belirlenmesine ışık tutacaktır.

Bu çalışmada, CCD *UBV* fotometrik ile *Gaia* fotometrik ve astrometrik verileri bir arada kullanılarak NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin temel astrometrik parametreleri bağımsız yöntemler ile tayin edilmiş ve kümelerin kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 2 Veri

NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin yer tabanlı CCD *UBV* gözlemleri, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) gerçekleştirilmiştir. Gözlemlerde 100 cm ayna çaplı (T100) Ritchey-Chrétien kurgulu teleskop ( $f/10$ ) kullanılmıştır. Teleskobun odak düzleminde  $4k \times 4k$  boyutlarında, arkadan aydınlatmalı ve UV duyarlılığı artırılmış Fairchild marka bir CCD kamera bulunmaktadır. Teleskobun optik düzeneği ve CCD kameranın fiziksel yapısı dikkate alındığında, gökyüzündeki görüş alanı  $21.5 \times 21.5$  olup CCD üzerindeki bir piksele 0.31 yay saniyesi karşılık gelmektedir.

NGC 1664 açık kümesinin fotometrik gözlemleri 05.11.2018 tarihinde yapılmıştır. Fotometrik gözlemlerde *UBV* filtreleri için kısa ve uzun poz süreleri kullanılmıştır. Kümenin gözlemlerinde *U* filtresinde 60 s (2 adet) ve 1800 s (2 adet), *B* filtresinde 60 s (3 adet) ve 600 s (2 adet) ve *V* filtresinde 4 s (5 adet) ve 300 s (3 adet) olmak üzere toplam 17 görüntü alınmıştır. 30.07.2019 tarihinde *UBV* filtreleriyle gözlenen NGC 6939 açık kümesi için *U* filtresinde 300 s (3 adet) ve 1200 s (1 adet), *B* filtresinde 40 s (5 adet) ve 900 s (2 adet) ve *V* filtresinde 15 s (5 adet) ve 600 s (2 adet) olmak üzere toplam 18 görüntü alınmıştır.

Gözlem gecelerinin atmosferik koşullarının belirlenmesinde Landolt'un standart yıldızları (Landolt 2009) kullanılmış olup, sönümlenme ve dönüşüm katsayılarıyla gecelik sabitler hesaplanmıştır. Duyarlı hesaplamaların yapılabilmesi için standart yıldız alanları farklı hava kütlelerinde ve yüksekliklerde gözlenmiştir. Düz alan (flat) ve sıfır görüntüleri (bias) her gözlem gecesinin başlangıcında alınmıştır. CCD kalibrasyonlarında IRAF/DAOPHOT paketleri, küme alanındaki yıldızların aletsel parlaklıklarının tayininde de nokta yayılım fonksiyonu (PSF, Stetson 1987) kullanılmıştır.

NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin astrometrik, fotometrik ve kinematik analizleri yer tabanlı CCD *UBV* verileriyle *Gaia* fotometrik ve astrometrik verilerinin bir arada kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir. *UBV* ve *Gaia* kataloglarının birleştirilmesinde yıldızların ekvatorial koordinatlarında 5 yay saniyelik bir sınır değer dikkate alınmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939 kümeleri doğrultusunda belirlenen kaynak sayıları, sırasıyla, 3735 ve 2119'dur. Katalogların oluşturulmasıyla NGC 1664 ve NGC 6939'un merkezi ekvatorial koordinatları 2000 epogunda, sırasıyla,  $\alpha=04^h51^m06^s.64$ ,  $\delta=+43^{\circ}40'30''.80$  ve  $\alpha=20^h31^m30^s.36$ ,  $\delta=+60^{\circ}39'42''.60$  olarak belirlenmiştir.

