

Czernik 41 ve NGC 1342 Açık Kümelerinin Yer ve Uzaklık Tabanlı Gözlemleri

B. Tanık Öztürk¹  

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzak Bilimler Bölümü, 34119 İstanbul, Türkiye

Accepted: May 7, 2025. Revised: May 7, 2025. Received: January 30, 2025.

Özet

Bu çalışmada Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin CCD *UBV* gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki 1m ayna çaplı T100 teleskobuyla yapılmıştır. Gözlem görüntülerinin sayısal değerlere dönüştürülmesinin ardından *UBV* sisteminde iki kümenin fotometrik katalogları oluşturulmuştur. Bununla birlikte, iki açık kümenin astrometrik, fotometrik ve tayfsal verileri *Gaia* DR3 veritabanından $40 \times 40'$ büyüklüğündeki yıldız alanlarından derlenmiştir. Çalışmada, iki açık kümenin yapısal, astrometrik, astrofiziksel ve kinematik parametrelerini belirlenmiştir. Czernik 41 açık kümesinin kinematik incelemesi ilk defa bu çalışmada gerçekleştirilmiştir. Czernik 41 açık kümesi için yapılan analizler sonucunda kırmızıma değeri $E(B-V)=1.500 \pm 0.030$ kadir, uzaklık $d=2485 \pm 151$ pc ve yaş $t=69 \pm 10$ Myıl olarak hesaplanmıştır. Metal bolluğu ise Güneş bolluğunda $[Fe/H]=0$ dex olarak kabul edilmiştir. NGC 1342 açık kümesi için de kırmızıma değeri $E(B-V)=0.270 \pm 0.043$ kadir, fotometrik metal bolluğu $[Fe/H]=-0.14 \pm 0.07$ dex, uzaklık $d=645 \pm 42$ pc ve yaş $t=1000 \pm 150$ Myıl olarak bulunmuştur. Kinematik ve dinamik yörünge analizleri, iki kümenin Samanyolu'nun ince disk popülasyonuna ait olduğunu ortaya koymuştur.

Abstract

In this study, CCD *UBV* observations of the open clusters Czernik 41 and NGC 1342 were conducted using the 1-meter T100 telescope at the TÜBİTAK National Observatory. After converting the observational images into numerical data, photometric catalogs of the two clusters were constructed in the *UBV* system. Additionally, astrometric, photometric, and spectroscopic data for the two open clusters were compiled from the *Gaia* DR3 database, covering stellar fields of $40 \times 40'$. The study determined the structural, astrometric, astrophysical, and kinematic parameters of both open clusters. The kinematic analysis of the Czernik 41 open cluster was performed for the first time in this study. For Czernik 41, the analyses yielded a reddening value of $E(B-V)=1.500 \pm 0.030$ mag, a distance of $d=2485 \pm 151$ pc, and an age of $t=69 \pm 10$ Myr. The metallicity was assumed to be solar with $[Fe/H]=0$ dex. For NGC 1342, the reddening value was calculated as $E(B-V)=0.270 \pm 0.043$ mag, the photometric metallicity $[Fe/H]=-0.14 \pm 0.07$ dex, the distance $d=645 \pm 42$ pc, and the age as $t=1000 \pm 150$ Myr. Kinematic and dynamical orbit analyses have revealed that both clusters belong to the thin disk population of the Milky Way.

Anahtar Kelimeler: Open Clusters: Czernik 41, NGC 1342, Observational: two-colour diagrams, colour-magnitude diagrams

1 Giriş

Açık yıldız kümeleri bir molekül bulutunun çökmesiyle oluşur. Yıldızların genellikle bir arada oluşması ve benzer kimyasal bileşimlere sahip olmaları küme yıldızlarının yaş ve fiziksel özelliklerinin birbirine benzerlik göstermesine neden olur (McKee & Ostriker 2007). Açık kümeler, Samanyolu diskinde yoğunlaşmış yapılar olarak bilinir ve genellikle Galaktik düzlemde, özellikle spiral kollarda yer alırlar (Friel 1995). Açık kümeler birbirine zayıf çekimsel kuvvetler ile bağlı olduklarından birkaç on ile birkaç yüz yıldız barındırırlar. Bununla birlikte, genç ve orta yaşlı yıldızların baskın olduğu yapılarıdır (Lada & Lada 2003). Açık yıldız kümeleri, uzun ömürlü yapılar olmamakla birlikte zamanla Galaktik çekim kuvvetleri, küme iç dinamikleri ve yıldızların evrimsel süreçleri nedeniyle dağılırlar. Bu süreçte küme yıldızları, Samanyolu'nun farklı bölgelerine yayılarak diğer yıldız popülasyonlarıyla bütünleşirler.

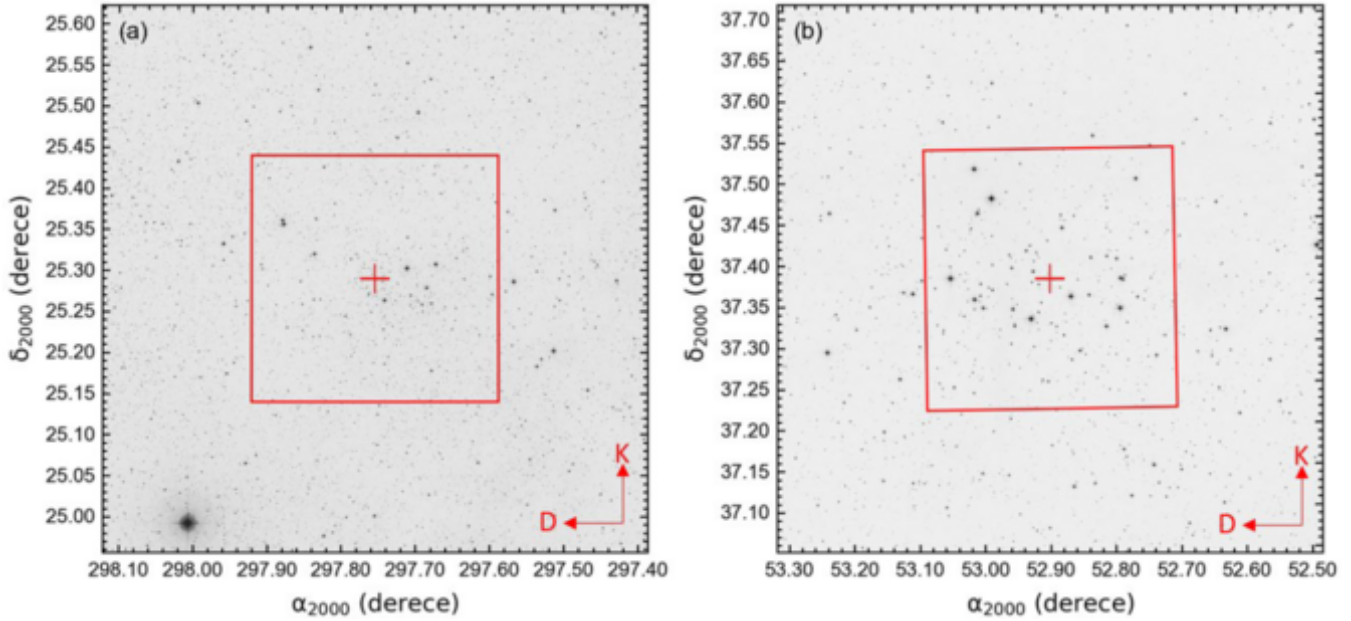
Açık kümeler, uzaklık ölçümlerinde yararlı araçlar olarak

öne çıkar. Küme parlaklığı diğer yıldızlar ile karşılaştırılarak, doğrudan ölçülemeyecek kadar uzak yıldız ve galaksilere olan mesafeler tahmin edilebilir. Galaksi'nin kimyasal bileşimini araştırmak için de kümeler önemli yapılarıdır. Tayfsal araştırmalar, yıldızların doğumundaki gaz ve tozun bileşimini ortaya koyarak Samanyolu'ndaki yıldız oluşumunun tarihine ışık tutarlar.

