T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

SEÇİLMİŞ AÇIK KÜMELERİN GAIA FOTOMETRİK VE ASTROMETRİK VERİLER İLE ANALİZİ

Songül ÖZIRMAK

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Mayıs, 2024

İSTANBUL

Bu çalışma, 24.05.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Selçul BİLİR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Fen Fakülte

Dr. Öğr. Üyesi Talar YONTAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakülte

İntihal Programı Beyanı

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Proje Destekleri

Bu tez, 122F109 numaralı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumunun (TÜBİTAK) projesi ile desteklenmiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınların Künye Bilgileri

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez sürecindeki bilgi birikimlerini, deneyimlerini, geri bildirimlerini, önerilerini, rehberliğini ve desteğini esirgemeden paylaşan, bu akademik kariyer yolculuğunda pozitif teşvikleri, samimiyeti ve insan ilişkileri yönünden her daim yapıcı olan kıymetli hocam Prof. Dr. Selçuk BİLİR'e,

Bu çalışma süresince yardım severliği, samimiyeti, duruşu, kalitesi, çalışkanlığı, öz veriliği, çalışma azmi, dostluğu ve yapıcı tavırlarından asla taviz vermeyen, bilgi birikiminden fazlasıyla yararlandığım ve uzun yıllar birlikte çalışmayı arzu ettiğim, değerli ve sevgili arkadaşım kadim dostlarım Remziye CANBAY'a ve Dr. Öğr. Üyesi Talar YONTAN'a,

Tez çalışmam süresince yardımını esirgemeyen, lisansüstü arkadaşlarım Seval TAŞDEMİR, Hülya ERÇAY ve Deniz Cennet DURSUN'a, canım arkadaşlarım Canto Cuma PORTAKAL ve astronom Burçin TANIK ÖZTÜRK'e

Her daim yanımda olan ve beni destekleyen can aileme ve Bahçelievler İlçe Nüfus Müdürüm ve iş arkadaşlarıma,

Bu tez çalışmasını destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK 22F109),

Teşekkür ediyorum.

Mayıs 2024 Songül ÖZIRMAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1. AÇIK KÜMELER VE ÖNEMİ 11
2.2. GAIA UYDUSU 25
2.3. İNCELENEN AÇIK KÜMELERİN LİTERATÜR ÖZETİ 31
3. MALZEME VE YÖNTEM **38**
3.1. VERİ 38
3.2. AÇIK KÜME ANALİZLERİ 41
3.2.1. Yapısal Parametre Tayini 41
3.2.2. Küme Üyelik Hesabı 43
3.2.3. Astrometrik Parametrelerinin Belirlenmesi 45
3.2.4. Temel Astrofizik Parametrelerin Belirlenmesi 46
3.3. GELİŞTİRİLEN PROGRAMLAR 48
4. BULGULAR **52**
4.1. KÜME VERİLERİNİN ANALİZLERİ 52
4.2. KÜMELERİN RADYAL YOĞUNLUK PROFİLLERİ 55
4.3. KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN SEÇİMİ 56
4.4. KÜMELERİN ASTROMETRİK PARAMETRELERİ 58
4.5. KÜMELERİN TEMEL ASTROFİZİK PARAMETRELERİ 60
5. TARTIŞMA VE SONUÇ **64**
5.1. ASTROMETRİK VERİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI 65
5.2. ASTROFİZİK PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 67
KAYNAKLAR **71**

EKLER **94**

Tablo EK 1: Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin literatür bilgileri. 94

Şekil EK 1: 10 açık kümenin ekvatoral koordinat sistemindeki konumları. Görüş alanı, Tablo 3.2'de verildiği gibi yay dakikası olup kuzey yönü şekil üst kısmına ve doğu yönü de şekillerin sol kısmına doğrudur. 105

Şekil EK 2: 10 açık küme doğrultusunda gözlenen kaynakların *G* bandı histogramları. Kırmızı kesikli çizgi sönük tamlık sınırını göstermektedir. 106

Şekil EK 3: 10 açık küme için oluşturulan yıldız sayı yoğunluk profili. Siyah eğri King modeli (1962) fitini, gri yatay band zemin yoğunluğunu, pembe band da King model fitinin güvenilirlik sınırını göstermektedir. 107

Şekil EK 4: Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin VPD'leri. 109

Şekil EK 5: 10 açık kümedeki üye yıldızların trigonometrik paralakslarından oluşturulan histogramları ve bu histogramlara yapılan Gauss fitleri. 113

Şekil EK 6: 10 açık kümenin $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları. 115

ÖZGEÇMİŞ **118**

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Samanyolu'nun sarmal kollarının yapısını gösteren bir çizim (NASA/JPL-Caltech).....6

Şekil 2.2: Samanyolu'nda bulunan üç büyük yıldız topluluklarına örnekler: NGC 2547 açık kümesi (ESO/J. Pérez; sol panel), M4 küresel kümesi (ESO, orta panel), bir OB-oymağı olarak bilinen Monoceros R2 (ESO, VISTA/J. Emerson, sağ panel). Görüntülere ait ölçek bilgileri şekillerin sağ alt köşelerinde gösterilmiştir. 7

Şekil 2.3: Samanyolu'nun ince disk, kalın disk, şişkin bölge, halo ve yıldızlararası ortamını gösteren şematik bir çizimi. 8

Şekil 2.4: Açık kümelerin Trumpler sınıflandırılmasına göre, sütundaki kümeler (I, II, III ve IV) merkezi yoğunlaşmalarına göre, satırlardaki (r, m ve p) kümeler ise yıldız sayılarına göre sınıflandırılmıştır (Bernhard Hubl, 2009).....13

Şekil 2.5: Ruprecht 91 (sarı daire) ve Gulliver 1 (mavi daire) açık kümeleri doğrultusundaki yıldızların *Gaia* DR2 veri tabanından alınmış öz hareket bileşenleri (sol üst panel), ekvatoral koordinat sistemindeki konumları (sağ üst panel), görünen G görünen parlaklıklarına karşı trigonometrik paralaks verileri (sol alt panel) ve $G \times (G_{BP} - G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları (sağ alt panel). Yıldızların trigonometrik paralaks ölçümlerini gösteren renklendirme sağ alt panelin kenarında renk ölçeğiyle gösterilmiştir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018).....17

Şekil 2.6: *Gaia* DR2 veri tabanındaki (Gaia işbirliği, 2018) verilerden hesaplanan açık küme uzaklıkları Galaktik düzlem üzerindeki konumları (sol panel) ve küme yaşlarına göre renklendirilmiş durumları (sağ panel). Açık küme uzaklıkları Cantat-Guadin ve diğ.'den (2018) ve spiral kollar verileri de Reid ve diğ.'nin (2014) çalışmasından alınmıştır. 19

Şekil 2.7: Güneş civarındaki açık kümelerin $Z \times R_{gc}$ düzlemi üzerindeki konumları. Küme yaşları şeklin sağ tarafında gösterilen renk ölçeğiyle gösterilmiştir: Yaşlı açık kümeler (sarı renk; $\log t > 8.5$ yıl), orta yaşlı açık kümeler (mavi renk; $7 < \log t$ (yıl) ≤ 8.5) ve genç açık kümeler (mor renk; $\log t$ (yıl) < 7). Güneş'e 4 kpc mesafe içinde bulunan açık kümelerin $Z \times R_{gc}$ düzlemi üzerindeki konumları (alt panel). Kırmızı çizgi, yerel medyana dayalı bir yumuşatma tekniği olan "lowess smoothing" ile elde edilen değişimi temsil etmektedir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018).....19

Şekil 2.8: Samanyolu'nda farklı yaşlardaki açık kümelerinin Galaktik düzlem ($Y_\odot \times X_\odot$) üzerindeki konumları. Yeni keşfedilen açık kümeler (+) sembolüyle, Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) çalışmasında bilinen açık kümeler ise (Δ) sembolüyle gösterilmiştir. Noktalı çizgiler Castro-Ginard ve diğ. (2021) tarafından tanımlanan Galaksi'nin bilinen spiral kollarını temsil etmektedir. Yaşları $0 < t$ (Myıl) ≤ 100 aralığında olan 276 yeni ve 703 bilinen açık küme (sol üst panel), yaşları $100 < t$ (Myıl) ≤ 500

aralığında bulunan 248 yeni ve 675 bilinen açık küme (sağ üst panel), yaşları 500 < t (Myıl) ≤ 1000 aralığında bulunan 58 yeni ve 229 bilinen açık küme (sol alt panel) ve yaşları t (Myıl) > 1000 olan 46 yeni ve 260 bilinen açık küme açık kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki konumları. 20

Şekil 2.9: *Gaia* Uzay Teleskobunun temsili bir görüntüsü (ESA, 2019). 26

Şekil 2.10: *Gaia* uydu gözlemleriyle elde edilmiş Galaksi'nin renkli bir görüntüsü. 27

Şekil 2.11: *Gaia* DR3'te kullanılan filtrelerinin (G (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı)) geçirgenlik çizgileri. 29

Şekil 2.12: 31 Aralık 2021 tarihine kadar *Gaia* görevi çerçevesindeki farklı zamanlarda araştırmacılar ile paylaşılmış *Gaia* DR1, DR2 ve EDR3 veri sürümlerinden (Gaia işbirliği, 2016; 2018; 2021) üretilmiş makalelere alınmış aylık ortalama atıf sayıları. 30

Şekil 3.1: Sayılar ile *Gaia* veri sürümü 3 (ESA/*Gaia* /DPAC). 39

Şekil 3.2: *Gaia* uydusunda kullanılan gözlem tekniklerinin şematik gösterimi. 40

Şekil 3.3: 10 NGC açık kümesinin astrofizik ve yapısal parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan Python kod algoritması. 49

Şekil 4.1: NGC 2264 ve NGC 2423 kümelerinin ekvatoral koordinat sistemindeki konumları. Görüş alanı, sırasıyla, 35'×35' ve 40'×40' yay dakikası^2 olup kuzey yönü şekil üst kısmına ve doğu yönü de şekillerin sol kısmına doğrudur. 53

Şekil 4.2: NGC 2264 ve NGC 2423 kümeleri doğrultusunda gözlenen kaynakların G bandı histogramları. Kırmızı kesikli çizgi sönük tamlık sınırını göstermektedir. 54

Şekil 4.3: Kümelerin yıldız sayı yoğunluğu profili. Siyah eğri King modeli fitini, gri yatay band zemin yoğunluğunu, pembe band da King model fitinin güvenilirlik sınırını göstermektedir. 56

Şekil 4.4: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümeleri alanında bulunan yıldızların *Gaia* DR3 kataloğundan alınan astrometrik verilerinin öz hareket uzayındaki dağılımları. Renk ölçekleri yüksek olasılıklı küme yıldızlarını ($P \geq 0.5$), gri daireler ise üyelik olasılıkları $P < 0.5$ olarak hesaplanan alan yıldızları ifade etmektedir. Kesikli mavi çizgiler kümenin ortalama öz hareket bileşenlerini temsil eder. Sağ panellerindeki siyah artı işareti açık kümelerin merkezi ekvatoral koordinatlarını göstermektedir. 59

Şekil 4.5: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerindeki yüksek olasılıklı üye yıldızların trigonometrik paralaks verilerine ait histogramları. Kırmızı kesikli çizgi dağılıma uygulanan Gauss fitini göstermektedir. 60

Şekil 4.6: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin $G \times (G_{BP}$-$G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları. Farklı renkler küme üyesi yıldızların olasılık değerlerini, mavi ve yeşil eğriler, sırasıyla, kümenin yaşını ve yaştaki hatasını göstermektedir. 62

Şekil 5.1: Tez kapsamında incelenen 10 açık küme için hesaplanan astrometrik veriler ile Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınanlar ile karşılaştırılması: (a) ve (b) açık kümelerin öz hareket bileşenleri, (c) açık kümelerin ortalama trigonometrik paralaks verileri ve (d) bu ortalama değerlerinin uzaklığa dönüştürülmüş durumu. 67