## 3 Kümeye Üyesi Yıldızların Belirlenmesi

İncelenen iki açık küme doğrultusundaki yıldızların kümelere üyelik olasılıklarının hesaplanmasında Balaguer-Nunez ve diğ. (1998)'nin geliştirdiği istatistiksel yöntem kullanılmıştır. Balaguer-Nunez ve diğ. (1998) küme yıldızlarının gökyüzündeki benzer yönelim hareketlerini dikkate alarak öz hareket verilerinden kümeye üyeliklerinin belirlenmesi için bir algoritma geliştirmiştir. Söz konusu algoritma, yıldızların öz hareket ve hatalarını normal dağılım varsayımı altında gruplandırarak küme doğrultusundaki yıldızların üyelik olasılıklarının ( $P$ ) hesaplanmasını sağlar. Kümelerin en olası üyelerinin tayin edilmesinde  $P \geq 0.5$  şartı dikkate alınarak NGC 1664 ve NGC 6939 için üye yıldız sayıları, sırasıyla, 308 ve 541 olarak belirlenmiştir.

## 4 Astrometrik Parametreleri

### 4.1 Renk Artığı

NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin *UBV* fotometrik sistemindeki renk artıklarının belirlenmesinde kümeye üye olma olasılığı  $P \geq 0.5$  olan anakol yıldızları kullanılmıştır. Kümenin dönüm noktasından daha sönük parlaklıklarda bulunan anakol yıldızlarıyla Sung ve diğ. (2013)'nin Güneş metal bolluğundaki sıfır yaş anakolu (ZAMS)  $(U-B) \times (B-V)$  iki-renk diyagramına işaretlenmiştir. Kümelerin renk artıklarının belirleyebilmek için Sung ve diğ. (2013)'nin ZAMS eğrisi oluşturulan iki-renk diyagramı üzerinde  $0 \leq E(B-V) \leq 1$  kadir aralığında 0.001 adım ile Garcia ve diğ. (1988)'nin

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

bağıntısı kullanılarak kaydırılmış ve her bir renk artığı adımı küme üyesi yıldızların konumlarıyla ZAMS eğrisi arasındaki mesafeye göre  $\chi^2$  analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda en küçük  $\chi^2$ 'li renk artığına sahip model küme doğrultusundaki renk artığı olarak kabul edilmiştir. Buna göre NGC 1664 ve NGC 6939 kümeleri için  $E(B-V)$  renk artıkları, sırasıyla,  $0.190 \pm 0.018$  ve  $0.380 \pm 0.025$  kadir hesaplanmıştır.

### 4.2 Metal Bolluğu

Çalışmada Karaali ve diğ. (2011)'nin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonu kullanılarak iki kümenin metal bollukları belirlenmiştir. Fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunu oluşturan Karaali ve diğ. (2011), orta tayf türündeki (F ve G) anakol yıldızlarının morötesi artıklarıyla tayfsal metal bollukları arasındaki ilişkiyi ikinci dereceden bir fonksiyon ile ifade etmiştir. 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 F ve G tayf türündeki anakol yıldızları seçilmiştir (Eker ve diğ. 2018). Küme yıldızları ve Hyades anakolu arasında aynı  $(B-V)_0$  renk indeksine karşılık gelen  $(U-B)_0$  değerlerinin farkını belirlemek için  $(U-B)_0 \times (B-V)_0$  iki-renk diyagramı kullanılmıştır. UV-morötesi artığı  $\delta = (U-B)_{0,H} - (U-B)_{0,S}$  şeklinde tanımlanır. Burada H ve S, sırasıyla, Hyades ve küme yıldızlarını temsil etmektedir. Karaali ve diğ. (2011)'nin kalibrasyonu ile NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümeleri için fotometrik metal bolluğu değerleri, sırasıyla,  $[Fe/H] = -0.10 \pm 0.02$  dex ve  $[Fe/H] = -0.06 \pm 0.01$  dex hesaplanmıştır.