Açık yıldız kümelerinin kinematik analizleri de Samanyolu diskinin karmaşık etkileşimlerini ve evrimini anlamada kritik bir rol oynar. Yıldızların uzay hızları; küme yaşı, Galaksi merkezine olan uzaklık ve diğer nesneler ile kütleçekimsel etkileşimler gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Genç açık kümeler, daha yaşlı kümelere göre daha büyük uzay hızlarına sahip olma eğilimindedir. Ayrıca, Galaksi merkezine yakın konumlanan kümeler, daha yoğun ve dinamik bir ortamdan geçtikleri için yüksek uzay hızları sergileyebilirler. Kümelerin uzay hızları ve bu kümeler ile Galaktik nesneler arasındaki etkileşimler, Samanyolu'nun dinamiklerini ve yıldız oluşum tarihini anlama açısından da önemlidir.

Kümelerin kinematik analizlerini gerçekleştirebilmek için

* burcin.tanik@istanbul.edu.tr



Şekil 1. Czernik 41 (panel a) ve NGC 1342 (panel b) açık kümelerinin $40 \times 40'$ yıldız alanları gösterilmektedir. Kırmızı sınırlar, T100 teleskobunun görüş alanını belirtmektedir. Şekillerin üst kısmı kuzey yönünü, sol tarafları ise doğu yönünü temsil etmektedir.

küme üyesi yıldızların uzaklık, öz hareket bileşenleri ve radyal hız ölçümlerine ihtiyaç duyulur. Günümüzde *Gaia* uydusunun sağlamış olduğu hassas astrometrik ölçümler sayesinde yaklaşık 1.8 milyar yıldızın uzaklık ve öz hareket bileşenleri bilinmektedir. Fakat incelenen tüm yıldızlar için radyal hız verileri bulunmamaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, çoklu fiber optik tayfçekerler sayesinde çok sayıda yıldızın eş-zamanlı radyal hız ölçümleri gerçekleştirilerek uzakta bulunan açık kümelerin uzay hızları tayin edilir hale gelmiştir. Açık kümelerin tek tek veya bir arada gerçekleştirilen kinematik analizleri, Galaksi'nin dinamiği ve evrimi konusunda önemli bilgiler sağlar.

Bu çalışmada, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin CCD *UBV* fotometrik verileriyle *Gaia* uydusunun üçüncü veri sürümündeki (*Gaia* DR3; [Gaia işbirliği 2023](#)) fotometrik ve astrometrik verileri birlikte analiz edilerek kümelerin yapısal, temel astrofizik parametreleriyle birlikte kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir.

2 Gözlemler

Bu çalışmada, fotometrik analizleri gerçekleştirilen Czernik 41 ile NGC 1342 açık yıldız kümelerinin CCD gözlemleri, deniz seviyesinden 2547 m yükseklikte bulunan Antalya-Bakırtepe yerleşkesindeki TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) yapılmıştır. Gözlemler, 100 cm ayna çapına sahip T100 teleskobu kullanılarak gerçekleştirilmiş ve görüntüler, Johnson-Cousins sistemine ait *UBV* filtreleriyle elde edilmiştir. Gözlemlerde kullanılan CCD kamera, Fairchild marka ve CCD486 modelidir. Bu kamera, arkadan aydınlatmalı bir yongayla tasarlanmış olup, morötesi (*UV*) duyarlılığı artırılmış bir özelliğe sahiptir. CCD kamera, $4k \times 4k$ piksel formatına sahip olup bir pikseli 15 mikron boyutundadır. Ayrıca, $0.31''$ piksel⁻¹ ile $21.5 \times 21.5''$ bir görüş alanı sunmaktadır. CCD kameranın kazancı $0.57 e^-/ADU$, okuma gürültüsü $4.11 e^-$ (100 KHz) seviyesindedir.

Gözlemler sırasında, iki açık küme doğrultusundaki parlak ve sönük yıldızları tespit edebilmek için her bir filtrede kısa, orta ve uzun poz süreleri kullanılmıştır. Czernik 41 açık kümesi için *U* filtresinde 80×4 s, 1500×3 s, 1800×2 , *B* filtresinde 8×6 s, 100×5 s, 600×3 s, *V* filtresinde 2×10 s, 20×5 s, 300×4 s ve NGC 1342 açık kümesi için *U* filtresinde 60×3 s, 600×3 s, 1800×3 s, *B* filtresinde 6×5 s, 60×5 s, 600×3 s, *V* filtresinde 4×5 s, 40×5 s, 400×3 s'lik görüntüler elde edilmiştir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin $40 \times 40'$ yıldız alanları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Czernik 41 açık kümesi 21.07.2020 tarihinde, NGC 1342 açık kümesi de 29.09.2019 tarihinde T100 teleskobuyla gözlenmiştir. Fotometrik kalibrasyonların gerçekleştirilmesi için, açık kümeler ile birlikte, farklı hava kütlelerinde ve [Landolt \(2009\)](#) tarafından belirlenen standart yıldız alanları da gözlenmiştir. İki gözlem gecesinde, küme alanlarıyla birlikte toplam 14 standart yıldız alanı ve bu alanlarda yer alan 97 yıldızın gözlemleri yapılmıştır. Görüntülerin CCD kalibrasyonları (düz alan ve sıfır görüntü düzeltmesi), IRAF'ın standart veri indirme paketleri ve prosedürleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. [Landolt \(2009\)](#)'un standart yıldızlarının aletsel parlaklıkları, IRAF'ın açıklık fotometrisi paketi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu aletsel parlaklıklara çoklu doğrusal regresyon uygulamaları yapılarak her bir gözlem gecesi için atmosferik sönmüleme ve dönüşüm katsayıları elde edilmiştir. Küme görüntülerinin astrometrik kalibrasyonları, PyRAF ile [astrometry.net](#) yazılımlarının yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Küme alanlarındaki yıldızların aletsel parlaklıklarının belirlenmesinde de "Source Extractor" (SExtractor) ve "PSF Extractor" (PSFEx) algoritmaları kullanılmıştır ([Bertin & Arnouts 1996](#)). Elde edilen aletsel parlaklıkların standart sistemdeki parlaklıklara dönüştürülmesi sürecinde, standart yıldızlardan elde edilen gecelik sönmüleme ve dönüşüm katsayıları kullanılmıştır. Ayrıca, fotometrik parlaklıkların belirsizlikleri hesaplanırken, aletsel parlaklıklara

Çizelge 1. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yapısal, astrofiziksel, kinematik ve dinamik Galaktik yörünge parametreleri. Koordinatlar J2000 epogundadır. “*” ile işaretlenenler Güneş metal bolluğunda kabul edilmiştir.