Şekil 5.2: Tez kapsamında incelenen 10 açık küme için hesaplanan astrofizik parametreler ile Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınanlar ile karşılaştırılması: (a) *V* bandı için sönükleşme, (b) anakol çakıştırma yöntemiyle tayin edilen uzaklıklar ve (c) PARSEC eş-yaş eğrileriyle (Bressan ve diğ., 2012) hesaplanan logaritmik yaşların karşılaştırılması. Her bir panelde görülen köşegen çizgi bire-bir doğrusunu göstermektedir. 69

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: *Gaia* DR3 veri tabanındaki nesnelerin *G* görünen parlaklığına göre astrometrik ve fotometrik ölçülmelerine ait belirsizlikler. 39

Tablo 3.2: Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin ekvatoral (α, δ) ve Galaktik koordinatları (l, b), görüş alanları ve bu alanlarda *Gaia* DR3 kataloğundan tespit edilen yıldız sayıları. 41

Tablo 4.1: *G* görünen parlaklığının bir fonksiyonu olarak hesaplanan fotometrik belirsizlikler. *N*; *G* parlaklık aralığına düşen yıldız sayılarını σ_G, $\sigma_{GBP-GRP}$, sırasıyla, *G* ve G_{BP}-G_{RP} parlaklık ve renk indekslerindeki ortalama belirsizlikleri ifade etmektedir. 54

Tablo 4.2: Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin yaş tayinde kullanılan demir bolluklarına ([Fe/H]). Sütunlar, sırasıyla, açık kümelerin isimlerini, ekvatoral (α, δ) ve Galaktik koordinatlarını (l, b), tayfsal yöntemler ile hesaplanan demir bolluklarını, analizlerde kullanılan kümeye üye yıldız sayısını (*N*), ağır element bolluğunu (*Z*) ve ilgili tayfsal çalışmanın atıflarını göstermektedir. 61

Tablo 4.3: Çalışmada incelenen 10 NGC açık kümesinin yapısal, astrofizik ve astrometrik parametreleri.....63

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
λ	: Dalgaboyu
χ	: Ki-kare değeri
ρ	: Yıldız yoğunluğu
σ_{B-R}	: G_B-G_R renk indeksi için ortalama hata
σ_G	: G bandındaki ortalama hata
$(X, Y, Z)_\odot$	: Güneş merkezli kartezyen koordinat sistemi
[Fe/H]	: Metal bolluğu
$\mu_\alpha \cos\delta$	: Sağ açıklıktaki öz hareket bileşeni
μ_δ	: Dik açıklıktaki öz hareket bileşeni
Å	: Angström
A_G	: G bandındaki sönükleşme miktarı (kadir)
A_V	: V bandındaki sönümleme miktarı (kadir)
b	: Galaktik enlem (derece)
B-V	: B-V renk indeksi (kadir)
c/a	: basıklık oranı
d	: Güneş'e uzaklık (pc)
E(B-V)	: B-V renk indeksindeki renk artığı (kadir)
$E(G_{BP}-G_{RP})$	: G_{BP}-G_{RP} renk indeksindeki renk artığı (kadir)
f_0	: Merkezi yıldız yoğunluğu
f_{bg}	: Zemin yıldız yoğunluğu
G	: Gaia görünen parlaklığı (kadir)
G_{BP}-G_{RP}	: G_B-G_R renk indeksi (kadir)
H	: Yükseklik ölçeği
M_V	: Mutlak parlaklık (kadir)
$M_\odot$	: Güneş kütlesi
P	: Bir yıldızın kümeye üyelik olasılığı
r	: Küme merkezinden uzaklık
r_c	: Kümenin etkin yarıçapı
R_{gc}	: Güneş çemberi

$\mathbf{R_V}$	**:** Radyal hız
SBbc	**:** Çubuklu spiral galaksi
t	**:** Küme yaşı (yıl)
V	**:** Görünen parlaklık (kadir)
Z	**:** Ağır element bolluğu
$\boldsymbol{\alpha_{2000}}$	**:** Epok 2000 için sağ açıklık
$\boldsymbol{\Delta\lambda}$	**:** Band genişliği
$\boldsymbol{\delta_{2000}}$	**:** Epok 2000 için dik açıklık
$\boldsymbol{\mu}$	**:** Uzaklık modülü
$\boldsymbol{\varpi}$	**:**Trigonometrik paralaks (mas)
$\boldsymbol{\sigma_{\varpi}/\varpi}$	**:** Rölatif trigonometrik paralaks hatası
$\boldsymbol{\ell}$	**:** Galaktik boylam

Kısaltmalar	Açıklama
2MASS	**:** Two Micron All-Sky Survey (İki Mikron Gökyüzü Taraması)
ADS	**:** Astrophysics data system(Astrofizik Veri Sistemi)
APOGEE	**:** The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment
CCD	**:** Charge Coupled Device
CMD	**:** Renk-parlaklık diyagramı
DAML02	**:** Dias, Alessi, Moitinho ve Lepine açık küme kataloğu
DIONYSOS	**:** Disc Optical Near-Infrared Stellar Object Spectroscopy
ESA	**:** Europen Space Agency
ESO	**:** Europen Southern Observation
Gaia	**:** Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
GALAH	**:** GALactic Archaeology with HERMES
Gyıl	**:** Milyar yıl
Hipparcos	**:** HIgh Precision PARallax COllecting Satellite
HR	**:** Hertzprung-Russell
IC	**:** Index Catalogues
IMF	**:** Başlangıç kütle fonksiyonu
JPL	**:** Jet Propulsion Laboratory
km	**:** Kilometre
Kpc	**:** Kiloparsek
LAMOST	**:** The Large Sky Area Multi-Object Fibre Spectroscopic Telescope
mas	**:** Mili yay saniyesi
MWSC	**:** The Milky Way Star Cluster Catalogue
Myıl	**:** Milyon yıl
NASA	**:** National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NGC	**:** New General Catalogue
nm	**:** Nanometre
PARSEC	**:** Padova And Trieste Stellar Evolution Code
pc	**:** Parsek
Pop	**:** Popülasyon
PPMXL	**:** Position and Proper Motion Extended-L
PSF	**:** Point Spread Function (Nokta Yayılım Fonksiyonu)
Python	**:** Python Programlama Dili

RAVE : RAdial Velocity Experiment

RVS : Radyal Hız Spektrometresi

SDSS : Sloan Digital Sky Survey

SIMBAD : Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data

sn : Saniye

UCAC : USNO CCD Astrograph Catalog

UPMASK : Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters

VISTA : Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy

VPD : Vektör nokta diyagramı

WEBDA : Açık kümeler için elektronik veri tabanı

ZAMS : Zero Age Main Sequence (Sıfır Yaş Anakolu)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEÇİLMİŞ AÇIK KÜMELERİN GAIA FOTOMETRİK VE ASTROMETRİK VERİLER İLE ANALİZİ

Songül ÖZIRMAK

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Bu çalışmada, Güneş civarında merkezi yoğunlaşma gösteren farklı yaştaki 10 açık kümenin *Gaia* DR3 kataloğundan sağlanan astrometrik ve fotometrik verileriyle açık kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin tayin edilmesi planlanmıştır. İncelenen açık kümelerin sönük limit parlaklıkları G = 20.5 kadir olarak belirlenmiştir. Açık kümelerin yapısal parametreleri küme merkezinden uzaklıklara göre oluşturulan yıldız sayı yoğunluk profillerinin King modeli (1962) kullanılarak fit edilmesiyle belirlenmiştir. Küme üyesi yıldızların seçiminde bir kümelenme algoritması olan UPMASK yazılımı kullanılmıştır. Küme üyeliği P=%50 değerinden büyük ve eşit olan yıldızlar öz hareket uzayına işaretlenerek açık kümelerin ortalama öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaks verilerinden oluşturulan histogramlara yapılan Gauss fitleriyle de kümelerin ortalama trigonometrik paralaksları tayin edilmiştir. İncelenen 10 açık kümenin demir bollukları küme üyesi yıldızların yüksek/orta çözünürlüklü tayf analizlerinden tayin edilmiş olup literatürde verilen değerleri alınmıştır. Astrofizik parametrelerin tayininde anakol çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Renk-parlaklık diyagramı üzerinde işaretlenen küme üyesi yıldızlar, metal bolluğu bilinen PARSEC eş-yaş eğrileriyle fit edilerek renk artıkları ($E(G_{BP}$-$G_{RP})$), uzaklıkları (d) ve yaşları (t) eş zamanlı olarak tayin edilmiştir. Kümelerin astrofizik parametrelerinin analizleri neticesinde 10 açık kümenin renk artıkları $0.033 \leq E(G_{BP}$-$G_{RP})$ (kadir) ≤ 0.434, uzaklıklarının $387 \leq d$ (pc) ≤ 1033, metal bolluklarının $-0.129 \leq$ [Fe/H] (dex) ≤ 0.080 ve yaşlarının $4 \leq t$ (Myıl) ≤ 1200 aralıklarında bulunduğu tespit edilmiştir. Tez çalışmasında *Gaia* DR3'teki astrometrik ve fotometrik

verilerin kullanılmasıyla açık kümelerin hesaplanan astrofizik parametrelerinin *Gaia* DR2 verilerinden elde edilen sonuçlara göre daha doğru ve hassas tayin edildiği görülmüştür.

Mayıs 2024, 136 sayfa.

Anahtar kelimeler: Açık Kümeler: Galaksi Diski: Güneş Civarı

SUMMARY

M.Sc. THESIS

ANALYSIS OF SELECTED OPEN CLUSTERS WITH GAIA PHOTOMETRIC AND ASTROMETRIC DATA

Songül ÖZIRMAK

İstanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

In this study we have used astrometric and photometric data from the *Gaia* DR3 catalogue to determine the structural and astrophysical parameters of 10 open clusters of different ages with a central concentration the Solar neighbourhood. The faint limit luminosity of the analysed open clusters was determined to be $G = 20.5$ mag. The structural parameters of the open clusters were obtained by fitting the stellar number density profiles generated as a function of distance from the cluster centre with the King model (1962). The UPMASK software, a clustering algorithm, was used to select the cluster members. Stars with cluster membership greater than or equal to P=50% were marked in the proper motion space to determine the mean proper motion components of the open clusters, and the mean trigonometric parallaxes of the clusters were determined by Gaussian fits to the histograms generated from the trigonometric parallax data. The iron abundances of the 10 open clusters were determined from high/medium resolution spectroscopic analyses of the cluster members, and the values reported in the literature were used. The astrophysical parameters were obtained using the main sequence fitting method. The colour excess ($E(G_{BP}$-$G_{RP})$), distances (d) and ages (t) of the cluster member stars were simultaneously determined by fitting them with PARSEC isochrone with known metal abundances. The astrophysical parameters of the clusters were analysed, and it was found that the 10 open clusters have colour excess of $0.033 \leq E(G_{BP}$-$G_{RP})$ (mag) ≤ 0.434, the distances (d, in parsecs) of the open clusters range from 87 to 1033, while their metal abundances (in dex) span from -0.129 to 0.080. The ages (t, in millions of years) of the clusters are estimated to be

between 4 and 1200. In this study revealed that the astrophysical parameters of 10 open clusters calculated using astrometric and photometric data from *Gaia* DR3 were determined with greater accuracy and precision than those obtained from *Gaia* DR2 data.

May 2024, 136 pages.