### 4.3 Uzaklık Modülü ve Yaş

NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin uzaklık modülleri ve yaşları renk-parlaklık diyagramları (CMD) üzerinde eş-zamanlı tayin edilmiştir. Analizler, kümeye üye yıldızların CMD üzerindeki konumlarını en iyi ifade eden PARSEC eş-yaş eğrilerinin (Bressan ve diğ. 2012) karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada incelenen kümeler için belirlenen metal bollukları, ağır element ( $z$ ) bolluklarına çevrilerek PARSEC eş-yaş eğrileri Padova grubunun web sayfasından farklı yaşlar için alınmıştır. Kümeye üye yıldızlar ( $P \geq 0.5$ )  $V \times (U-B)$ ,  $V \times (B-V)$  ve  $G \times (G_{BP}-G_{RP})$  CMD'lerine işaretlenmiş ve PARSEC eş-yaş eğrileriyle, bu çalışmada kümeler için hesaplanan renk artışı değerleri dikkate alınarak, eşleştirilmiştir (Şekil 1). Bu karşılaştırmayla NGC 1664 ve NGC 6939 için hesaplanan uzaklık modülleri ve yaşları, sırasıyla,  $11.205 \pm 0.075$  kadir ve  $675 \pm 50$  Myıl ve  $12.350 \pm 0.109$  kadir ve  $1500 \pm 200$  Myıl'dır.

### 4.4 Kinematik ve Galaktik Yörünge Analizleri

İncelenen iki kümenin kinematik ve dinamik yörünge analizleri galpy (the galactic dynamics library, Bovy 2015) programıyla gerçekleştirilmiştir. Kümelerin uzay hızı bileşenleri ve Galaktik yörünge parametrelerinin tayin edilmesinde NGC 1664 ve NGC 6939'un ekvatorial koordinatları ( $\alpha, \delta$ ), eş-yaş eğrilerinden belirlenen uzaklıkları ( $d$ ), radyal hızları ( $V_R$ ) ve öz hareket bileşenleri ( $\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta$ ) ve bu girdilerin belirsizlikleri dikkate alınmıştır. Söz konusu parametreler Çizelge 1'de listelenmiştir. Kümelerin uzaklıkları ve öz hareket bileşenleri bu çalışmada tayin edilmişken, kümelerin radyal hız değerleri, kümeye üyelikleri  $P \geq 0.5$  olan yıldızların Gaia işbriliği (2021) kataloğundan alınan radyal hızlarının ortalaması olarak belirlenmiştir. NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinde Gaia uydusuyla radyal hız ölçümü yapılan yıldızların sayısı, sırasıyla, 3 ve 22'dir. Bu yıldızların radyal hızları ve hataları Soubiran ve diğ. (2018)'nin ağırlıklı ortalama bağıntısı kullanılarak NGC 1664 için  $\langle V_R \rangle = +8.96 \pm 0.24$  ve NGC 6939 için  $\langle V_R \rangle = -18.91 \pm 0.11$  km s<sup>-1</sup> hesaplanmıştır.

Kümelerin uzay hızı bileşenlerinin tayin edilmesinde yerel durağanlık standardı (LSR) düzeltmesi için Coşkunoğlu ve diğ. (2011)'nin  $(U, V, W)_{\text{LSR}} = (8.83 \pm 0.24, 14.19 \pm 0.34, 6.57 \pm 0.21)$  km s<sup>-1</sup> değerleri kullanılmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümeleri için  $(U, V, W)_{\text{LSR}}$  uzay hızı bileşenleri, sırasıyla,  $(-10.38 \pm 0.66, -15.71 \pm 1.14, -8.99 \pm 0.11)$  ve  $(55.22 \pm 1.82, 3.18 \pm 0.56, -10.06 \pm 0.73)$  km s<sup>-1</sup> hesaplanmıştır. NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin toplam uzay hızları

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

bağıntısı kullanılarak, sırasıyla,  $20.87 \pm 1.32$  ve  $56.32 \pm 2.04$  km s<sup>-1</sup> olarak tayin edilmiştir. Elde edilen toplam uzay hızları NGC 1664 ve NGC 6939 kümelerinin ince disk popülasyonuna üye olduğunu göstermiştir (Leggett 1992).