Parametre	Birim	Czernik 41	NGC 1342
α	(hh:mm:ss)	19:51:01.0	03:31:34.6
δ	(dd:mm:ss)	+25:17:24	+37:22:48
l	(°)	62.0238	154.9402
b	(°)	-0.6899	-15.3463
f_0	(yıldız arcmin ⁻²)	7.622±0.750	1.733±0.240
f_{bg}	(yıldız arcmin ⁻²)	4.481±0.171	1.766±0.090
r_c	(')	1.728±0.266	2.155±0.568
r_{lim}	(')	11	11
r	(pc)	7.95	2.06
$\mu_\alpha \cos \delta$	(mas yıl ⁻¹)	-2.963±0.068	0.419±0.041
μ_δ	(mas yıl ⁻¹)	-6.163±0.101	-1.662±0.031
Küme üyesi	($P \geq 0.5$)	382	111
ϖ	(mas)	0.381±0.048	1.523±0.051
d_ϖ	(pc)	2625±331	657±22
($B-V$)	(kadir)	1.500±0.035	0.270±0.043
($U-B$)	(kadir)	1.080±0.025	0.194±0.031
A_V	(kadir)	4.650±0.109	0.837±0.133
$E(G_{BP}-G_{RP})$	(kadir)	1.959±0.096	0.362±0.014
A_G	(kadir)	3.649±0.179	0.674±0.026
[Fe/H]	(dex)	0.00*	-0.14±0.07
Z		0.0152*	0.0112
t	(Myıl)	69±10	1000±150
(X, Y, Z)	(pc)	(1166, 2194, -30)	(-563, 263, -171)
Uzaklık modülü	(kadir)	16.594±0.128	9.880±0.136
R_{gc}	(kpc)	7.178±0.027	8.57±0.037
V_r	(km s ⁻¹)	2.26±0.21	-10.48±0.20
U_{LSR}	(km s ⁻¹)	80.72±4.35	17.07±0.34
V_{LSR}	(km s ⁻¹)	-21.53±2.10	5.87±0.39
W_{LSR}	(km s ⁻¹)	-0.46±0.48	6.13±0.33
S_{LSR}	(km s ⁻¹)	83.55±4.85	19.06±0.61
R_a	(kpc)	7.41±0.02	9.34±0.02
R_p	(kpc)	6.33±0.05	8.39±0.05
Z_{max}	(pc)	12±2	192±8
e		0.079±0.002	0.054±0.002
T_p	(Myıl)	190±1	250±1

dayanan iç hatalar dikkate alınmıştır. CCD UBV fotometrik sisteminde, Czernik 41 açık kümesi alanında tespit edilen ve kataloğa işlenen yıldız sayısı 2520'dir. Bu yıldızların görünen parlaklıkları $9 < V < 22.5$ kadir aralığındadır. NGC 1342 açık kümesinde tespit edilen yıldızların sayısı 906 ve görünen parlaklıkları $8 < V < 22.5$ kadir aralığındadır.

3 Kümelerin Yapısal Parametreleri

Açık kümelerin radyal yoğunluk profilleri küme merkezinden radyal doğrultuda yıldız sayı yoğunluğundaki değişimi göstermekle birlikte, kümeye üye yıldızların uzaysal dağılımlarının anlaşılması ve açık kümelerin fiziksel boyutlarının belirlenmesi açısından da son derece önemlidir. Çalışmada incelenen iki açık kümenin merkezinden itibaren $40 \times 40'$ boyutları için oluşturulan yıldız alanlarındaki kaynaklardan itibaren kümelerin sayı yoğunluk profilleri oluşturulmuştur. Bu yoğunluk profillerinin belirlenmesinde, küme merkezinden farklı yarıçaplar seçilerek, bu yarıçaplar içinde kalan yıldız sayılarına ulaşılmış ve bulundukları daire parçasındaki alanlara oranlanmıştır. Elde edilen yoğunluk profilleri King (1962) modeliyle karşılaştırılmış ve en iyi uyum için χ^2_{min} metodu uygulanmıştır. Bu analizler sonucunda, küme

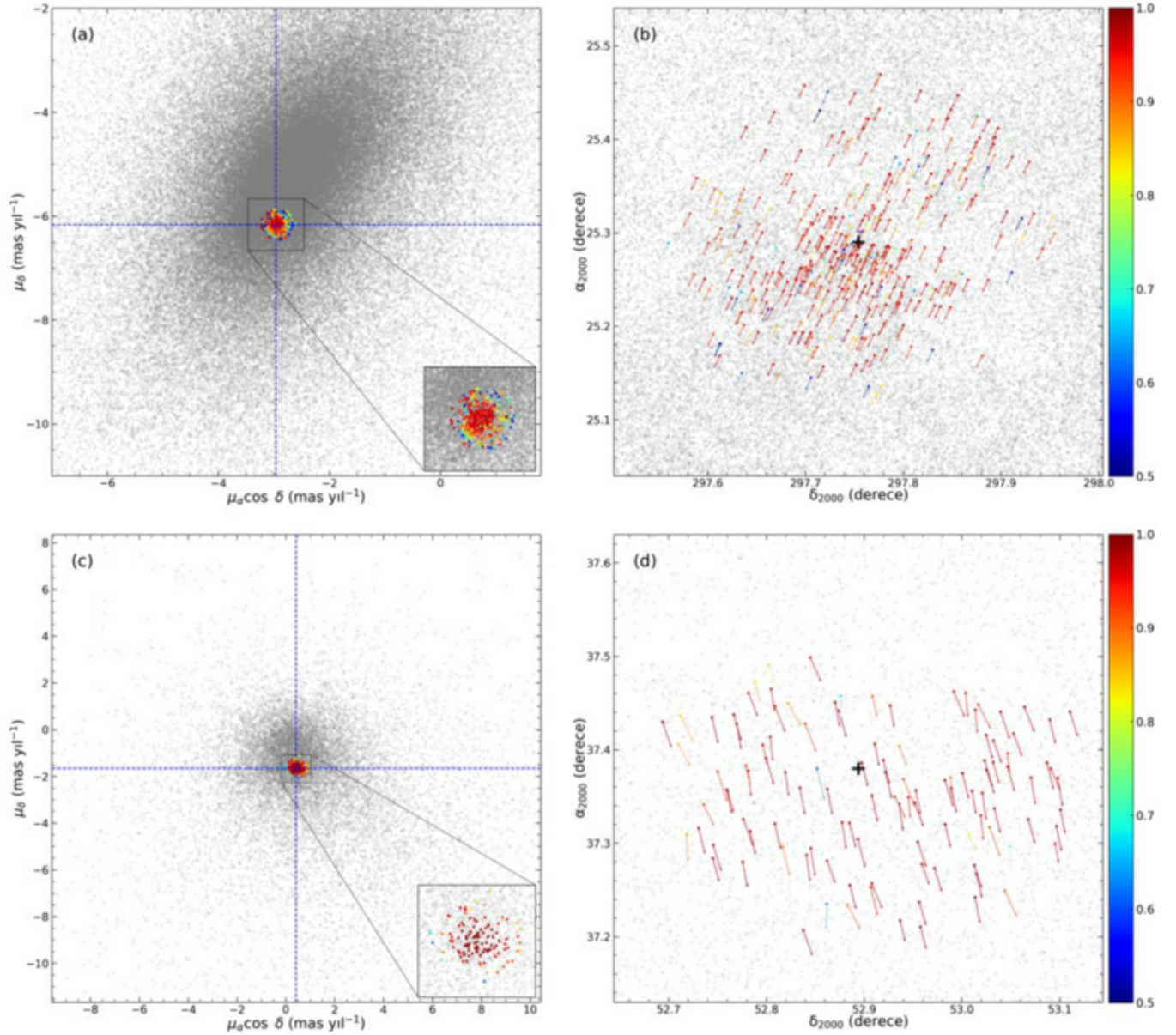
yoğunluk profillerini en iyi temsil eden modellerin merkezi yıldız yoğunluğu (f_0), zemin yıldız yoğunluğu (f_{bg}) ve kor yarıçapı (r_c) dikkate alınarak kümelerin yapısal parametreleri belirlenmiştir. Bu analizler sonucunda Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yıldız sayı yoğunluklarının, küme merkezlerinden itibaren yaklaşık $r_{lim}=11'$ uzaklıkta zemin yıldız yoğunluk seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, çalışmada incelenen iki kümenin limit yarıçapı olarak kabul edilmiştir (bkz. Çizelge 1).

4 Küme Üyesi Yıldızların Seçimi ve Astrometrik Parametrelerin Tayini

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerindeki yıldızların üyelik olasılığı hesaplamaları python programlama dilinde geliştirilen UPMASK (Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Cluster) yazılımıyla gerçekleştirilmiştir (Krone-Martins & Moitinho 2014). UPMASK, astrometrik uzayda benzer özelliklere sahip yıldızları bir araya getirerek, her bir yıldızın belirli bir kümeye ait olma olasılığını hesaplayan bir algoritmaya sahiptir. İncelenen iki kümedeki yıldızların üyelik olasılıkları (P), Gaia DR3 veritabanındaki (Gaia işbirliği 2023) yıldızların öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaksları ve bu ölçümlere ilişkin belirsizlikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Kümelerin renk-parlaklık diyagramlarındaki yapılarını daha iyi görebilmek, astrofiziksel ve kinematik parametrelerin daha doğru ve duyarlı hesaplayabilmek için küme üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar dikkate alınmıştır. Bu sınırlamalar sonucunda kümelerin etkin yarıçapları $r_{lim}=11'$ içinde, Czernik 41 ve NGC 1342 kümelerinde tespit edilen yıldız sayısı, sırasıyla, 382 ve 111'dir.