Keywords: Open clusters: Galaxy disc: Solar neighborhood

1. GİRİŞ

İnsanların tarih boyunca evrene yönelik bir merak duygusu vardır. Bu merak, insanın göz ile algılanan sınırların ötesine geçme arzusunu tetiklemiştir. Özellikle 1610 yılında Galileo Galilei icat ettiği teleskobuyla astronomik gözlemler yapması, insanlığa göz ile görülen sınırların ötesine geçme fırsatı tanımış ve gökyüzünde bilinenin ötesinde daha fazla yıldızın varlığını fark etmesine imkân tanımıştır. Bu durum, insanın evrensel merakının bilimsel ve teknolojik gelişmelere ilham kaynağı olmuştur, bu da evrenin sırlarını çözmeye yönelik keşiflerin önünü açmıştır. Galileo Galilei, teleskobunu kullanarak Ay'ın yüzeyindeki dağları, gezegenlerin etrafında uyduları ve Samanyolu Galaksi'sinin bir yıldız topluluğu olduğunu keşfetti. Bu keşifler, insanlığın evreni algılayış biçimini kökten değiştirdi ve astronomi alanındaki araştırmaları hızlandırdı. William Herschel, 1782-1802 tarihleri arasında tasarladığı teleskoplar aracılığıyla uzak gök cisimlerini ve yıldız alanlarını incelemeye başladı. Herschel, gökyüzünü 683 farklı alana ayırarak her bir bölgede kalan yıldızları saymış ve bu sayımların temelinde Güneş'in Samanyolu'ndaki konumunu saptamaya ve Galaksi'nin ana hattını çıkarmaya çabalamıştır. Bu gözlemler ile ilk kez Samanyolu Galaksi'sinin sistematik olarak araştırılmasını sağlamıştır. Galileo'nun gözlemleri, evrenin büyüklüğü ve karmaşıklığı hakkındaki anlayışımızı genişletirken, Herschel'in gözlemleri ise Samanyolu'nun yapısını ve Güneş'in Galaksi'deki konumunun belirlenmesine yardımcı olmuştur. Bu iki gözlem, astronomi alanındaki araştırmaları önemli ölçüde ilerletmiş ve evrenin sırlarının çözülmesine yönelik önemli bir adımın atılmasına imkân vermiştir.

Samanyolu'nun modern teleskoplar ile ilk sistematik incelemesi, 1917 yılında Shapley tarafından başlatılmıştır. Shapley, küresel yıldız kümelerinin gözlemlerinden yola çıkarak, bu kümelerin Galaksi içindeki konumlarını ve uzaklıklarını hesaplayarak Samanyolu'nun yapısı hakkında önemli bilgilere ulaştı. Yapılan hesaplamalar sonucunda, Samanyolu'nun çapının 100 kiloparsek (kpc) civarı ve Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığının da 15 kpc civarı olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çarpıcı tespitler, Samanyolu'nun geniş ölçekteki yapısı hakkında ilk detaylı bilgilere ulaşılmasını sağlamıştır. Shapley'in çalışmaları, Galaktik astronomi alanında temel bir dönemeç oluşturarak, Samanyolu'nun ölçek ve yapısal özelliklerine ilişkin kapsamlı bir anlayışın temelini ortaya atmıştır (Shapley, 1917).

Trumpler (1930), açık kümelerin fiziksel büyüklüklerinden hesaplanan uzaklıklarının sistematik olarak fotometrik yöntemler ile belirlenen uzaklıklardan daha küçük olduğunu belirlemiştir. Bu gözlem, yıldız ışığının soğurucu bir yıldızlararası ortam geçerek Dünya'ya ulaştığını göstermiştir. Bu keşifle, gözlenen gök cisimlerinin uzaklık hesaplamalarının daha doğru yapılmasına ve Galaksi'nin gerçek yapısının ortaya çıkarılmasına olanak sağlamıştır.

Samanyolu'nda çeşitli özelliklere sahip gök cisimlerinin olabileceğini ilk kez Walter Baade (1944) tarafından öne sürülmüştür. Samanyolu'ndaki yıldızlar, konumları, yaşları, kimyasal bollukları ve uzay hızları bakımından farklılıklar göstermektedir. Bu özellikleri dikkate alan Baade, Güneş civarındaki ve küresel kümelerdeki yıldızların yapısal olarak birbirinden farklılıklara sahip olduğunu tespit ederek, Güneş civarında bulunan yıldızlara Pop I ve küresel küme yıldızlarına ise Pop II terimlerini kullanmıştır. Pop I yıldızları, Pop II yıldızlarına göre metalce daha zengin ve daha hızlı hareket ederler.

Galaktik popülasyonlar, galaksilerin oluşumu ve evrimlerinin anlaşılması kullanılmaktadır. Örneğin, Pop I yıldızlarının daha genç olması, galaksilerin sürekli yeni yıldızlar ürettiğini, Pop II yıldızlarının ise daha yaşlı olması, galaksilerin oluşumunun çok daha eskilere dayandığını göstermektedir. Galaktik popülasyon teriminin literatürde kabul görmesiyle, Samanyolu'nun yapısının yanında oluşum ve evriminin araştırılmasına yönelik çalışmalar da başlamıştır. Samanyolu'nun oluşumu ve evrimsel süreci literatürde geniş bir şekilde ele alınmış olmasına karşın, yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemi yapılan yıldız sayısı söz konusu araştırmaların yapılmasında yetersiz kalmaktadır. Galaksi'nin ilk dönemlerinden bu zamana evrim aşamasını tamamlayan büyük kütleli yıldızların süpernova patlama oranları, çift yıldız sistemleri arasındaki madde alışverişi, Galaksi diskindeki yıldız oluşum oranları, Galaksi'yi meydana getiren ve/veya bulutların açısal momentumu ve bu süreçlerin zamanla değişimleri gibi faktörlerin bir bütün olarak değerlendirilmesi, Samanyolu'nun evrim aşamalarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Bu karmaşık süreçler, Galaktik yapının evrimini anlamak ve Samanyolu'nun dinamik değişimlerini çözümlemek açısından kritik öneme sahiptir. Samanyolu'nda genç yıldızlar yoğun olarak bulunur. Dev molekül bulutlarının büyük bir bölümü Galaksi'nin spiral kollarında bulunduğundan bu bölgedeki yıldız oluşumu yoğundur. Yıldız kümeleri, yıldızların yapısı, oluşumu ve evrim süreçlerinin incelenmesinde ve kuramsal modellerin sınanmasında kullanılan önemli gök cisimleridir. Samanyolu Galaksi 'sinde *Küresel Kümeler*, *Açık Kümeler* ve *Yıldız Oymakları* olmak üzere üç temel yıldız topluluğu vardır.

Galaksinin halo ve şişkin bölgesinde yer alan küresel kümeler genellikle yaşlı ve metalce fakir yıldızlardan oluşur. Galaksi merkezi etrafında basık yörüngelerde dolanan küresel kümeler Galaksinin ilkel nesnelerinden biridir. Galaktik düzlem civarında çember yörüngelerde hareket eden açık kümeler ise metalce zengin ve genç yıldızlardan meydana gelmektedir. Bu iki grup dışında yıldız oymakları diye bilinen ve az sayıda büyük kütleli yıldızlardan oluşan yıldız toplulukları da spiral kolların dış kısımlarında bulunurlar. Yıldız kümeleri, birbirinden farklı özelliklere sahip yıldız topluluklarıdır. Galaksi'nin kütleçekim etkilerine maruz kalan kümeler dış etkilere maruz kalırken, bir yandan da küme üyesi yıldızlarının birbirleriyle olan etkileşimlerinden dolayı zaman içerisinde yıldızlararası ortama dağılırlar.

Yıldız oluşumu ve evrimiyle ilgili bilgilerin büyük bir kısmı, küme yıldızlarının detaylı incelenmesinden gelmektedir. Açık ve küresel kümeler, Galaksi'nin halo, disk ve şişkin bölgelerinde bulunmaktadır; bu da onların farklı çevresel koşullara maruz kaldıkları ve farklı evrimsel yolları izledikleri anlamına gelir. Galaktik düzlemde yer alan açık kümeler, büyüklüklerine göre onlarca ya da binlerce yıldızdan meydana gelen, geniş bir tayf ve ışıma gücü sınıfında bulunan yıldız topluluklarıdır. Ayrıca, aynı molekül bulutundan meydana gelen bu yıldızlar kütleçekimsel olarak birbirlerine bağlıdır. Bu nedenle, açık kümeyi oluşturan yıldızların kimyasal yapıları, yaşları ve uzaklıkları genellikle birbirine benzerken kümeyi oluşturan yıldızlar geniş bir kütle aralığında yer alırlar. Bu özelliklerinden dolayı, açık kümeler yıldız evrimi dikkate alınarak oluşturulan modellerin test edilmesi, başlangıç kütle fonksiyonlarının belirlenmesi ve Samanyolu'nun yapısı, oluşumu ve evriminin ortaya çıkartılmasında kullanılan önemli gök cisimlerinden biridir (McKee, 2007). Bir kümedeki yıldızlar hemen hemen aynı zamanda oluştuğundan, farklı kütlelerdeki yıldızların evrimlerinin anlaşılmasında önemli rol oynarlar. Bu nedenle, açık kümelerin Samanyolu diskinin oluşumu ve evriminin ortaya çıkartılmasında kritik rol oynadığı söylenebilir.

Galaksi diskinde bulunan açık kümeler genç, orta ve yaşlı gruplarda yer almaktadırlar. Genç kümelerdeki yıldızların tespiti kümelerin başlangıç kütle fonksiyonunun belirlenmesine doğrudan katkı verirken, orta ve yaşlı grupta bulunan kümelerin benzer analizleri bugünkü kütle fonksiyonlarının tayinine fırsat verir. Dolayısıyla, açık küme gözlemlerinin sonucunda astrofizik parametrelerinin doğru ve güvenilir hesaplanması, yıldız oluşumu ve evrimi üzerine ortaya konulan modellerin tutarlılığını sağlamak açısından önem arz etmektedir. Açık kümeler

hem Galaksi yapısı hem de yıldız evrim çalışmalarının yapı taşları olarak günümüzdeki araştırmalarda tercih edilen en önemli gök cisimlerindendir.

Avrupa Uzay Ajansı (Europa Space Agentcy; ESA) tarafından Güneş civarında bulunan yakın yıldızların duyarlı astrometrik ve fotometrik gözlemlerinin yapılabilmesi amacıyla tasarlanan *Hipparcos* uydusu 1989 yılında uzaya fırlatılmış ve 37 aylık görevi boyunca bir milyondan fazla yıldızın gözlemini yaparak 1993 yılında görevini tamamlamıştır. Astrometrik ve fotometrik verileri ölçülen yaklaşık 120,000 yıldızın analizlerinin *Hipparcos* konsorsiyumu tarafından incelenmesiyle birlikte ilk *Hipparcos* kataloğu literatüre kazandırılmıştır (ESA, 1997). *Hipparcos* uydu verilerinin beklenenin ötesinde bir hassasiyette olması ikinci kuşak bir astrometrik uydunun tasarlanmasına öncülük etmiş ve yeni uydu *Gaia* adıyla literatüre sunulmuştur. Avrupa Uzay Ajansı'nın 19 Aralık 2013 tarihinde başlattığı *Gaia* göreviyle Galaksi'nin üç boyutlu bir haritasının ortaya çıkartılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Samanyolu içindeki nesnelerin duyarlı astrofizik parametrelerinin tayin edilmesi planlanmıştır. *Gaia* uydusunun hassas ölçümleri sayesinde, bir milyardan fazla gök cisminin konumunu ve uzaklığını doğrudan ölçülmesi hedeflenmiştir. Farklı dönemlerde elde edilen verileri analiz eden ve bu verileri araştırmacılar ile paylaşan *Gaia* konsorsiyumu daha önce tespit edilememiş açık kümeleri keşfetmiştir. Uydunun elektromanyetik tayfın optik bölgesinde gözlemleri gerçekleştirmesi Galaktik düzleme gömülü açık kümelerin keşfedilmesine bir sınırlama getirmektedir. Açık küme çalışmalarındaki en büyük zorluk, geniş bir görünen parlaklık aralığına dağılan küme alanındaki yıldızların kümeye üyeliklerinin tespit edilmemesidir. Açık kümeler farklı merkezi yoğunluklarda ve boyutlarda bulunabilirler. Bunun en önemli sebebi her kümenin dinamik evriminin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Merkezi yoğunluk gösteren açık kümeler alan yıldızlarından daha kolay ayrıt edilebilirken dağınık ve yıldız sayısı bakımından yoğun olmayan açık kümeleri ayırt etmek zordur.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında açık küme morfolojisi belirgin olan, farklı yaş ve uzaklık aralıklarında bulunan 10 açık kümenin uzay tabanlı gözlemlerinin analizlerinin yapılması hedeflenmiştir. Analizler sonucunda incelenecek açık kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin güncel veriler ışığı altında literatüre kazandırılması beklenmektedir. Bu amaç doğrultusunda tez çalışmasında öncelikle açık kümelerin yapısal ve morfolojik özellikleri hakkında bilgi verilecektir. Ardından, fotometrik analizlerde kullanılan yöntemler ve teknikler

açıklanacaktır. Son olarak da açık kümelerin fotometrik ve astrometrik analizinin sonucunda elde edilen bulgular yorumlanarak tartışılacaktır.