İki açık kümenin dinamik yörünge analizlerinde Galaksimiz için simetrik potansiyeller içeren MWPotential2014 kodu kullanılmıştır. Hesaplamalarda kümelerin kapalı yörüngelerinin oluşturulması için 3.5 Gyıllık bir zaman döngüsünde 1 Myıllık zaman aralıkları kullanılmıştır. MWPotential2014 ile iki kümenin Galaksi merkezine yaklaşabilecekleri en uzak ( $R_a$ ) ve en yakın ( $R_p$ ) mesafeler, Galaktik düzlemden ulaşabildikleri en büyük dik uzaklıklar ( $Z_{\text{max}}$ ), galaksi merkezi etrafındaki dolanım periyotları ( $T$ ) ve yörünge basıklıkları ( $e$ ) tayin edilmiş

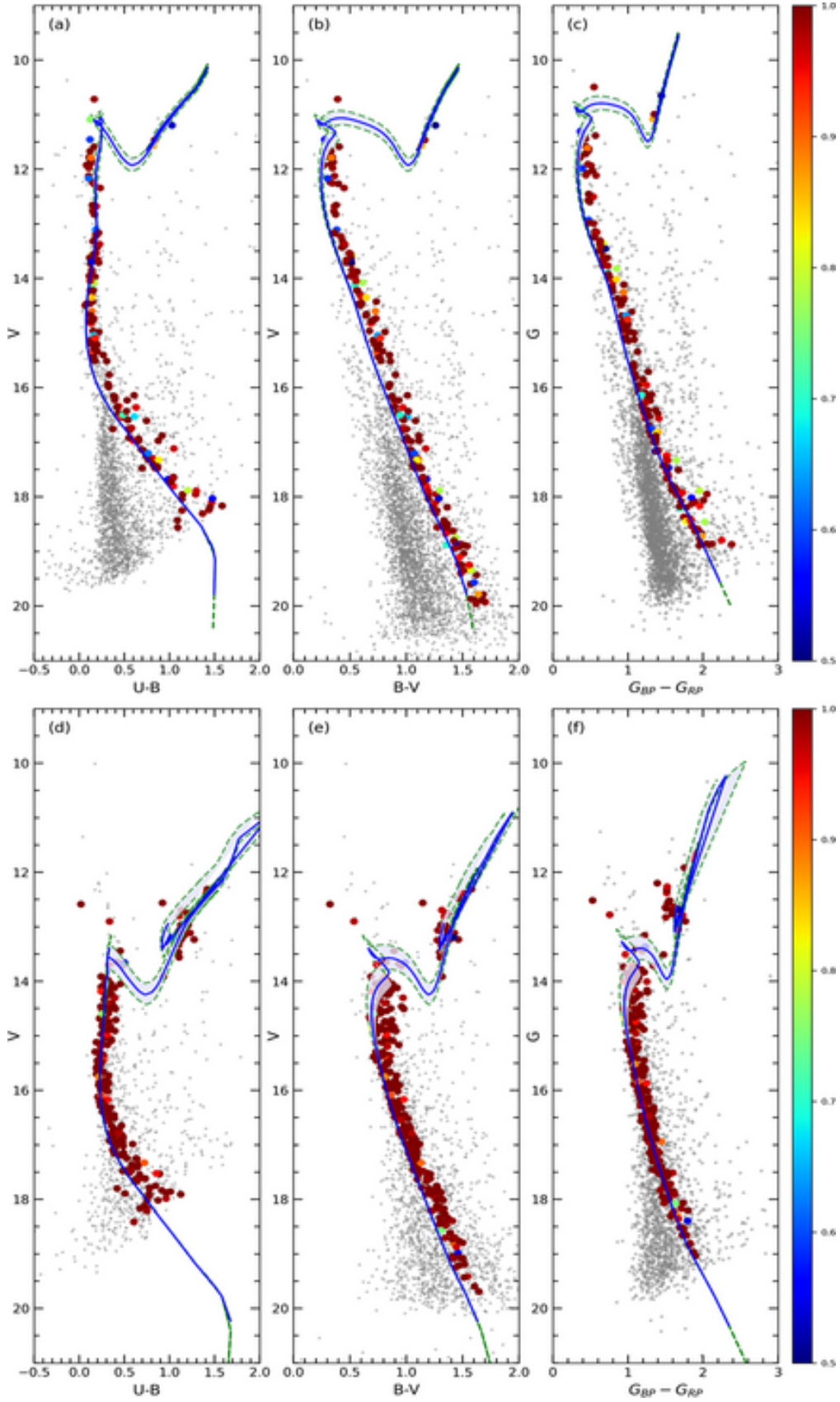
**Çizelge 1.** NGC 1664 and NGC 6939 açık kümelerinin yapısal, astrofizik ve dinamik yörünge parametreleri. Koordinatlar J2000 epeğündadır.