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin etkin yarıçapları ($r_{lim}=11'$) içinde bulunan olası üye yıldızlarının, öz hareket uzaylarıyla ekvatorial koordinat sistemindeki hareket yönleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Analizler, iki açık kümenin alan yıldızlarıyla gömülü bir konumda bulunduğunu göstermektedir. Ayrıca, Czernik 41 açık kümesinin NGC 1342 açık kümesine göre daha yoğun yıldız barındırdığı saptanmıştır. Üyelik olasılığı yüksek yıldızların aynı vektörel yönelime sahip olduğu tespit edilmiştir. İki kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta$), sırasıyla, Czernik 41 açık kümesi için (-2.963±0.068, -6.163±0.101) mas yıl⁻¹ ve NGC 1342 açık kümesi için (0.419±0.041, -1.662±0.031) mas yıl⁻¹ olarak hesaplanmıştır (bkz. Çizelge 1).

Bu çalışmada, incelenen iki açık kümenin ortalama uzaklıkları, küme üyesi yıldızların trigonometrik paralaks verilerinin histogramlarının oluşturulması ve bu histogramlara yapılan Gauss fitleriyle kümelerin ortalama trigonometrik paralaksları tayin edilmiştir. Kümelerin güvenilir trigonometrik paralaks ölçümlerinin sağlanabilmesi için küme üyesi yıldızların rölatif paralaks hatalarına $\sigma_\varpi/\varpi \leq 0.2$ koşulu getirilmiştir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin ortalama trigonometrik paralaksları, sırasıyla, $\varpi=0.381 \pm 0.048$ mas ve $\varpi=1.523 \pm 0.051$ mas olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks verileri, $d(\text{pc})=1000/\varpi(\text{mas})$ bağıntısı kullanılarak uzaklıklara dönüştürülmüştür. Analizler, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin ortalama uzaklıklarını, sırasıyla, $d_\varpi=2625 \pm 331$ pc ve $d_\varpi=657 \pm 22$ pc olduğunu göstermiştir.

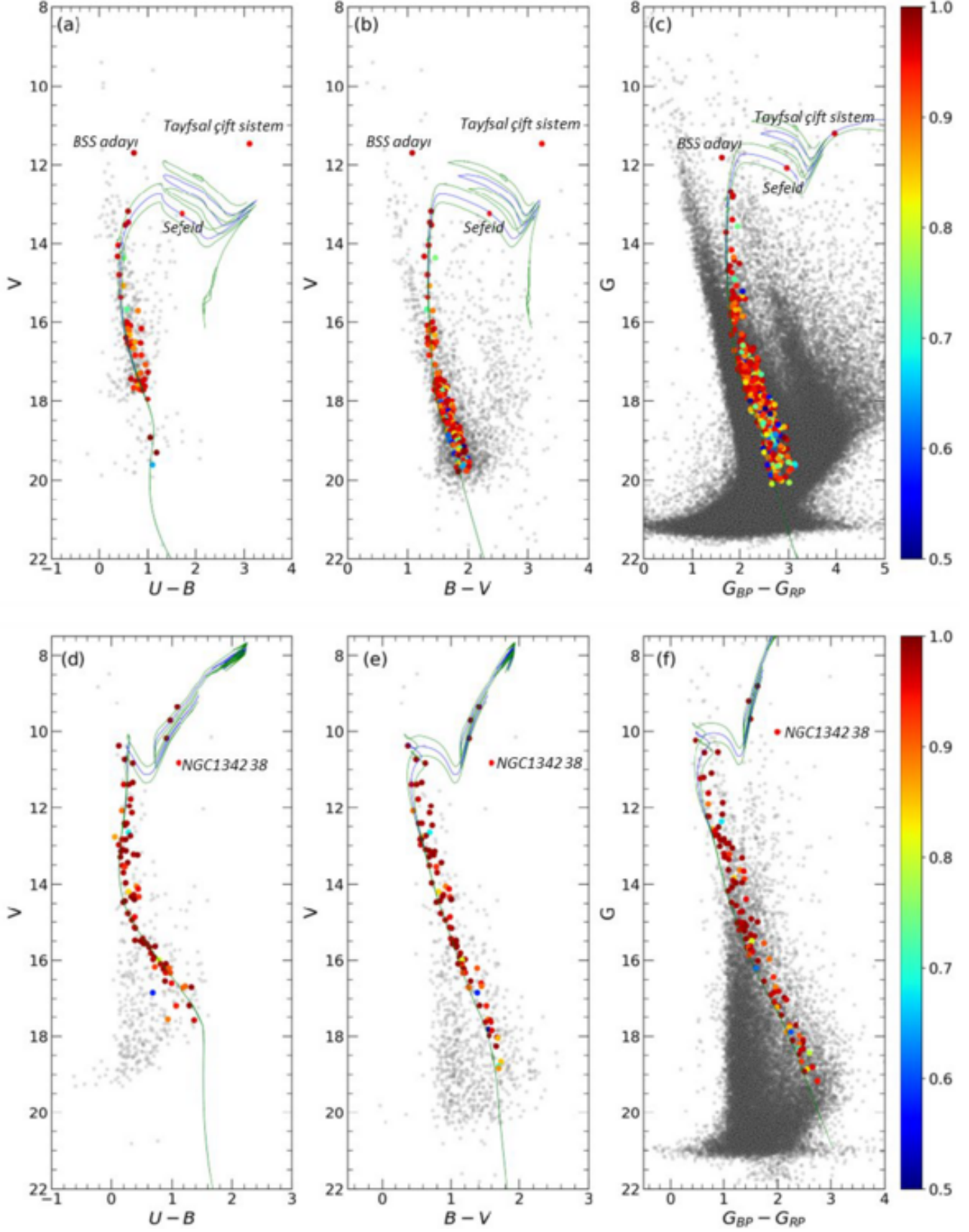


Şekil 2. Czernik 41 (panel a, b) ve NGC 1342 (panel c, d) açık küme alanlarındaki yıldızların *Gaia* DR3 öz hareket bileşenlerine ait grafikleri ve ekvatorial koordinatlarındaki gökyüzü yönelim vektörleri. Farklı renklerdeki daire ve vektörler üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan, gri daireler de üyelik olasılıkları $0 \leq P < 0.5$ olan yıldızları belirtmektedir. Sağ taraftaki renk ölçeği üyelik olasılığının bir fonksiyonu olup $P \geq 0.5$ için ölçeklendirilmiştir. (a) ve (c) panellerindeki kesikli mavi çizgilerin kesişim noktaları kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini, (b) ve (d) panellerindeki siyah artı işareti de kümelerin merkezi ekvatorial koordinatlarını göstermektedir.

5 Kümelerin Renk-Parlaklık Diyagramları

Gözlemsel renk-parlaklık diyagramları, yıldız kümelerinin astrofiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan temel araçlardır. Bu diyagramlar kullanılarak, bir kümenin yaşı, uzaklığı ve kimyasal yapısı belirlenir (Sandage 1958). Ancak, renk-parlaklık diyagramlarının analizi kümelerin Galaksi içindeki konumları, yaşları ve yıldız yoğunlukları gibi faktörlerden etkilenir. Özellikle, yaşlı, yoğun ve renk artışı büyük açık kümelerin renk-parlaklık diyagramlarının analizleri, diyagram üzerindeki küme yapısının morfolojik olarak yorumlanmasını zorlaştırmaktadır (Janes & Phelps 1994).