2. GENEL KISIMLAR

İçinde bulunduğumuz Samanyolu, milyarlarca yıldızı, gaz ve toz bulutlarıyla birlikte karanlık maddeyi içeren muazzam bir disk yapısına sahip büyük bir spiral galaksidir (Şekil 2.1). Samanyolu 30 kpc çapında ve birkaç kpc kalınlığında SBbc tipi çubuklu bir spiral galaksidir (Sparke ve Gallagher, 2007).



Şekil 2.1: Samanyolu'nun sarmal kollarının yapısını gösteren bir çizim (NASA/JPL-Caltech).

Samanyolu, adını Güneş Sistemi'nin de içinde yer aldığı geniş yıldız topluluğundan almıştır. Samanyolu'nun görünen maddesi çoğunlukla yıldızlar, gaz ve tozdan oluşur. Yıldız toplulukları büyük molekül bulutların kütleçekimsel çöküşüyle oluşurlar. Dev molekül bulutları, Güneş kütlesinin binlerce katını içeren soğuk, yoğun bir gaz ve toz bulutundan oluşan bir yapıdır. Bulutlar, çökmeden önce çekimsel dengeyi, manyetik alanlar, türbülanslar ve dönme etkileriyle sürdürürler. Ancak dev moleküler bulutun denge durumu, süpernova patlamaları, bulut çarpışmaları, Galaksi merkezinde yer alan çubuk yapının çekimsel kuvvet etkisiyle bozulabilir. Ayrıca, dış etkiler olmaksızın bulutun iç bölümleri çökme eğilimine girebilir ve bu denge bozulduğunda, bulut içinde çökmeler başlar. Molekül bulutunun benzer fiziksel koşullar altında çökmesiyle oluşan, bir grup yıldızdan meydana gelen aynı kökene sahip olan yıldız toplulukları oluşur. Bu yıldız toplulukları *Açık Kümeler*, *Küresel Kümeler* ve *Yıldız Oymakları* olmak üzere adlandırılmıştır (Şekil 2.2; Harris, 2010).

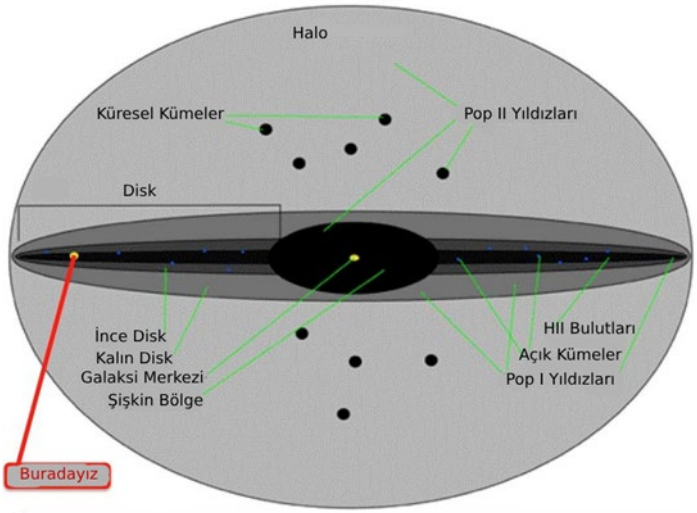


Şekil 2.2: Samanyolu'nda bulunan üç büyük yıldız topluluklarına örnekler: NGC 2547 açık kümesi (ESO/J. Pérez; sol panel), M4 küresel kümesi (ESO, orta panel), bir OB-oymağı olarak bilinen Monoceros R2 (ESO, VISTA/J. Emerson, sağ panel). Görüntülere ait ölçek bilgileri şekillerin sağ alt köşelerinde gösterilmiştir.

Bu yıldız toplulukları birbirlerinden farklı özelliklere sahiptir. Bu durum Galaksi'nin iç ve dış çekimsel etkileriyle birlikte, iç evrimsel süreçlerden de kaynaklanabilir. Yıldız oluşumu ve evrimi ile ilgili bilgilerin çoğunluğu küme üyesi yıldızlarının incelenmesinden elde edilmektedir. Bir kümede bulunan yıldızların eşzamanlı olarak meydana gelmesi gerçeği, farklı kütlelerdeki yıldızların evrim aşamaları ve hızları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle, açık kümelerin Samanyolu'nun oluşumu ve evriminin anlaşılmasında önemli bir yeri vardır. Samanyolu beş ana bileşenden oluşur: şişkin bölge, ince disk, kalın disk, halo ve yıldızlararası ortam (Şekil 2.3).

Yıldız kümeleri Samanyolu'nun halo, disk ve şişkin bölge bileşenlerinde bulunur. Galaksinin yapısı ve evriminin anlaşılmasında Samanyolu'nun temel bileşenlerine ait fiziksel özelliklerin ortaya konması önemlidir. Galaksi'yi oluşturan bileşenlerin özellikleri farklı araştırmacılar tarafından incelenmiş ve yapıları hakkında güncel bilgiler elde edilmiştir.

Galaksi diskinden sonra Samanyolu'nda en çok yıldız barındıran ikinci bileşen şişkin bölgedir (Vasquez ve diğ., 2013). Metal bolluğu ($-1 \leq$ [Fe/H] (dex) $\leq +1$) geniş bir aralıkta bulunan yaşlı ve genç gök cisimlerinden oluşan bu bileşen, yoğun yıldızlararası maddenin sebep olduğu sönükleşme etkisine maruz kaldığından, şişkin bölge elektromanyetik tayfın optik dalgaboylarında yeterince geçirgen değildir. Bu nedenle, bölgeye ait astronomik gözlemler kızılötesi ve radyo bölgesinde yapılmaktadır.



Şekil 2.3: Samanyolu'nun ince disk, kalın disk, şişkin bölge, halo ve yıldızlararası ortamını gösteren şematik bir çizimi.

Samanyolu'nun ince disk bileşeninde başta Güneş Sistemi olmak üzere yıldız oluşum bölgeleri, açık kümeler, gaz ve toz yapı bulunmaktadır. Yeni yıldız oluşumlarının sürdüğü dinamik bir popülasyon olarak bilinen ince disk bileşenin araştırılmasında açık kümeleri önemli bir rolü vardır. Özellikle Galaksi diskinin yapı, oluşum ve evriminin incelenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. İnce diskin kimyasal (metal bolluğu) ve kinematik (hız dispersiyonu) özelliklerinin araştırılmasında dikkate alınan gök cisimlerinin yaşları önemlidir. Bu bileşendeki çoğu yıldızın yaşı t = 5 Gyıl'dan daha genç olmasına karşın, t = 10 Gyıl yaşa varan daha yaşlı gökcisimlerin de bulunduğu tespit edilmiştir (Reddy ve diğ., 2006). Güneş civarındaki yıldızları Geneva-Copenhagen gökyüzü tarama programıyla inceleyen araştırmacılar (Haywood, 2008; Holmberg ve diğ., 2009) ince disk içinde 13–14 Gyıl yaşındaki gökcisimlerinin bulunduğunu göstermişlerdir.

Samanyolu Galaksi'sinde kalın disk popülasyonunun varlığına yönelik ilk çalışmalar Yoshii (1982) ve Gilmore ve Reid (1983) tarafından gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki çalışmalar kalın disk popülasyonunun metalce fakir, yaşlı ve kinematik açıdan yavaş dönen bir Galaktik bileşen olduğunu göstermiştir (Freeman, 2012). Kalın disk nesneleri ince disk nesnelerine göre daha yaşlı ($8 < t$ (Gyıl) < 12) ve metalce daha fakirdir ($-1.2 <$ [Fe/H] (dex) < -0.5). Kalın diskin yapısında belirgin bir metal bolluğu gradyenti bulunmamaktadır (Bilir ve diğ., 2012; Önal Taş ve diğ., 2016; Recio-Blanco ve diğ., 2014).

Samanyolu'nun en dış kısmında bulunan en yaşlı ($10 < t$ (Gyıl) < 13) ve metalce en fakir bileşeni ([Fe/H] (dex) < -1) halodur. Galaktik haloyu oluşturan başlıca gök cisimleri alan yıldızları ve küresel kümelerdir. Samanyolu'nun halo yapısı, Galaksi merkezinden yaklaşık 10 kpc'ye kadar uzanan iç halo ve 100 kpc'ye kadar genişleyen dış halo olmak üzere iki bileşene sahiptir. İç halo bileşeni, yaşlı ve metal açısından fakir yıldızlara sahiptir. Bu yıldızlar, düşük açısal momentumlu eliptik yörüngelerde Galaksi'nin merkezi etrafında dolanırlar. Samanyolu'nun halo bileşeni içinde küresel kümeler, anakol ve evrimleşmiş yıldızlar ile RR Lyrae türü değişen yıldızlar bulunur. Literatürde, iç halo yıldızlarının yörünge basıklık oranı (c/a) için $0.5 < c/a < 0.8$ aralığında değerler içermekte ve halonun sferoid bir yapı sergilediği belirtilmektedir (Hartwick, 1987; Wyse ve Gilmore, 1989; Bilir ve diğ., 2006). Halonun şekli, Galaksi merkezinden uzaklaştıkça küreselleşir (Vivas, Zinn ve Gallart, 2006). Halo bileşenin kütlesi, *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) verilerinden itibaren yapılan hesaplamalardan $1.3\times10^{12}\ M_{\odot}$ belirlenmiştir (Posti ve Helmi, 2019).

Küresel kümeler, çoğunlukla Samanyolu'nun şişkin bölgesinde ve halosunda bulunan ve milyonlarca yıldız üyesine sahip, geniş ve yoğun yıldız topluluklarıdır. Küme merkezinde yoğunlaşan yıldızlar küresel bir yapı oluşturmakta ve küme merkezinden uzaklaştıkça yıldız yoğunluğu azalmaktadır. Küresel kümeler, daha genç yıldızlardan oluşan açık kümeler ve boşlukların aksine çok yaşlı yıldızlardan oluşur. Yıldız toplulukları farklı biçim ve özelliklerine göre değerlendirildiğinde açık ve küresel kümeler olmak üzere iki sınıfta gruplandırılmaktadır. Açık ve küresel küme yıldızları birbirlerine kütleçekim ve gelgit etkileşimleriyle bağlıdır. Kümelere üye yıldızların uzay hareketleri, ortalama metal bollukları ve uzaklıkları birbirine yakındır. Bununla birlikte, küresel ve açık kümeler yaş, kimya, oluşum mekanizması, yıldız sayısı, zamana bağlı dinamik evrim ve Galaksi'deki konumları bakımından birbirlerinden belirgin olarak farklılıklar içermektedir.

Samanyolu'ndaki açık kümelerin yapısal incelenmesi sonucunda, küresel kümelerdeki gibi çok sayıda yıldız barındırmadıkları ve belirgin bir yapıya sahip olmadıkları görülür. Açık kümelerdeki yıldızlar birbirlerine zayıf çekim kuvvetiyle bağlı olduklarından düşük bir merkezi yıldız yoğunluğuna sahip olup gökyüzünde seyrek olarak görünmektedir. Küresel kümelerin aksine, açık kümelerin sayıları Galaktik düzleme doğru artar. Özellikle Galaksi'nin spiral kollarında yoğunlaşan açık kümelerin daha genç, spiral kollar arasında yer alanların ise daha yaşlı olduğu tespit edilmiştir (Grebel ve Grebel, 2004; Shara ve Madore, 2010).