Parametre	NGC 1664	NGC 6939
$\alpha$ (hh:mm:ss)	04:51:06.64	20:31:30.80
$\delta$ (dd:mm:ss)	+43:40:30.80	+60:39:42.60
$l$ (°)	161.68	95.90
$b$ (°)	-0.45	+12.30
$f_0$ (yıldız/yaydk <sup>2</sup> )	$1.451 \pm 0.281$	$4.070 \pm 0.249$
$r_c$ (yaydk)	$7.213 \pm 1.696$	$3.057 \pm 0.637$
$f_{\text{bg}}$ (yıldız/yaydk <sup>2</sup> )	$2.812 \pm 0.283$	$5.002 \pm 0.328$
$r_{\text{lim}}$ (yaydk)	8.5	6.5
$r$ (pc)	3.28	3.25
$\mu_\alpha \cos \delta$ (mas yıl <sup>-1</sup> )	$1.594 \pm 0.071$	$-1.817 \pm 0.039$
$\mu_\delta$ (mas yıl <sup>-1</sup> )	$-5.780 \pm 0.052$	$-5.462 \pm 0.039$
Küme üyesi ( $P \geq 0.5$ )	308	541
$\varpi$ (mas)	$0.191 \pm 0.157$	$0.203 \pm 0.099$
$E(B-V)$ (kadir)	$0.190 \pm 0.018$	$0.380 \pm 0.025$
$E(U-B)$ (kadir)	$0.137 \pm 0.013$	$0.274 \pm 0.018$
$A_V$ (kadir)	$0.589 \pm 0.056$	$1.178 \pm 0.078$
[Fe/H] (dex)	$-0.10 \pm 0.02$	$-0.06 \pm 0.01$
Yaş (Myıl)	$675 \pm 50$	$1500 \pm 200$
Uzaklık modülü (kadir)	$11.205 \pm 0.075$	$12.350 \pm 0.109$
Yaş eğrisinden uzaklık (pc)	$1289 \pm 47$	$1716 \pm 87$
$X_\odot$ (pc)	-1224	-173
$Y_\odot$ (pc)	405	1668
$Z_\odot$ (pc)	10	365
$R_{\text{GC}}$ (kpc)	9.23	8.34
Kütle fonksiyonunun eğimi	$-1.22 \pm 0.33$	$-1.18 \pm 0.21$
$V_R$ (km s <sup>-1</sup> )	$+8.96 \pm 0.24$	$-18.91 \pm 0.11$
$U_{\text{LSR}}$ (km s <sup>-1</sup> )	$-10.38 \pm 0.66$	$55.22 \pm 1.82$
$V_{\text{LSR}}$ (km s <sup>-1</sup> )	$-15.71 \pm 1.14$	$3.18 \pm 0.56$
$W_{\text{LSR}}$ (km s <sup>-1</sup> )	$-8.99 \pm 0.11$	$-10.06 \pm 0.73$
$S_{\text{LSR}}$ (km s <sup>-1</sup> )	$20.87 \pm 1.32$	$56.32 \pm 2.04$
$R_a$ (kpc)	$9.47 \pm 0.05$	$9.41 \pm 0.11$
$R_p$ (kpc)	$7.81 \pm 0.05$	$8.23 \pm 0.04$
$z_{\text{max}}$ (pc)	$140 \pm 1$	$460 \pm 29$
$e$	$0.096 \pm 0.001$	$0.067 \pm 0.003$
$T$ (Myıl)	$244 \pm 1$	$248 \pm 2$
Doğum yeri (kpc)	9.07	8.34

ve Çizelge 1'de listelenmiştir. Kümelerin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemden ulaşabilecekleri en büyük uzaklıklar Şekil 2'de gösterilmiştir. NGC 1664 açık kümesi Galaksi merkezi etrafındaki yolculuğunu  $7.75 < R_{\text{GC}} < 9.50$  kpc uzaklık içinde sürdürürken, NGC 6939 açık kümesi bu hareketine  $8.2 < R_{\text{GC}} < 9.4$  kpc'lik uzaklık aralığında devam etmektedir. Bu sonuçlar iki kümenin Güneş çemberinin dışında ve Güneş bolluğuna göre metalce daha fakir bir bölgede doğduğunu göstermektedir.