Czernik 41 ve NGC 1342 açık küme alanlarında tespit edilen yıldızların *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemlerinde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları Şekil 3'te gösterilmiştir. Czernik 41 açık kümesi için *UBV* fotometrik sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları (Şekil 3, panel a, b, c) incelendiğinde, kümenin anakolu $V \approx 16$ kadire kadar kabaca ayırt edilmesine karşın, sönük parlaklıklarda alan yıldızlarının etkisinden dolayı anakol yapısı ayırt edilmesi güçleşmektedir. *Gaia* fotometrik uzayındaki anakolunun konumu ise alan yıldızlarının fazlalığından dolayı net olarak görülememektedir. Czernik 41 küme alanında $V < 11$ ve $G < 10.5$ kadir aralıklarında kümenin muhtemel dev yıldız adayları, $11.5 < V < 12.5$ kadir



Şekil 3. Czernik 41 (panel a, b, c) ve NGC 1342 (panel d, e, f) açık kümelerinin $V \times (U-B)$, $V \times (B-V)$ ve $G \times (G_{BP} - G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramlarıyla gözlemsel veriyi en iyi ifade eden PARSEC eş-yaş eğrileri. Renkli daireler kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ ve gri daireler de $0 < P < 0.5$ olan yıldızları temsil etmektedir. Mavi düz çizgi kümelerin uzaklık modülünü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrilerini, yeşil düz çizgiler de yaş değerlerindeki belirsizliklerini temsil etmektedir.

aralıklarında da olası dönüm noktası yıldızları fark edilmektedir. NGC 1342 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramları (Şekil 3 panel d, e, f) incelendiğinde, küme anakolunun V ve G parlaklıklarında $V \approx 13.5$ kadire kadar seçilebildiği, $V < 10.5$ ve $G < 11$ ile $10.5 < V < 11$ kadir aralıklarında ise kümenin yaş tayininde önemli olan olası dev yıldız adaylarıyla dönüm noktası yıldızları görülmektedir.

6 Kümelerin Astrofizik Parametreleri

6.1 Kümelerin Renk Artıkları

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin $E(U-B)$ ve $E(B-V)$ renk artıkları, $(U-B) \times (B-V)$ iki-renk diyagramları kullanılarak hesaplanmıştır. Öncelikle kümeye üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$) ve kümelerin limit yarıçapları içinde kalan anakol yıldızları seçilerek $(U-B) \times (B-V)$ iki-renk diyagramları oluşturulmuştur. Bu kriterler ile birlikte, kümelerin renk artıklarının hesaplanmasında Czernik 41 açık kümesinin görünen parlaklığı $14 \leq V \leq 17$ kadir aralığında 27 yıldız ve NGC 1342 açık kümesinin $12 \leq V \leq 19$ kadir aralığında 56 yıldız tespit edilmiştir. Güneş bolluğundaki sıfır yaş anakol eğrisi (ZAMS), $(U-B) \times (B-V)$ iki-renk diyagramları üzerine işaretlenen yıldızlar ile uyum sağlayıncaya kadar kaydırılmıştır (Sung ve diğ. 2013). Karşılaştırma işlemi için renk artıkları $0.01 < (B-V) < 2$ kadir aralığında ve 0.01 kadirlik adımlar ile $[E(U-B)/E(B-V) = 0.72 + 0.05 \times E(B-V)]$ eşitliğine göre hesaplanmış ve her bir çözüm için χ^2 değerleri hesaplanmıştır. En küçük $\chi^2_{\min}$ modeline karşılık gelen $E(B-V)$ ve $E(U-B)$ ölçümleri iki kümenin kızarma değerleri olarak kabul edilmiştir. Czernik 41 açık kümesinin renk artıkları, $E(B-V) = 1.500 \pm 0.035$, $E(U-B) = 1.080 \pm 0.025$ kadir ve NGC 1342 açık kümesinin renk artıkları, $E(B-V) = 0.270 \pm 0.043$, $E(U-B) = 0.194 \pm 0.031$ kadir olarak hesaplanmıştır (bkz. Çizelge 1).

6.2 Kümelerin Metal Bollukları

İki açık kümenin metal bolluklarının belirlenmesinde, F-G tayf türündeki anakol yıldızlarından oluşturulan Karaali ve diğ. (2011)'nin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonu kullanılmıştır. Kalibrasyonun geçerli olduğu renk indeksi aralığı $0.3 \leq (B-V)_0 \leq 0.6$ dikkate alınmış ve kümelere üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar ile kümelerin etkin yarıçapı $r_{\lim} \leq 11'$ içinde kalan F ve G tayf türünden anakol yıldızlarının renk indeks aralıkları Eker ve diğ. (2018) tablolarından seçilerek $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramları oluşturulmuştur. Söz konusu yıldızların $(U-B)_0$ renk indeksleri, Hyades kümesindeki aynı $(B-V)_0$ renk indeksine sahip anakol yıldızlarıyla karşılaştırılmış, bu karşılaştırma sonucunda morötesi artıkları ($\delta_{0.6}$) ve ortalama morötesi artıkları Karaali ve diğ. (2011)'nin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunda kullanılarak Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin metal bollukları tayin edilmiştir. Fakat Czernik 41 açık kümesi için gerçekleştirilen metal bolluğu analizlerinde F ve G anakol yıldızı tespit edilemediğinden kümenin metal bolluğu belirlenememiş ve kümenin metal bolluğu $[Fe/H] = 0$ dex kabul edilmiştir. NGC 1342 açık kümesi için F ve G tayf türünden küme üyesi dokuz anakol yıldızı tespit edildiğinden kümenin metal bolluğu $[Fe/H] = -0.014 \pm 0.07$ dex olarak bulunmuştur (bkz. Çizelge 1). Yaş tayininde kullanılmak üzere hesaplanan metal bollukları, ağır element bolluğu Z' 'ye dönüştürülmüştür. Bu dönüşümde, Bovy'nin parsec (Bressan ve diğ. 2012) eş-yaş eğrileri dikkate

alınarak geliştirilen bağıntılar kullanılmıştır. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin ağır element bollukları, sırasıyla, $Z = 0.0152$ ve $Z = 0.0112$ olarak elde edilmiştir.