Samanyolu'ndaki küresel kümelerin Galaktik yörüngeleri incelendiğinde son derece basık oldukları, on binlerce/milyonlarca arasında değişen sayıda yıldızın yoğun bir şekilde kararlı bir kütleçekim alanı içerisinde hemen hemen küresel bir geometri ortaya koydukları görülür. Karmaşık olmayan bir yapıya sahip yıldız topluluklarının en iyi örneklerinden olan küresel kümeler, yıldız popülasyon çalışmaları açısından önemlidir (Norris ve Olszewski, 2001). Metalce fakir ve yaşlı yıldızlardan oluşan küresel kümeler özellikle Samanyolu'nun oluşumu ve ilk evrim aşamalarının araştırılmasında tercih edilen yıldız laboratuvarlarıdır. Küresel kümeler yörünge basıklıkları nedeniyle Galaksi'nin halo ve şişkin bölgesinde görülmektedir. Kinematik araştırmalar bu küresel kümelerin bir kısmının Galaksi'nin oluşumu ve oluşumundan hemen sonraki süreçte cüce galaksiler ile etkileşimi neticesinde Samanyolu'na katıldıklarını göstermiştir (Gieles ve Rix, 2013). Küme yıldızlarının yaşı Galaksinin yaşıyla karşılaştırılabilecek düzeyde olup Samanyolu'nun popülasyon II (Pop II) grubuna üyedirler. Küresel küme yıldızlarının yaşları ve metal bollukları hemen hemen birbirine benzemektedir. Küme yıldızlarının ağır element bollukları Güneş bolluğunu yüzde biri kadardır. Samanyolu'nda oluşan ilk nesneler olduğu düşünülen küresel kümeler, Güneş'e kıyasla metal bolluğu fakir ve yaşlı üye yıldızlardan oluşurlar. Galaksi'de çoğunlukla halo bileşeninde bulunan küresel kümeler, evrende bilinen en yaşlı gök cisimleridir (Harris, 2010). Bu nedenle küresel kümelerde yer alan beyaz cücelerin incelenmesiyle evrenin yaşı hakkında tahminde bulunabilir.

Oymaklar, yıldız oluşum bölgelerinde az sayıda büyük kütleli yıldızların oluşturduğu topluluk olarak bilinir. Bu yapılarda yıldızlar birbirine zayıf kütleçekimleriyle bağlı olduklarından kısa bir zaman ölçeğinde oymağı oluşturan yıldızlar dağılır. Yapılan incelmelerde büyük kütleli yıldızların oluşturduğu OB oymaklarıyla, daha küçük kütleli Güneş benzeri yıldızların oluşturduğu T Tauri oymakları olmak üzere iki grup olduğu tespit edilmiştir. Molekül bulutundan kopan büyük bir parçanın çökmesiyle büyük kütleli yıldızlardan meydana gelen OB-oymakları oluşur. Bu süreci, ortamda şartlar sağlanırsa, daha küçük kütleli yıldızların anakola gelmesi takip eder ve bir açık kümenin oluşumu sağlanır. OB oymaklarında bulunan büyük kütleli yıldızlar anakoldaki ömürlerini birkaç milyon yıl gibi bir sürede tamamladıkları için bu topluluktaki yıldızlar mavi renkte ve genç olarak görülür. O-B yıldızlarının atmosferleri yüksek sıcaklıklar ile karakterize edilir; bu sıcaklıklar, hidrojen gazının iyonlaşmasına ve HII bölgelerinin oluşumuna yol açar. OB oymakları ve HII bölgeleri Samanyolu'nun sarmal kollarını temsil eder. Bulundukları buluttaki gaz ve tozun neden olduğu opaklık, O-B

oymaklarının elektromanyetik tayfın optik bölgesinde gözlenmelerini zorlaştırmaktadır. Bu genç yıldızlar, gaz ve tozdan daha az etkilenen yakın kızılötesi dalgaboyunda gözlemlenebilir (Adams ve diğ., 1987). Küresel kümelerden farklı olarak açık kümeler ve O-B oymakları, Galaksi'deki aktif yıldız oluşumu sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır.

Galaktik düzlemde bulunan açık kümeler, büyüklüklerine bağlı olarak onlarca ya da binlerce yıldızı barındırır. Ayrıca, bu yıldızlar geniş bir tayf ve ışıma gücü sınıfı aralığında yer alırlar. Aynı molekül bulutundan doğan ve birbirlerine zayıf kütleçekimsel kuvvetler ile bağlı yıldız grupları olarak bilinen açık kümeler, Samanyolu'nun yapısının araştırılmasında kullanılmakla birlikte yıldız evriminin fiziği çalışmaları için araştırılmasındaki doğal laboratuvar olarak bilinir. Kümeyi oluşturan yıldızların yaşları ve uzaklıkları birbirine çok yakın olduğundan, astrometrik ve fotometrik yöntemler kullanılarak açık kümelerin temel astrofizik parametreleri büyük bir doğrulukla hesaplanabilmektedir. Açık kümeler geniş bir yaş aralığında bulundukları ve Samanyolu diski içinde yer aldıkları için Galaksi diskinin kimyasal evriminin araştırılmasında kullanılan önemli gök cisimlerindedir (Carpenter, 2000).

2.1. AÇIK KÜMELER VE ÖNEMİ

Açık kümeler, Samanyolu'nun geniş dokusu içinde astrofizik biliminin önemli bir gök cismi olarak ön plana çıkmaktadır. Açık kümedeki yıldızlar aynı molekül bulutunun çökmesiyle meydana gelmekte olup, farklı fiziksel büyüklük ve biçimlere sahiptirler. İçerdikleri yıldız sayısına bağlı olarak farklı yapısal özellikler gösteren açık kümeler, meydana geldiği bulutun kimyasal kompozisyonunu yansıtmaları nedeniyle küme üyesi yıldızların metal bollukları birbirine çok yakındır. Ayrıca kümedeki yıldızlar Güneş'e ortalama olarak aynı uzaklıkta bulunur. Molekül bulutunun çökmesiyle açık kümenin oluşuma başlaması kümeyi oluşturan yıldızların hemen hemen benzer yaşlarda olmasını gerektirir. Açık kümeler, seyrek dağılımları ve merkezi yoğunlaşmalarının düşük olması nedeniyle çıplak göz ile kolaylıkla görünmezler (McKee ve Ostriker, 2007). Açık kümeleri oluşturan yıldızlar birkaç milyondan birkaç milyar yıla kadar uzanan geniş bir yaş aralığında bulunur ve çoğunlukla Samanyolu'nun genç popülasyonunu temsil eder. Samanyolu'nun açık kümeleri veya diğer adıyla Galaktik kümeler, oluşumlarından sonra küresel kümelere kıyasla oldukça kısa bir süre içerisinde yıldızlarını Samanyolu içerisinde saçarak dağılırlar. Açık kümeler dağıldıkça, küme üyesi yıldızlar zaman ile birbirinden uzaklaşarak Samanyolu'ndaki farklı yıldız popülasyonlarıyla bütünleşir ya da kümeler bozularak yıldızlararası ortama karışırlar (Binney ve diğ., 2009).

Açık kümelerin çeşitli ölçeklere göre sınıflanmaları mümkündür[1]. Gökyüzünü keşfetmek için teleskobu ilk kullanan kişi Galileo'nun çalışmalarının önemini ilk değerlendiren Giovanni Batista Hodierna (1654), küme ve bulutsuların gözlemlerinin de içinde bulunduğu bir kitapçık literatüre kazandırmıştır. Giovanni Batista Hodierna uzak gök cisimlerini için sınıflandırma sistemini yapan ilk kişi olarak biliniyor olsa da modern ve günümüzde hala yaygın olarak kullanılan sınıflandırma Trumpler'ın (1925) çalışmasına dayanmaktadır. Açık kümelerin görünümlerini dikkate alan Trumpler sınıflamasında üç temel kriter kullanılır:

- **Merkezi yoğunlaşma:** Kümenin dağılımının alan yıldızlarınınkinden farkı ve yoğunluğu ile ilgili bilgi veren yoğunlaşma miktarları I, II, III ve IV Romen rakamlarıyla gösterilir. Sınıflamada IV'den I'e doğru merkezi yıldız yoğunlaşma derecesi artar.

  I – Kuvvetli merkezi yoğunlaşma,
  II –Zayıf merkezi yoğunlaşma,
  III –Göz ile görülür bir merkezi yoğunlaşmaya sahip olmayan,
  IV –Küme üyeleri yıldızlarla alan yıldızlarının birbirine karıştığı, iyi ayrılmamış ve belirgin olmayan yoğunlaşma.

- **Parlaklık aralığı:** Küme doğrultusundaki yıldızların görünür parlaklık dağılımları 1, 2 ve 3 sayılarıyla gösterilerek fotometrik parametreleri açısından bilgi sağlar. Parlaklık dağılımları:

  1 –Büyük bir bölümü hemen hemen aynı görünür parlaklıktadır.
  2 –Büyük bir bölümü orta parlaklıktadır.
  3 –Parlak ve sönük yıldızlardan oluşur.

- **Kümedeki Yıldız Sayısı (*N*):** Kümedeki yıldız sayısı hakkında bilgi verir.
  - ✓ Fakir küme (p): $N < 50$
  - ✓ Orta zengin küme (m): $50 < N < 100$
  - ✓ Zengin küme (r): $N > 100$

Sınıflamada bu kriterlere ek olarak, küme çevresinde yoğun gaz ve toz ortamın bulunması durumunda 'n' harfiyle gösterilen bir terim kullanılır ve küme çevresindeki bulutumsu yapıyı

[1] https://www.astrobin.com/e6hacv/

işaret etmektedir. Şekil 2.4'te Trumpler sınıflandırmasına göre farklı açık kümeler gösterilmektedir. Açık yıldız kümesi sınıflandırması yukarıdaki üç karakteristik sembolün birleşiminden oluşur. Örneğin, I3m 50 ila 100 parlak ve sönük yıldızdan oluşan, güçlü merkezi yoğunluğa sahip bir kümeyi belirtir (Trumpler, 1925; 1930).



Şekil 2.4: Açık kümelerin Trumpler sınıflandırılmasına göre, sütundaki kümeler (I, II, III ve IV) merkezi yoğunlaşmalarına göre, satırlardaki (r, m ve p) kümeler ise yıldız sayılarına göre sınıflandırılmıştır (Bernhard Hubl, 2009).

Yıldız küme gözlemleri çok eski zamanlara kadar gitmektedir. Teleskobun icadıyla çıplak göz ile görülebilen bazı kümelerin yıldız sayılarında artış olmuştur. Hodierna (1654), teleskobun icadıyla bilinen bulutsu ve yıldız kümelerinin gözlemlerini yaparak bulgularını bir kitapçık olarak yayınlamıştır. Hodierna'dan (1654) sonra Nicholas-Louis de Lacaille (1755) tarafından yayınlanan ve güney yarıküreden gözlenen 9,776 yıldızların bir kataloğu oluşturulmuştur. Bu katalogda, önceki yıldızlara ilave olarak, çoğunluğu yeni keşfedilen 42 bulutsu ve yıldız kümeleri bulunmaktaydı. Messier (1784), yaklaşık 30 açık küme, küresel kümeler, bulutsular ve galaksiler gibi gökyüzünde yaygın olarak bulunan 103 kaynaktan oluşan bir katalog yayınlamıştır. Messier kataloğunun yayınlanmasının ardından Sir William Herschel 30 cm ayna çaplı bir teleskop ile katalogdaki nesneleri gözlemeye başlamıştır. Teleskobun yeteri kadar

sönük nesneleri gözlemleyememesi nedeniyle 48 cm ayna çaplı daha büyük bir teleskop ile Herschel, yedi yıllık bir süre içinde gökyüzünün sistematik bir taramasını gerçekleştirerek yaklaşık 2,300 yeni gök cismi keşfetmiştir. Herschel, güçlü yıldız yoğunluğu olan kümeleri *küresel küme* terimiyle literatüre kazandırmıştır (Herschel, 1814). Açık küme terimi, bir yüzyıl sonra küresel küme olmayan yıldız kümelerini tanımlamak için ortaya atılmıştır (Shapley, 1916). İki sınıfın ayrımı prensip olarak nesnelerin morfolojik görünümlerine dayanarak yapılmaktaydı. Çok geçmeden metal bolluğu, yaş ve kütle fonksiyonuyla ilgili olarak farklı iki sınıf olduğu ve bu sınıfların farklı Galaktik konumlarda olduğu tespit edildi. Açık kümeler Samanyolu'nun diskinde bulunurken küresel kümeler haloda bulunmaktadır. John Herschel, kataloğuna yeni gözlem ve analiz verilerini ilave ederek *A General Catalogue of Nebulae* adlı 5,079 gök cisminin yer aldığı bir katalog yayınlamıştır (Herschel, 1864).