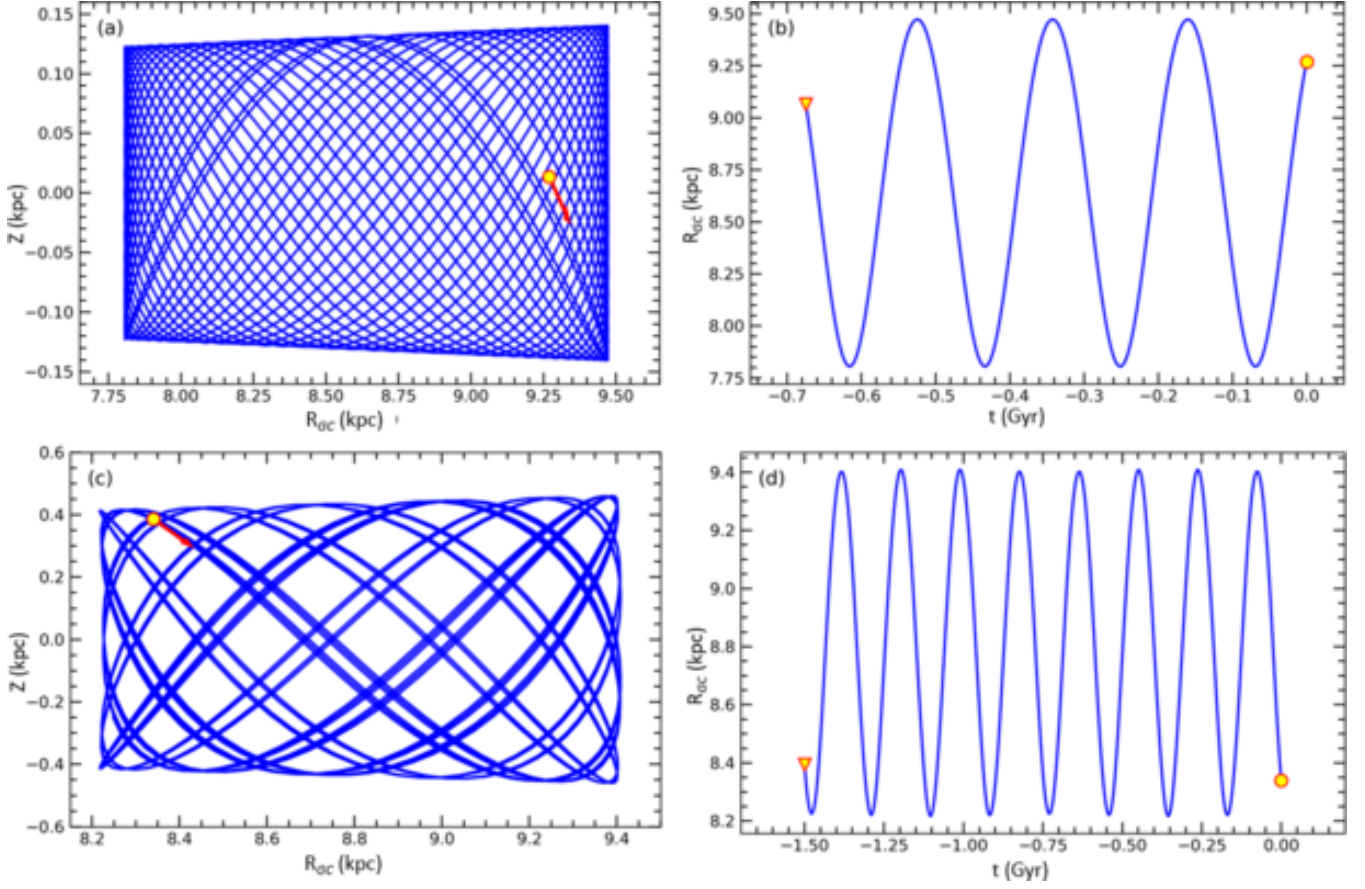
## 5 Sonuçlar

Bu çalışmada NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin yer ve uzay tabanlı gözlemleri bir arada incelenerek kümeler üye yıldızların duyarlı seçimi yapılmış, bağımsız yöntemler kullanılarak temel astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. Kümelerin çalışmada belirlenen konumları, öz hareket bileşenleri, uzaklık ve radyal hızları kullanılarak kinematik ve Galaktik yörünge parametreleri elde edilmiştir. Analizler, kümelerin ince disk popülasyonuna ait, Güneş çemberinin dışında, metalce fakir bir bölgede oluştuklarını göstermiştir.



**Şekil 1.** NGC 1664 (a, b, c) ve NGC 6939 (d, e, f) açık kümelerinin renk-parlaklık diyagramları. Renk ölçeği küme üyeliğini ifade etmektedir. Gri noktalar düşük olasılıklı ( $P < 0.5$ ) küme üyesi yıldızları veya alan yıldızlarını ( $P = 0$ ) göstermektedir. Mavi renkli çizgiler PARSEC eş-yaş eğrilerini, taralı bölgeler de yaş eğrilerindeki hataları temsil etmektedir.





**Şekil 2.** NGC 1664 ve NGC 6939 açık kümelerinin  $Z \times R_{GC}$  ve  $R_{GC} \times t$  düzlemleri üzerindeki Galaktik yörünge parametreleri ve doğum yarıçapları. Sarı renkli çember ve üçgenler kümelerin, sırasıyla, bugünkü ve doğdukları zamandaki konumlarını temsil etmektedir. Kırmızı ok ise iki kümenin hareket vektörüdür.

### Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 120F295 numaralı projeye desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan yer tabanlı CCD  $UBV$  gözlemleri TUG'daki T100 teleskobuyla 18CT100-1396 numaralı gözlem projesiyle gerçekleştirilmiştir.