6.3 Kümelerin Uzaklık ve Yaşları

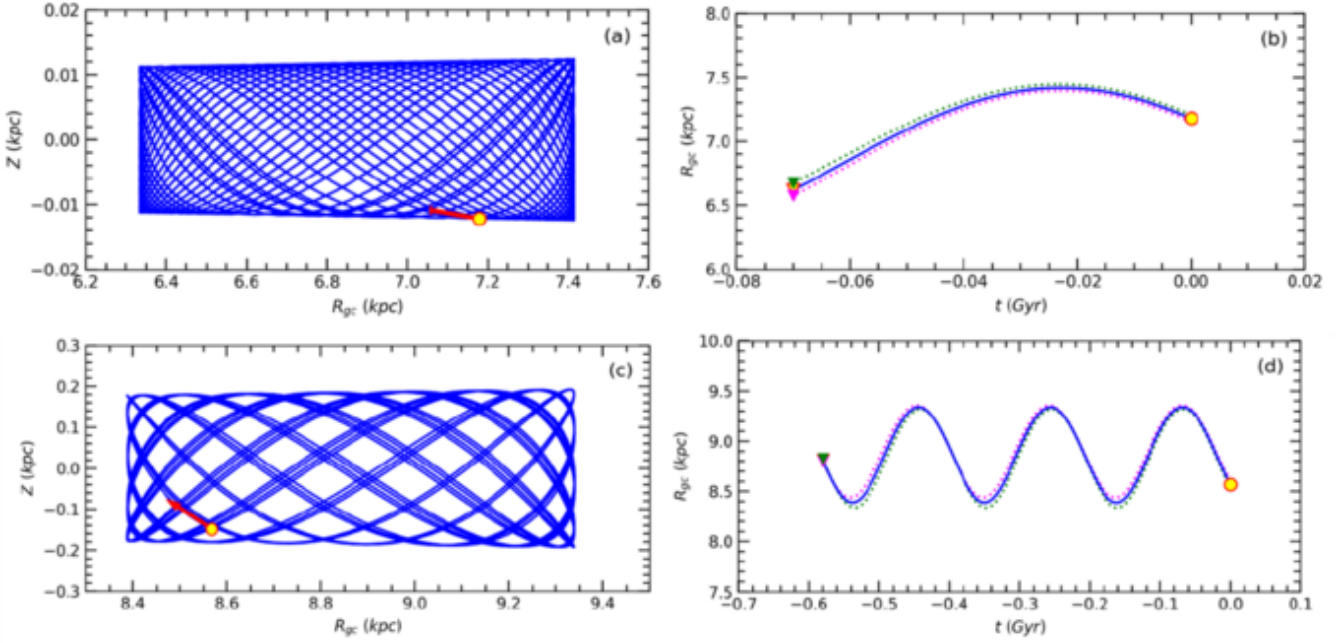
Küme üyesi yıldızlardan oluşturulan renk-parlaklık diyagramları, açık kümelerin renk uzaylarındaki yapısını en iyi şekilde temsil eder. Renk-parlaklık diyagramları, kümelerin anakol, dönüm noktası ve dev bileşenlerinin hassas bir biçimde tespit edilmesini sağlar ve bu yol ile kümenin model tabanlı kütle, yaş ve uzaklık değerleri hesaplanır. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin uzaklık modülü ve yaşı, Bressan ve diğ. (2012)'nin parsec eş-yaş eğrilerinin $V \times (U-B)$, $V \times (B-V)$, ve $G \times (G_{BP} - G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları üzerinden en olası küme üyeleriyle karşılaştırılarak eş zamanlı tayin edilmiştir. parsec eş-yaş eğrileri bu çalışmada hesaplanan renk artıkları dikkate alınarak kızartılmış ve çalışmada oluşturulan renk-parlaklık diyagramları üzerine işaretlenmiştir. İki açık kümedeki en olası küme üyesi yıldızları temsil eden yaş eğrileri kümenin yaş ve uzaklık modülünün belirlenmesinde kullanılmıştır. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin kızarmış uzaklık modülleri, sırasıyla, $\mu_V = 16.594 \pm 0.128$ ve $\mu_V = 9.880 \pm 0.136$ kadir, bu değerlere karşılık gelen kızarmadan arındırılmış uzaklıkları da $d = 2485 \pm 151$ ve $d = 645 \pm 42$ pc'tir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yaşları, sırasıyla, $t = 69 \pm 10$ ve $t = 1000 \pm 150$ Myıl olarak hesaplanmıştır (bkz. Çizelge 1). İki açık kümenin UBV ve $Gaia$ tabanlı renk-parlaklık diyagramları üzerinde üye yıldızlarıyla en iyi uyumu sağlayan eş-yaş eğrileri Şekil 3'te gösterilmiştir (bkz. Çizelge 1).

7 Kümelerin Uzak Hızları ve Galaktik Yörünge Parametreleri

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin kinematik ve dinamik yörünge analizlerinde kullanılan önemli parametrelerden biri de radyal hız ölçümleridir. Bu çalışmada iki kümenin limit yarıçapı ($r_{\lim} \leq 11'$) dahilindeki yüksek üyelik olasılığına sahip ($P \geq 0.5$) yıldızların radyal hız verileri $Gaia$ DR3 kataloğunda taranmıştır. Bu kapsamda, Czernik 41 açık kümesinde yedi yıldız, NGC 1342 açık kümesinde de 43 yıldızın radyal hız ölçümünün bulunduğu tespit edilmiştir.

İncelenen iki açık kümenin uzak hız bileşenleri ve Galaktik yörünge parametrelerinin tayin edilmesinde galpy Bovy (2015) programı kullanılmıştır. Hesaplamalarda, açık kümelerin ekvatorial koordinatları, bu çalışmada belirlenen radyal hızları, ortalama öz hareket bileşenleri, uzaklıkları ve bu parametrelerin belirsizlikleri dikkate alınmıştır. Girdi parametreleri olarak Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı $R_{gc} = 8$ kpc, rotasyon hızı $V_{rot} = 220$ km s⁻¹ ve Galaktik düzlemde dik uzaklığı 27 ± 4 pc alınmıştır (Chen ve diğ. 2000; Bovy & Tremaine 2012; Bovy 2015).

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yörünge integrasyonları, kümelerin bugünkü konumlarından 2.5 Gyl geriye doğru, 1 Myıl'lık adımlar ile hesaplanmıştır. Dinamik yörünge analizleri sonucunda, kümelerin Galaksi merkezine en yakın ve en uzak mesafeleri (R_a ve R_p), yörünge basıklıkları (e), Galaktik düzlemde en fazla uzaklaşabilecekleri dik mesafeleri (Z_{max}), uzak hız bileşenleri (U , V , W) ve yörünge periyotları (T_p) elde edilmiştir (bkz. Çizelge 1). Uzak hız bileşenlerine yerel durağanlık standardı (LSR) düzeltilmesi için Coşkunoğlu ve diğ. (2011)'nin değerleri kullanılarak uzak hız bileşenleri Czernik 41 açık kümesi için $(U, V, W)_{LSR} = (80.72 \pm 4.35,$



Şekil 4. Czernik 41 (a, b) ve NGC 1342 (c, d) açık kümelerinin Galaksi merkezinden uzaklıkları ve Galaktik düzlemde dik doğrultudaki yörüngeleri. Daire ve üçgen sembolleri açık kümelerin, sırasıyla, bugünkü ve doğdukları konumlarını, kırmızı oklar da kümelerin yörünge üzerindeki hareket vektörlerini göstermektedir.

-21.53 ± 2.10 , -0.46 ± 0.48) km s^{-1} ve NGC 1342 açık kümesi için $(U, V, W)_{\text{LSR}} = (17.07 \pm 0.34, 5.87 \pm 0.39, 6.13 \pm 0.33)$ km s^{-1} olarak hesaplanmıştır. Kümelerin toplam uzay hızları da Czernik 41 açık kümesi için $S_{\text{LSR}} = 83.55 \pm 4.85$ km s^{-1} ve NGC 1342 açık kümesi için $S_{\text{LSR}} = 19.06 \pm 0.61$ km s^{-1} bulunmuştur.

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Galaktik yörüngelerinin analizi, kümelerin Galaktik düzlemde dik uzaklığıyla Galaksi merkezinden olan mesafesinin ($Z \times R_{\text{gc}}$) ve zaman ile değişen Galaksi merkezi uzaklıklarının ($R_{\text{gc}} \times R_t$) görselleşmesiyle yapılmıştır. Şekil 4 panel a ve c, kümelerin Galaksi içindeki yörünge hareketlerini, Şekil 4 panel b ve d ise zaman ile Galaksi merkezinden uzaklıklarını göstermektedir. Ayrıca aynı şekil üzerinde açık kümelerin bugünkü ve doğduğu konumları, sırasıyla, sarı daire ve yeşil üçgen ile gösterilmiştir. Yörünge hareketlerindeki belirsizlikler ise yirdi parametrelerindeki hatalar dikkate alınarak hesaplamalar yapıldı gerçekleştirilmiş ve sonuçlar şekil üzerinde kesikli çizgiler ile belirtilmiştir.