Dreyer, 1887 yılına kadar keşfedilen gökcisimlerini derleyerek *A New General Catalogue and Clusters of Stars* (NGC) isimli kataloğunu yayımlamıştır (Dreyer, 1888). Araştırmacı NGC kataloğunu 1907 yılına kadar keşfedilen bulutsu ve kümeleri de kapsayacak şekilde güncelleyerek *Index Catalogue* (IC) isimli bir katalog daha yayınlamıştır (Dreyer, 1895; 1910). NGC ve IC kataloglarında listelenen gök cisimlerini günümüzde aynı isim ve numaralar ile kullanılmaktadır. 20. yüzyılda Lynga ve Palous (1987) tarafından literatürdeki 1,151 açık kümenin konum, uzaklık, kinematik ve metal bolluğu gibi parametreleri derlenmiş ve günümüzde kullanılmakta olan *Catalogue of Open Cluster Data* adlı bir katalog (Lund kataloğu) oluşturulmuştur. Zamanla, temel astrofizik parametreleri iyi bilinen açık kümelerin sayılarının artmasıyla, Samanyolu'nun kimyasal evriminin araştırılmasına yönelik yapılan çalışmalarda da belirgin bir artış olmuştur (Lyngå 1982; Janes, Tilley ve Lynga 1988). 1987 yılında NGC ve IC açık kümelerinde bulunan yıldızların verilerini içeren WEBDA (Web database for Galactic Open Cluster) kataloğu oluşturulmuştur (Mermilliod, 1996). 200'den fazla açık kümenin bulunduğu gökyüzü parçası taranarak kümelerin yaş, uzaklık, renk artığı, metal bolluğu, öz hareket ve radyal hızları WEBDA veri tabanı üzerine aktarılmıştır (Netopil ve diğ., 2012). 2002 tarihinde optik dalgaboylarında incelenen açık küme verilerini literatürden derleyen **D**ias, **A**lessi, **M**oitinho ve **L**epine, Lyngå kataloğunun yaklaşık 1.5 katı büyüklüğündeki DAML02 kataloğu oluşturulmuştur (Dias ve diğ., 2002). DAML02, WEBDA veri tabanında kayıtlı olup, bilinen ve aday açık kümeleri içermekle birlikte güncel küme parametreleriyle geliştirilmiştir. Katalogda bulunan her kümenin temel astrofizik parametreleri farklı çalışmalardaki sonuçların bir araya getirilmesiyle oluşturulduğundan, homojen olmayan

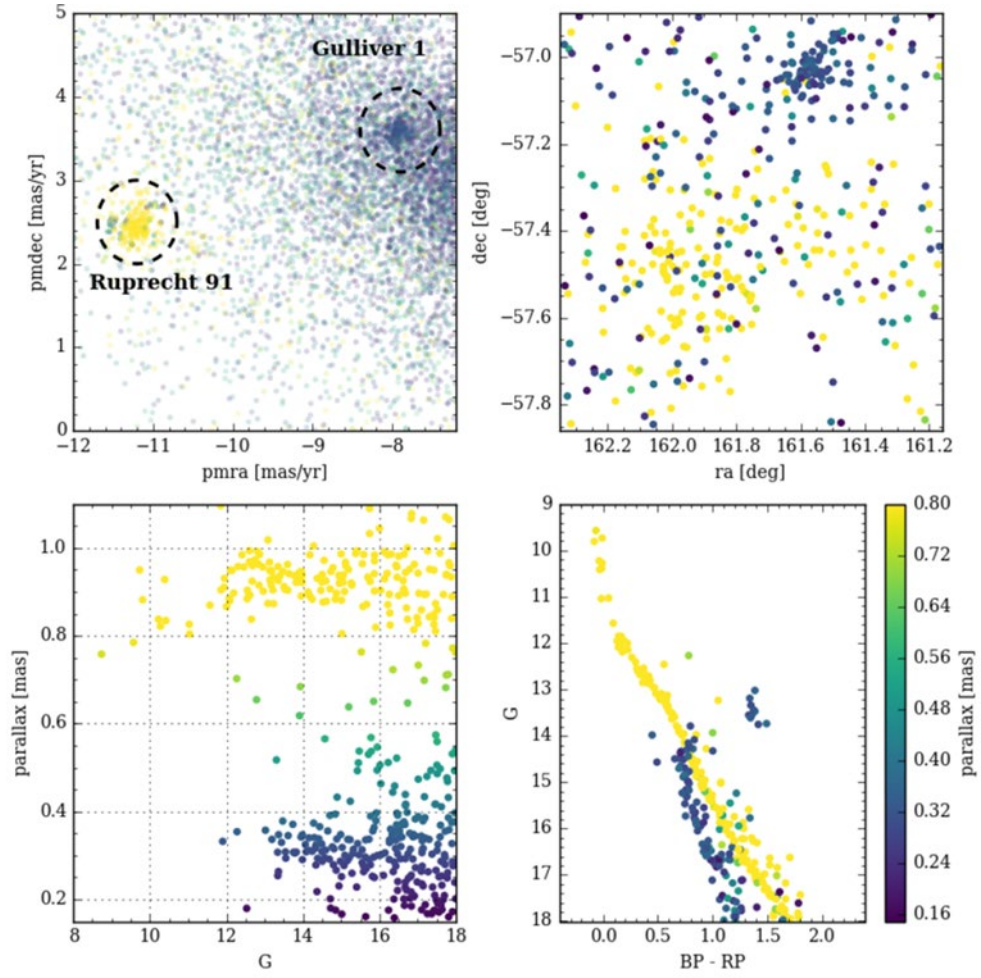
küme verileri içermektedir. Kharchenko ve diğ. (2005) 2.5 milyon yıldızın öz hareket ve fotometrik verilerinin yer aldığı All-Sky kataloğunu kullanarak (ASCC-2.5; Kharchenko, 2001) 520 açık kümenin astrofizik parametrelerini içeren bir açık küme kataloğu oluşturmuştur. Bu kataloğun farklı araştırmacılar tarafından kullanılmasıyla, açık kümelerin uzunluk ve yükseklik ölçekleriyle birlikte Samanyolu'ndaki metal bolluğu dağılımları incelenmiş ve buradan Galaksi diskinin özellikleri ortaya konulmuştur (Chen ve diğ., 2003; Piskunov ve diğ., 2006; Bonatto ve diğ., 2006). CCD kameraların kullanılmaya başlanmasıyla sönük gök cisimlerinin gözlemleri mümkün olmuştur. Bunu takiben 21. yüzyıla doğru CCD mozaiklerinin de devreye girmesiyle optik bölgede Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması (SDSS; York ve diğ., 2000) gibi programlar sürdürülmeye başlanmıştır.

Açık kümeler yıldızlararası maddenin yoğun bulunduğu Galaktik düzlem civarında bulundukları için elektromanyetik bölgenin optik kısmında tespit edilmeleri güçtür. Yakın kızılötesi bölgede yapılan gözlemler yıldızlararası maddeden fazla etkilenmezler. İki Mikron Tüm Gökyüzü Tarama (2MASS; Skrutskie ve diğ., 2006) programı ile elektromanyetik tayfın yakın kızılötesi bölgesinde yapılan gözlemler neticesinde Galaksi diskinde optik bölgede tespit edilemeyen açık kümeler ile aday açık küme olabilecek yıldız grupları ortaya çıkartılmıştır. *Gaia* uydusunun 2013 yılında devreye girmesiyle Samanyolu'nda sayısı bir milyarı aşan nesne gözlenerek Galaksi'nin oluşumu, evrimi ve yapısının araştırılmasında yeni bir çağ başlamıştır. Astrometrik, fotometrik ve tayfsal yöntemler ile araştırılan açık küme verileri homojen olmadığı gibi parametre sonuçlarının duyarlılığı farklılık göstermektedir. Açık kümeler Galaksi diskinde bulunan önemli gök cisimleri olmalarına karşın literatürdeki açık kümelerin yarısı için konum ve büyüklükleri haricindeki parametreler bilinmemektedir. Son yıllarda gerçekleşen teknolojik gelişmeler sayesinde açık kümeler daha duyarlı gözlemlenerek, daha homojen bilgilerin elde edilmesi ve yeni açık küme keşiflerinin yapılması sağlanmıştır, fakat literatüre yeterli bilgi sağlanamamıştır. Yeterli sayıda açık küme bilgilerinin elde edilebilmesi için tam bir analiz yapılıp uzaysal, yapısal, kinematik ve astrofizik parametrelerin tayin edilmesi gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda açık küme verileri farklı araştırma grupları tarafından derlenmiş ve sürekli güncellenen veri tabanları oluşturulmuştur. Bu kataloglara elektronik olarak WEBDA, VizieR, DAML, MWSC, UCAC5, USNO-B ve PPMXL (Mermilliod, 1995; Poincot ve diğ., 1998; Dias ve diğ., 2002; Monet ve diğ., 2003; Netopil ve diğ., 2012; Kharchenko ve diğ., 2013; Roeser ve diğ., 2010; Zacharias ve diğ., 2017; Dias ve diğ. 2021; Hunt ve Refferet, 2023) gibi veri merkezleri üzerinden ulaşılabilir. Katalogların sürekli

güncellenmesiyle aday kümeler açık küme olarak doğrulanabildiği gibi *Gaia* uydusunun (Perryman ve diğ., 2001; Gaia işbirliği, 2016) taramalarıyla oluşturulan *Gaia* (Gaia işbirliği, 2016; 2018; 2023) kataloglarıyla yeni kümeler keşfedilmektedir.

Açık kümelerin uzay hızları, kümenin yaşı, Galaktik merkeze olan uzaklığı ve diğer gök cisimlerinin kütleçekimsel etkileri gibi birçok önemli parametreden etkilenir. Genç açık kümelerin, daha yaşlı olanlara göre daha yüksek uzay hızlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Galaksi merkeze yakın konumda bulunan açık kümeler, Galaksi merkezine yakın nispeten yoğun ve kütleçekimsel olarak dinamik ortamdan geçmelerinin bir sonucu olarak, artan uzay hızları sergileme eğilimindedir. Açık kümelerin uzay hızlarını değerlendirmek için kullanılan metodoloji küme üyelerinin öz hareket, trigonometrik paralaks ve radyal hızlarına dayanmaktadır. Bir yıldızın zamanla gökyüzü zeminine göre konumunundaki değişimi olan öz hareket, Galaksi içerisindeki hareketinin bir göstergesidir. Açık küme doğrultusundaki yıldızların öz hareket bileşenlerini inceleme sonucu küme üyesi yıldızları belirlenebilir. Astrometrik ve tayfsal yöntemlerin birlikte incelenmesi küme üyesi yıldızların teşhis edilmesinde önemli rol oynar. Küme üyesi yıldızların duyarlı astrometrik verilerinin bulunması açık kümelerin ön/arka zemindeki yıldızlardan daha kolay ayırt edilmesine olanak vermektedir (Şekil 2.5).

Açık kümelerin uzay hızları, kümelerin Galaksi içindeki konumları ve hareketleri hakkında önemli bilgi verir. Ayrıca açık kümelerin uzay hızları, Samanyolu'ndaki çubuk yapısının varlığı gibi yapısal özellikleri hakkında da bilgi edinilmesine yardımcı olur. Uzay hızı araştırmaları, açık kümeler ile Samanyolu içindeki diğer gök cisimleri arasındaki etkileşimleri incelemek için de yararlıdır. Yıldızların uzay hızları kümelerin dev moleküler bulutlar ile etkileşimi Galaksi'deki diğer çekimsel tedirginliklerinin anlaşılması ve açık kümelerden kaçan yıldızları incelemek için kullanılır (Adams ve diğ., 2001; Binney ve diğ., 2009; Piskunov ve diğ., 2007).