### Kaynaklar

- Balaguer-Nunez, L., Tian, K. P., Zhao, J. L., 1998, *A&AS*, 133, 387  
 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  
 Carraro, G., Chiosi, C., 1994, *A&A*, 288, 751  
 Coşkunoğlu, B., Ak S., Bilir, S., ve diğ., 2011, *MNRAS*, 412, 1237  
 Dias, W. S., Alessi, B. S., Moitinho, A., Lepine, J. R. D., 2002, *A&A*, 389, 871  
 Dias, W. S., Monteiro, H., Caetano, T. C., Lépine, J. R. D., Assafin, M., Oliveira, A. F., 2014, *A&A*, 564, A79  
 Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., ve diğ., 2018, *MNRAS*, 479, 5491  
 Gaia işbirliği, Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T., ve diğ., 2021, *A&A*, 649, 1  
 García, B., Claria, J. J., Levato, H., 1988, *Ap&SS*, 143, 317  
 Gilmore, G., Randich, S., Asplund, M., ve diğ., 2012, *Msngr*, 147, 25  
 Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoğlu, B., 2011, *PASA*, 28, 95  
 Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R.-D., 2013, *A&A*, 558, A53

- Lada, C. J., Lada, E. A., 2003, *ARA&A*, 41, 57  
 Landolt, A. U. 2009, *AJ*, 137, 4186  
 Leggett, S. K., 1992, *ApJS*, 82, 351  
 Moraux, E., 2016, *EAS*, 80-81, 73  
 Netopil, M., Paunzen, E., Carraro, G., 2015, *A&A*, 582, A19  
 Röser, S., Demleitner, M., Schilbach, E., 2010, *AJ*, 139, 2440  
 Sampedro, L., Dias, W. S., Alfaro, E. J., Monteiro, H., Molino, A., 2017, *MNRAS*, 470, 3937  
 Soubiran, C., Cantat-Gaudin, T., Romero-Gómez, M., ve diğ., 2018, *A&A*, 619, A155  
 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:

M23-0308: [Turkish J.A&A — Vol.4, Issue 3.](#)