Dinamik yörünge analizlerine göre, Czernik 41 açık kümesi Güneş çemberi içinde ($R_a = 7.41 \pm 0.02$, $R_p = 6.33 \pm 0.05$ kpc), NGC 1342 açık kümesi ise Güneş çemberinin dışında hareket etmektedir ($R_a = 9.34 \pm 0.02$, $R_p = 8.39 \pm 0.05$ kpc). İki açık kümenin Galaktik yörünge basıklık değerleri 0.1'i aşmamakta olup basık çembersel yörüngelere sahiptir. Galaktik yörünge periyotları Czernik 41 açık kümesi için $T_{\text{orb}} = 190 \pm 1$ Myıl ve NGC 1342 açık kümesi için de $T_{\text{orb}} = 250 \pm 1$ Myıl olarak hesaplanmış olup, kümelerin Galaktik düzlemde en fazla uzaklaşabilecekleri dik mesafeler, sırasıyla, $Z_{\text{max}} = 12 \pm 2$ ve $Z_{\text{max}} = 192 \pm 8$ pc olarak bulunmuştur (bkz. Çizelge 1).

8 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin astrometrik ve kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Galaksinin I. çeyreğinde yer alan Czernik 41 açık kümesinin renk artışı $E(B-V) = 1.50 \pm 0.043$ kadir, uzaklık modülü $\mu_V = 16.59 \pm 0.13$ kadir, uzaklığı $d = 2485 \pm 151$ pc ve yaşı $t = 69 \pm 10$ Myıl belirlenmiştir. Kümenin ilk detaylı CCD fotometrik analizi, Maciejewski & Niedzielski (2007) tarafından gerçekleştirilmiş ve kümenin yaşı $t = 500$ Myıl, uzaklık modülü $\mu_V = 14.64 \pm 0.42$ kadir ve uzaklığı $d = 1360 \pm 400$ pc olarak tayin edilmiştir. Kharchenko ve diğ. (2013) küme üyesi yıldızların 2MASS fotometrik ve PPMXL astrometrik verilerinden faydalanarak hazırladıkları Milky Way Star Catalog (MWSC) kataloğunda, Czernik 41 açık kümesinin renk artışı $E(B-V) = 1.280$ kadir, uzaklığını $d = 1540$ pc ve yaşını $t = 300$ Myıl belirlemişlerdir. Czernik 41 açık kümesi üzerine gerçekleştirilen diğer bir çalışmada Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), Gaia DR2 (Gaia işbirliği 2018) verilerini kullanarak kümeye yıldız olasılığı 0.5'ten büyük olan 234 muhtemel üye yıldız tespit etmiştir. Kümenin uzaklığını $d = 2511$ pc ve ortalama öz hareket bileşenlerini de $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (-2.932 \pm 0.138, -6.164 \pm 0.128)$ mas yıl $^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Bu bulgular, Gaia uydusundan sağlanan yüksek hassasiyetli veriler sonucunda kümenin astrofiziksel özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesine önemli katkılar sağlamıştır. Liu & Pang (2019), Gaia DR2 verilerini kullanarak yaptıkları çalışmada, kümenin uzaklığını $d = 2786 \pm 450$ pc, yaşını $t = 100$ Myıl ve ortalama öz hareket bileşenleri de $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (-2.900 \pm 0.230, -6.0724 \pm 0.297)$ mas yıl $^{-1}$ olarak hesaplamışlardır. Bu sonuçlar, Czernik 41 kümesinin yaş ve uzaklık parametrelerinin belirlenmesindeki farklılıkları yansıtsa da, genel olarak küme için verilen uzaklıkların 2500 pc civarında olduğunu göstermiştir. Bu çalışmamızda kümenin renk-parlaklık diyagramlarından elde edilen uzaklığı $d = 2485 \pm 151$ pc olup güncel çalışmalar ile uyumludur. Ayrıca, Czernik 41 kümesinin metal bolluğu

doğrudan tayin edilemediği için $[Fe/H]=0$ dex alınmıştır. Kümenin gerçek metal bolluğunun farklı olması, izokron uyumlarını ve buna bağlı olarak yaş, uzaklık ve renk artışı gibi temel parametreleri etkileyebilir. Yüksek çözünürlüklü tayfsal çalışmalarla kümenin gerçek metal bolluğunun belirlenmesi, fotometrik yöntemlerle elde edilen sonuçların doğrulanmasını, astrofiziksel parametrelerin daha doğru ve güvenilir bir şekilde türetilmesini sağlayabilir.

Gaia DR2 kataloğunun (*Gaia işbirliği* 2018) yıldızlar için fotometrik, astrometrik ve tayfsal veriler sağlaması, incelenen açık kümelerin astrofizik parametrelerine ait doğruluk ve duyarlılığı arttırmıştır (*Cantat-Gaudin ve diğ.* 2018; *Liu & Pang* 2019). *Tarricq ve diğ.* (2021), Czernik 41 kümesinin uzaklığını $d=2451$ pc, yaşını $t=14$ Myıl, öz hareket bileşenlerini de $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)=(-2.932 \pm 0.137, -6.164 \pm 0.128)$ mas yıl⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Ayrıca, radyal hız ölçümleri de bu çalışmada önemli bir yer tutmuş ve kümenin ortalama radyal hızı $V_R=-2.41 \pm 11.67$ km s⁻¹ olarak verilmiştir. Czernik 41 açık kümesinin radyal hız hesaplamaları için yalnızca yedi yıldız kullanılmıştır. Küme üyelerinin benzer astrofiziksel parametreleri ve hareket doğrultuları göz önünde bulundurulduğunda, bu sınırlı yıldız sayısının ağırlıklı ortalama yöntemiyle yapılan hesaplamalara etkisi en az düzeyde kabul edilmiştir.

NGC 1342 açık kümesi için yapılan ilk çalışmalarda kümenin uzaklığı *Jennes & Helfer* (1974) $d=759$ pc, *Cameron* (1985) $d=610$ pc ve *Strobel* (1991) $d=550$ pc olarak vermiştir. Sonraki çalışmalar, daha tutarlı sonuçlar ortaya koymuş ve genel olarak kümenin uzaklığını 650 pc civarında saptamıştır. Son 20 yıl içerisinde NGC 1342 kümesinin uzaklığı için yapılan çalışmalarda, *Kharchenko ve diğ.* (2005) $d=665$ pc, *Dias ve diğ.* (2021) $d=626 \pm 19$ pc, *Cantat-Gaudin ve diğ.* (2020) $d=653 \pm 0.7$ pc olarak verirken, *Liu & Pang* (2019) $d=668 \pm 25$ pc hesaplamıştır.

NGC 1342 açık kümesinin metal bolluğu üzerine gerçekleştirilen fotometrik çalışmalarda, *Jennes & Helfer* (1974) $[Fe/H]=-0.7$ dex, *Cameron* (1985) $[Fe/H]=-0.163$ dex, *Strobel* (1991) $[Fe/H]=-0.44$ dex, *Kharchenko ve diğ.* (2005) $[Fe/H]=-0.160$ dex hesaplamıştır. *Cantat-Gaudin ve diğ.* (2020) ve *Zhong ve diğ.* (2020) *Gaia* çağında gerçekleştirdikleri çalışmalarında ise kümenin metal bolluğunu $[Fe/H] \approx -0.2$ dex civarında belirlemişlerdir. Özellikle, kümeye üye yıldızların yüksek çözünürlüklü tayfsal analizlerinin yapıldığı son çalışmalarda kümenin metal bolluğunu *Reddy ve diğ.* (2015) $[Fe/H]=-0.14 \pm 0.05$ dex, *Conrad ve diğ.* (2017) $[Fe/H]=-0.16$ dex ve *Zhong ve diğ.* (2020) $[Fe/H]=-0.205$ dex'tir. Literatürde verilen bu sonuçlar, bu çalışmada *Karaali ve diğ.* (2011)'nin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonu ile hesaplanan $[Fe/H]=-0.14 \pm 0.07$ dex sonucuyla oldukça uyumludur.

NGC 1342 kümesinin yaşı çalışmamızda bağımsız yöntemler kullanılarak $t=1000 \pm 150$ Myıl tayin edilmiştir (bkz. Çizelge 1). Küme yaşı için literatürde oldukça geniş bir aralık verilmiştir: *Jennes & Helfer* (1974) $t=5$ Myıl, *Strobel* (1991) $t=300$ Myıl, *Pena* (1994) $t=400$ Myıl. Son yıllardaki çalışmalarda ise kümenin yaş tahminleri daha da farklılaşmış ve küme yaşı *Liu & Pang* (2019) $t=871$ Myıl ve *Tarricq ve diğ.* (2021) $t=850$ Myıl olarak belirlemiştir. Bu geniş yaş aralığı, hassas yaş tayini analizlerinin gerçekleştirilmediğini göstermektedir.