Şekil 2.5: Ruprecht 91 (sarı daire) ve Gulliver 1 (mavi daire) açık kümeleri doğrultusundaki yıldızların *Gaia* DR2 veri tabanından alınmış öz hareket bileşenleri (sol üst panel), ekvatoral koordinat sistemindeki konumları (sağ üst panel), görünen G görünen parlaklıklarına karşı trigonometrik paralaks verileri (sol alt panel) ve $G \times (G_{BP} - G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları (sağ alt panel). Yıldızların trigonometrik paralaks ölçümlerini gösteren renklendirme sağ alt panelin kenarında renk ölçeğiyle gösterilmiştir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018).

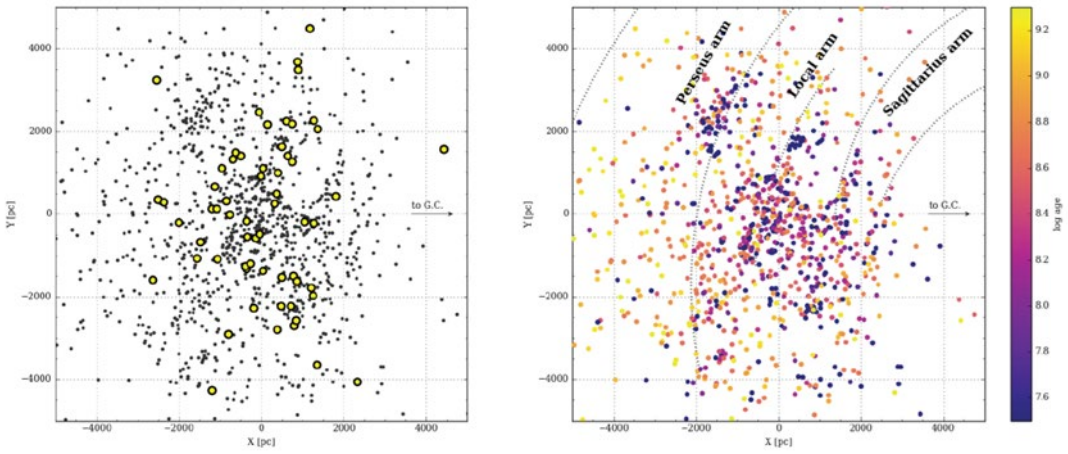
Açık kümeler Samanyolu'nun yapısının araştırılması, Samanyolu'ndaki yıldız popülasyonları, yıldız oluşum dinamikleri, tekli ve çoklu yıldız evrimlerini incelemek adına önemlidir (Friel, 1995). Açık kümeler Galaktik dönme eğrisinin değişkenlerini, kinematik ve geometrik özelliklerini tayini için de kullanılırlar. Açık kümeye üye yıldızların fotometrik ve astrometrik verilerinden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları kullanılarak yıldız evrim modellerinin sınanması yıldız astrofiziği açısından son derece önemlidir (Adams ve diğ., 2001; Binney ve diğ., 2009; Piskunov ve diğ., 2007).

Farklı araştırmacılar, Samanyolu'nda geniş bir uzaklık ve yaş aralığında bulunan açık kümeleri Galaksi diskinin özelliklerinin araştırılması amacıyla kullanmaktadır (Friel, 1995; Lada ve

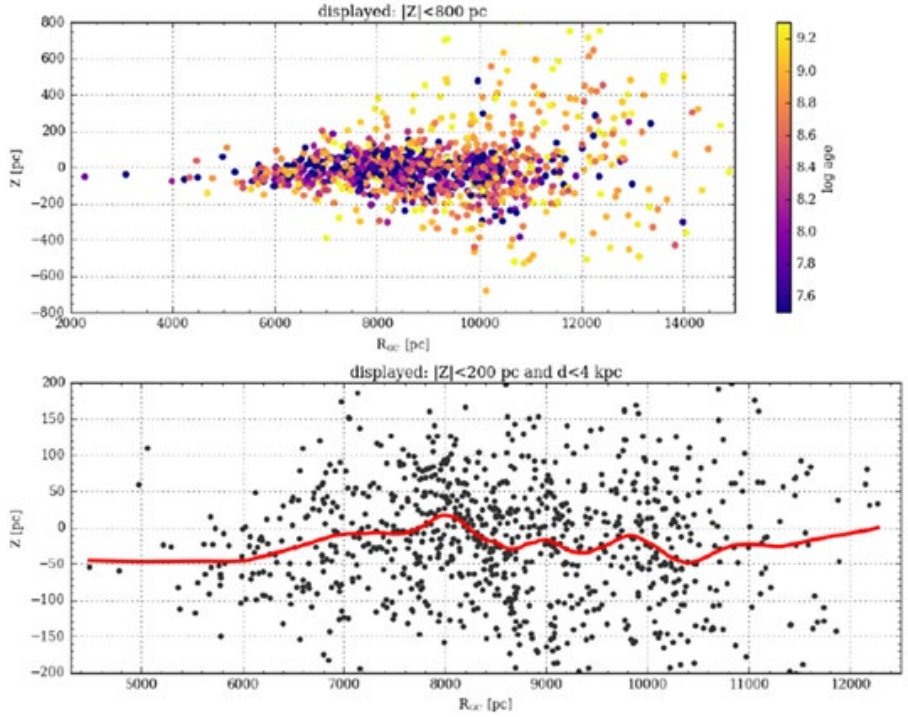
Lada, 2003). En yaşlı açık kümelerinin yaşı 10 Gyıl (NGC 6791; Gao, 2020; ve Berkeley 17; Rao ve diğ., 2023) olsa da açık küme yaşları birkaç milyon ile birkaç yüz milyon yıl aralığında değişmektedir. İyi bir uzaklık göstergesi olan açık kümeler, Galaksi diskinin yükseklik ölçeğinin belirlenmesi ve Galaksi merkezine olan uzaklıkların tayini için kullanılmaktadır. Literatürde açık kümelerin yükseklik ölçeklerine ait çalışmalar Güneş civarındaki (d (kpc) <1.8) açık kümelerden itibaren hesaplanmaktadır (Lindegren ve diğ., 2021). Açık kümeler Galaksi'nin farklı bölgelerindeki konumları nedeniyle yaşlarının bir fonksiyonu olarak birçok çalışmada kullanılmak üzere tercih edilmiştir (Van den Bergh, 1958; Bonatto ve diğ., 2006, Buckner ve Froebrich, 2013).

Samanyolu'nda genç ve yaşlı olarak sınıflandırılmış açık kümelerin konumlarının farklı olduğu uzun zamandır bilinmektedir (Van den Bergh, 1958). Samanyolu'ndaki açık kümelerin dağılımıyla ilgili birçok araştırma neticesinde bu kümelerin gökyüzünün belirli bir bölgesinde bulunmadığı ve Galaktik düzlem boyunca rastgele dağıldığı görülmüştür. Galaktik düzlemdeki dağılımları Şekil 2.6'da gösterilen açık kümelerin *Perseus kolu*, *yerel kolu* ve Samanyolu'nun *yay kolunu* izlediği ve özellikle Perseus kolunun $135 < l\ (^\circ) < 240$ Galaktik boylam aralığında bir kesintiye uğradığı görülmektedir. Perseus kolundaki açık küme sayısındaki eksiklik, Moitinho ve diğ. (2006) ve Vázquez ve diğ.'nin (2008) de belirttiği gibi, o yönde bilinen kümelerin genel bir eksikliğinden kaynaklanmaktadır (Cantat-Guadin ve diğ., 2018).

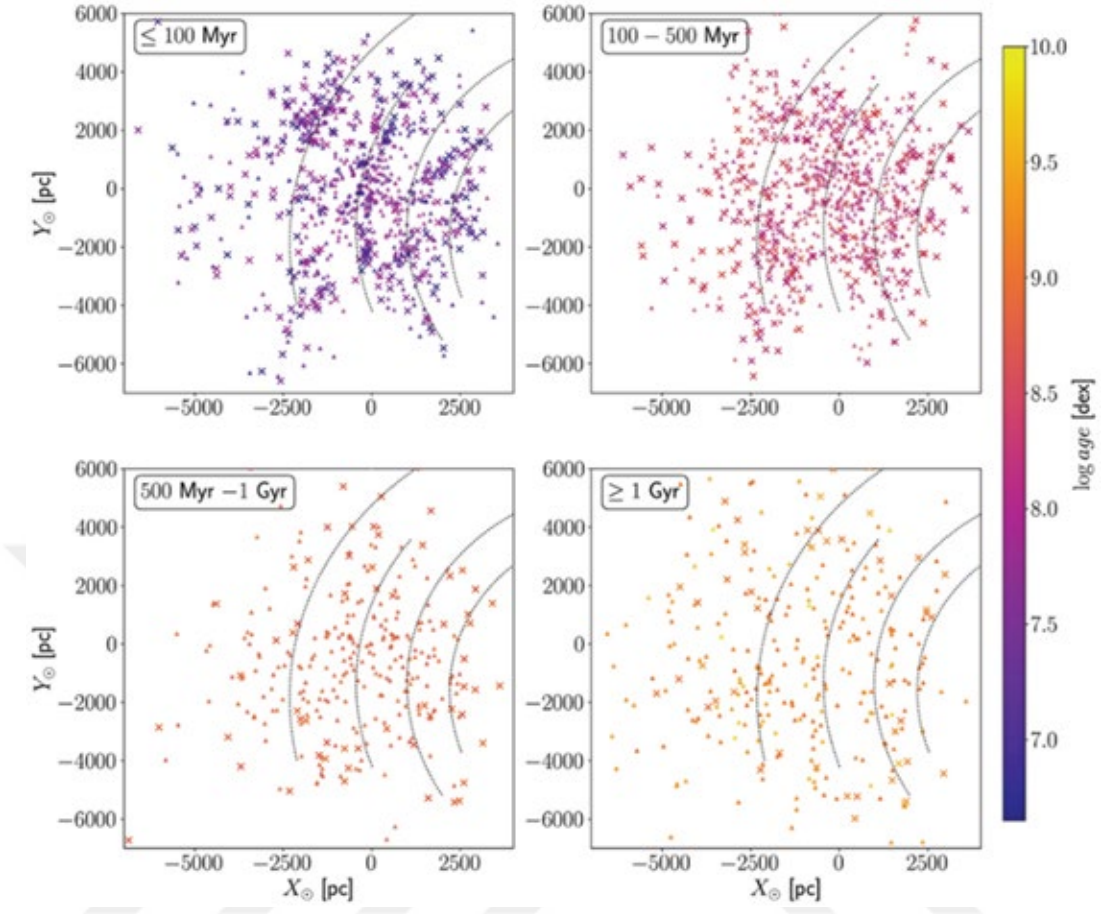
Yapılan araştırmalar sonucunda, yaşı 200 Myıl'dan genç açık kümelerin Galaktik düzleme yakın düşük enlemlerde, özellikle yıldız oluşumunun yeri olan spiral kollarda ve Güneş'in Galaksi merkezi etrafındaki yörüngesinin (Güneş çemberi) iç kısımlarında yoğunlaştığı, yaşlı açık kümelerin ise Galaksi'nin yüksek enlemlerinde ve Güneş çemberinin dış bölgelerinde (R_{gc} (kpc) > 8) bulunduğu gözlenmiştir (Frinchaboy ve diğ., 2006; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2020; Hao ve diğ., 2021). Şekil 2.7 ve 2.8'den görüldüğü gibi yaşlı açık kümelerin Galaksi merkezine yaklaştıkça küme sayısı azalırken dış diskte (R_{gc} (kpc) > 8) yaşlı kümelerin sayısının artış yaşandığı ve daha dağınık bir konumda bulundukları tespit edilmiştir. Ayrıca genç açık kümelerin ise Galaksi merkezine yakın konumlarda yoğunlaştığı belirlenmiştir.