Kümenin renk artışı ($E(B-V)$) üzerine yapılan çalışmalarında farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışmamızda NGC 1342 açık kümesinin renk artışı $E(B-V)=0.270 \pm 0.043$

kadir hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, kümenin renk artışı *Jennes & Helfer* (1974) $E(B-V)=0.30$ kadir, *Cameron* (1985) $E(B-V)=0.42$ kadir, *Kharchenko ve diğ.* (2005) $E(B-V)=0.32$ kadir ve *Dias ve diğ.* (2021) $E(B-V)=0.396 \pm 0.053$ kadir olarak vermektedir. Bu sonuçlara göre, NGC 1342 açık kümesi için hesaplanan değerler literatürde verilenlerden daha küçüktür. Ayrıca, önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında, NGC 1342 için elde edilen yaş, renk artışı ve diğer parametre değerlerindeki bazı farklılıkların temel sebepleri, kullanılan veri setleri ve analiz yöntemlerindeki gelişmelerden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada NGC 1342 açık kümesinin ortalama öz hareket bileşenleri $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)=(0.419 \pm 0.041, -1.662 \pm 0.031)$ mas yıl⁻¹ olarak tayin edilmiştir. Kümenin öz hareket bileşenlerine yönelik araştırmalar incelendiğinde çok farklı değerlerin verildiği tespit edilmiştir: *Kharchenko ve diğ.* (2005) $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)=(0.13 \pm 0.80, -2.72 \pm 0.77)$ mas yıl⁻¹ ve *Dias ve diğ.* (2021) $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)=(-2.99 \pm 2.45, -1.82 \pm 1.76)$ mas yıl⁻¹. *Gaia* DR2 verilerinden inceleyen *Cantat-Gaudin ve diğ.* (2020)'de kümenin uzay tabanlı öz hareket bileşenlerini $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta)=(0.520 \pm 0.233, -1.604 \pm 0.195)$ mas yıl⁻¹ olarak belirlemiştir. Bu bulgular, NGC 1342 açık kümesinin öz hareketi hakkında daha net bir anlayış sunmaktadır.

NGC 1342 açık kümesinin radyal hız verisi de farklı çalışmalar arasında, bu çalışmada hesaplanan $V_R=-10.48 \pm 0.20$ değerine yakındır. *Mermilliod* (2008), kümenin radyal hızını $V_R=-10.67 \pm 0.11$ km s⁻¹ olarak verirken, *Kharchenko ve diğ.* (2005) $V_R=-10.90 \pm 0.30$ km s⁻¹ olarak tespit etmiştir. Benzer şekilde, *Soubiran ve diğ.* (2018) da NGC 1342 açık kümesinin ortalama radyal hızını -9.95 ± 0.21 km s⁻¹ olarak hesaplamıştır.

NGC 1342 açık kümesinin astrofiziksel parametreleri üzerine yapılan farklı çalışmalar, uzaklık, metal bolluğu, yaş, renk artışı, öz hareket ve radyal hız gibi parametrelerde farklılıklar gösterse de, son yıllarda gerçekleştirilen araştırmalar parametrelerin daha uyumlu sonuçlarda bir araya geldiğini göstermektedir. Açık kümenin uzaklığı $d=650$ pc civarına, metal bolluğu $[Fe/H]=-0.2$ dex, yaşı da $t=500$ Myıl civarındadır. Özellikle yer ve uzay tabanlı açık küme gözlemlerinin bir arada değerlendirilmesi sayesinde, açık kümelerin temel parametreleri daha doğru ve hassas bir şekilde hesaplanacak; böylece açık kümelerin evrimsel süreçleri ve Samanyolu'nun yapısı hakkında daha fazla bilgi edinilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-39160 ve TÜBİTAK 1001 kodlu 122F109 numaralı projeler ile desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan yer tabanlı CCD gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi tarafından 18CT100-1396 numaralı ve "Seçilmiş Açık Kümelerin CCD UBVRİ Gözlemleri-III" isimli gözlem projesiyle gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Bertin, E., Arnouts, S., 1996, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, 117, 393
 Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S. Nanni, A., 2012, *MNRAS*, 427, 127
 Bovy, J., Tremaine, S., 2012, *ApJ*, 756, 89
 Bovy, J., 2015, *ApJS*, 216, 29
 Cameron, L. M., 1985, *A&A*, 147, 39
 Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A., ve diğ., 2018, *A&A*, 618, A93

- Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., Jordi, C., Romero-Gómez, M., Soubiran, C., Casamiquela, L., Tarricq, Y., 2020 A&A, 640, 17
- Chen, Y. Q., Nissen, P. E., Zhao, G., Zhang, H. W., Benoni, T., 2000, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 141, 491
- Coşkunoğlu, B., Ak S., Bilir, S., ve diğ., 2011, MNRAS, 412, 1237
- Conrad, C., Scholz, R. D., Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., de Jong, R. S., Schnurr, O., 2017, A&A, 600, A106
- Dias, W. S., Monteiro, H., Moitinho, A., Lepine, J. R. D., Carraro, G., Paunzen, E., Alessi, B., Villela, L., 2021, A&A, 564, 8
- Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., ve diğ., 2018, MNRAS, 479, 5491
- Friel, E. D., 1995, ARA&A, 33, 381
- Gaia Collaboration, Brown A. G. A., Vallenari A., Prusti T., de Bruijne J. H. J., Babusiaux C., Bailer-Jones C. A. L., et al., 2018, A&A, 616, A1
- Gaia Collaboration, Vallenari A., Brown A. G. A., Prusti T., de Bruijne J. H. J., Arenou F., Babusiaux C., et al., 2023, A&A, 674, A1
- Janes, K. A., Phelps, R. L., 1994, AJ, 108, 1797
- Jennes, P. A., Helfer, H. L., 1974, MNRAS, 172, 681
- Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoğlu, B. 2011, Publ. Astron. Soc. Australia, 28, 95
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R.-D., 2005, A&A, 438, 1163
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Roeser, S., Scholz, R. -D., 2013, A&A, 558, 8
- King, I. R., 1962, AJ, 67, 471
- Krone-Martins, Moitinho, A., 2014, A&A, 561, 57
- Lada, C. J., Lada, E. A., 2003, ARA&A, 41, 57
- Landolt, A. U., 2009, AJ, 137, 4186
- Liu, L., Pang, X., 2019, ApJS, 245, 32
- Maciejewski, G., Niedzielski, A., 2007, A&A, 467, 3
- McKee, C. F., Ostriker, E. C., 2007, ARA&A, 45, 565
- Mermilliod, J. C., Mayor, M., Udry, S., 2008, A&A, 485, 303
- Pena, J. H., Penicje R., Bravo, H., Yam, O., 1994, Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 28, 7
- Reddy, A. B. S., Giridhar, S., Lambert, L. D., 2015, MNRAS, 367, 1329
- Sandage, A. R., 1958, AJ, 127, 513
- Soubiran, C., Cantat-Gaudin, T., Romero-Gómez, M., ve diğ., 2018, A&A, 619, A155
- Strobel, A., 1991, A&A, 247, 35
- Sung, H., Lim, B., Bessell, M. S., Kim, J. S., Hur, H., Chun, M. Park, B., 2013, JKAS, 46, 103
- Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., Cantat-Gaudin, T., Chemin, L., Anders, F., Antoja, T., Romero-Gómez, M., 2021, A&A, 46, 103
- Zhong, J., Chen, L., Wu, D., Li, L., Bai, L., Hou, J., 2020, A&A, 640, A127

Access:M25-0305: [Turkish J.A&A](#) — [Vol.6, Issue 3](#).