Şekil 2.6: *Gaia* DR2 veri tabanındaki (Gaia işbirliği, 2018) verilerden hesaplanan açık küme uzaklıkları Galaktik düzlem üzerindeki konumları (sol panel) ve küme yaşlarına göre renklendirilmiş durumları (sağ panel). Açık küme uzaklıkları Cantat-Guadin ve diğ.'den (2018) ve spiral kollar verileri de Reid ve diğ.'nin (2014) çalışmasından alınmıştır.



Şekil 2.7: Güneş civarındaki açık kümelerin $Z \times R_{gc}$ düzlemi üzerindeki konumları. Küme yaşları şeklin sağ tarafında gösterilen renk ölçeğiyle gösterilmiştir: Yaşlı açık kümeler (sarı renk; log t >8.5 yıl), orta yaşlı açık kümeler (mavi renk; 7 < log t (yıl) ≤ 8.5) ve genç açık kümeler (mor renk; log t (yıl) < 7). Güneş'e 4 kpc mesafe içinde bulunan açık kümelerin $Z \times R_{gc}$ düzlemi üzerindeki konumları (alt panel). Kırmızı çizgi, yerel medyana dayalı bir yumuşatma tekniği olan "lowess smoothing" ile elde edilen değişimi temsil etmektedir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018).



Şekil 2.8: Samanyolu'nda farklı yaşlardaki açık kümelerinin Galaktik düzlem ($Y_\odot \times X_\odot$) üzerindeki konumları. Yeni keşfedilen açık kümeler (+) sembolüyle, Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) çalışmasında bilinen açık kümeler ise (Δ) sembolüyle gösterilmiştir. Noktalı çizgiler Castro-Ginard ve diğ. (2021) tarafından tanımlanan Galaksi'nin bilinen spiral kollarını temsil etmektedir. Yaşları $0 < t$ (Myıl) ≤ 100 aralığında olan 276 yeni ve 703 bilinen açık küme (sol üst panel), yaşları $100 < t$ (Myıl) ≤ 500 aralığında bulunan 248 yeni ve 675 bilinen açık küme (sağ üst panel), yaşları $500 < t$ (Myıl) ≤ 1000 aralığında bulunan 58 yeni ve 229 bilinen açık küme (sol alt panel) ve yaşları t (Myıl) > 1000 olan 46 yeni ve 260 bilinen açık küme açık kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki konumları.

Farklı yaşlardaki açık kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki bu eğilimleri, yıldız oluşumunun spiral kollarda yoğunlaştığını ve kümelerin zaman ile Galaksi diskin içinden dışa doğru hareket ettiğini desteklemektedir (Lynga, 1982; Dias ve diğ., 2005; Bonatto ve diğ., 2006; Lepine ve diğ., 2011; Buckner ve Froebrich, 2014; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018). Açık kümelerin uzay dağılımları ve Galaksi içindeki hareketleri incelendiğinde Galaktik yapının evrimiyle yakından ilişkili olduğunu ve spiral kolların yıldız oluşumunu yönlendirdiği ve kümelerin zamanla dış diske doğru yayıldığı hipotezi için güçlü kanıtlar sunmaktadır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018). Galaktik düzleme gömülü ve yıldızlararası ortam ile etkileşen bu türden açık kümeleri keşfetmek oldukça güçtür (Castro-Ginard ve diğ., 2018; 2020; 2021). Samanyolu'ndaki açık

kümelerin dağılımı göreceli dir; çünkü Galaktik düzlemde hala keşfedilmeyi bekleyen çok sayıda açık küme bulunmaktadır (Castro-Ginard ve diğ., 2021).

Birçok açık yıldız kümesinin çevresinde görülen dağınık emisyon bulutsunun varlığı, kümedeki toz taneciklerinden yansıyan yıldız ışığından kaynaklanır. Özellikle genç ve yeni oluşmakta olan açık kümelerinin çevresinde yoğun gaz ve toz yapı gözlenmektedir. Bu yıldızlar Samanyolu'nun şişkin bölgesi ve ince diskteki ortalama popülasyona göre daha parlak ve mavidir (Wielen, 1971). Bu özelliklerinden dolayı yaşlı açık kümelere göre daha kolay tespit edilebilir. Bu da kümelerin, Galaktik zaman ölçeğinde, kısa bir süre önce oluştuğunu gösteren önemli bir delildir. Açık kümeler Galaktik düzlemin tozlu bölgelerinde bulunmaları yıldız oluşumuna katkı sağlayabileceği gibi, yıldızlar arası gaz ve tozun etkisiyle sönükleşmeye maruz kalırlar ve alan yıldızlarından ayırt edilemeyebilirler. Ayrıca yoğun yıldızlararası toz içeren molekül bulutlarının kümelere uyguladıkları çekimsel tedirginliklere maruz kalırlar. Galaksi merkezinden uzaklaştıkça ve yüksek Galaktik enlemlere gidildikçe, Galaksi'nin içi dinamik etkileşimleri azalır. Bu durum, söz konusu bölgelerdeki açık kümelerin daha az tedirgin olmalarını, yapılarını ve yörüngelerini uzun süre korumalarını sağlar (Roskar ve diğ., 2012). Günümüzdeki yaşlı açık kümelerin muhtemelen hayatta kalabilme nedeni, yıkıcı dev moleküler bulutlarıyla karşılaşmalarını sınırlamaları veya bunlardan kaçmalarına izin veren yapısal özellikleri ve bulundukları yörüngeler sayesindedir. Ayrıca açık kümelerin dağılması sonucunda arta kalan ve açık küme kalıntıları olarak bilinen hayaletimsi kalıntılar, küme evriminin son kalıntısı olarak açık küme dinamik evrimini anlaşılmasında temel bir rol oynayabilmektedir (Carraro ve diğ., 1999). Yaşlı kümeler çok daha uzun ve gelişmiş dinamik bir tarihe sahiptir. Ömürleri boyunca yörüngelerinde önemli değişiklikler yaşamış olabilirler. Yaşlı kümeler genç olanlara göre daha büyük yükseklik ölçeklerinde (H = 550 pc) bulunurlar. Bu durum açık kümelerin hayatta kalma şanslarını arttırmakla birlikte, yıldızlararası dinamik etkileşimlerin yıkıcı etkilerinden korur. Genç açık kümeler ise daha küçük yükseklik ölçeğine sahiptir. Kısa dinamik bir geçmişe sahip olduklarından dolayı içinde oluştukları yıldızlararası molekül bulutlarının izleyicileridir (Martinez-Garcia ve Puerari, 2014). Bu nedenle, genç açık kümeler spiral kolların yapısının, yaşlı olanlar ise Galaksi düzleminin incelenmesine imkân sağlamıştır. Ancak, Galaktik düzlem ile spiral kolların yapısı ve evrimi, astronomide temel fakat uzun süredir devam eden bir sorudur. Bu duruma yeterince açıklık getirilememiştir. Bunun nedeni günümüzdeki açık küme gözlemlerinin henüz tüm Galaksiyi içerecek şekilde uygulanamamasıdır. Bunun nedeni, teknolojik yetersizlikler ve açık kümelerin Galaksi diskine

yoğun bulunmalarından kaynaklanmaktadır (Castro-Ginard ve diğ., 2021; Joshi ve Malhotra, 2023).

Özellikle yıldızlararası ortamda yeni doğmuş genç açık kümeler keşfedilmeyi beklemektedir. Yeni açık küme keşiflerinin yapılabilmesi için uzay tabanlı, kızılötesi bölgedeki fotometrik bantlara sahip orta ve büyük aynalı teleskoplara bağlı odak düzlemi araçlara ihtiyaç duyulmaktadır (Castro-Ginard ve diğ., 2018; 2019; 2020; 2021; Cantat-Gaudin ve diğ., 2019; Bastian, 2019; He ve diğ., 2022). Galaktik düzleme gömülü ve yıldızlararası ortam ile etkileşen bu türden açık kümeleri keşfetmek oldukça güçtür. *Gaia* uydusu, 300 – 1,000 nm dalgaboyu aralığında gökyüzündeki çok sayıda kaynağın çok hassas trigonometrik paralaks ve öz hareket bileşenlerini ölçmekle birlikte, astrometrik uzayda alan yıldızlarıyla küme yıldızlarının doğru bir şekilde ayrılmasını sağlamıştır. Bununla birlikte, *Gaia* uydusunun gözlemlerinden Samanyolu'nda yaklaşık 1,500 açık küme keşfedilmiştir (Castro-Ginard ve diğ., 2018; 2020; 2021). Açık küme verilerinin yeniden hesaplanması ve yeni açık kümelerin bir bütün olarak ele alınması başta Güneş civarındaki yapı olmak üzere Samanyolu'nun disk yapısının anlaşılması, Galaksi oluşumu ve evrimi hakkında önemli bilgilere ulaşılmasını sağlamıştır (Netopil ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023).

Açık kümelerinin yapısal parametrelerini yeterince duyarlı tayin edilebilmesi için küme merkezinden farklı radyal uzaklıktaki yıldızların sayı yoğunluklarının hesaplanması gerekmektedir. Açısal boyut ile merkezi koordinatları, bir yıldız kümesini tanımlayan önemli parametrelerdir. Bu parametreler küme alanında bulunan yıldızların sayılarından hesaplanır. Bir yıldız kümesinin gerçek boyutunun belirlemesinde, açık kümeyi oluşturan yıldızların sayısı, yıldız bölgelerinin yoğunluğu ve gözlemcinin görüş alanı önemlidir. Ayrıca, küme boyutlarının doğru ve hassas tayin edilebilmesinde, küme üyesi yıldızların tespitinin de önemi vardır. Bir açık kümenin temel parametreleri, küme üyesi olarak belirlenmiş yıldızların, renk-parlaklık diyagramları üzerindeki konumları teorik eş-yaş eğrileriyle karşılaştırılması sonucu belirlenir. Bununla birlikte, küme üyesi yıldızların yeterli duyarlılıkta belirlenmemiş olması ve astrofizik parametrelerin eş-zamanlı olarak tayin edilmesi de sonuçların doğruluğunu etkilemektedir. Bu problemin üstesinden gelinebilmesi için küme yıldızlarının istatistiksel yaklaşım ile tayin edilmesi ve analizlerde bağımsız yöntemlerin kullanılması gerekmektedir. 20. yüzyılda yıldız kümelerinin özelliklerine ilişkin fiziksel ve niceliksel araştırmaların, gözlemler ile birlikte değerlendirilmesi küme üyelerini daha doğru ve hassas bir şekilde belirlemeye olanak

sağlamıştır (Van Maanen, 1945). Küme üyeliklerinin fotometrik ve astrometrik verilerin bir arada kullanılarak belirlenmesi, kümenin temel astrofizik parametrelerinin duyarlı bir şekilde tayininde etkilidir (Kharchenko ve diğ., 2005). Uzay tabanlı gözlemlerin artmasıyla kümelerin hesaplanan parametrelerinin duyarlılıkları da artmıştır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2020). Günümüzde *Gaia* veri tabanının (Gaia işbiriği, 2016; 2018; 2021; 2023) sağlamış olduğu fotometrik, astrometrik ve sınırlı sayıdaki tayfsal veriler sayesinde açık küme yıldızlarının üyelikleri ortaya çıkartılarak kümelerin yapısal ve astrofiziksel parametreleri hassas bir şekilde tayin edilebilmektedir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Castro-Ginard ve diğ., 2021).

Gaia çağının başlamasıyla birlikte, Hao ve diğ. (2021) açık kümelerin literatürdeki fotometrik, astrometrik ve temel astrofizik parametrelerinin bulunduğu kataloglardan (Dias ve diğ., 2002; 2014; 2021; WEBDA, UCAC; Kharchenko ve diğ., 2013; 2MASS ve PPMXL; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2019; 2020 ve TGAS) verileri derlemişlerdir. Ayrıca *Gaia* DR2 verileriyle belirledikleri yaklaşık 3,800 açık ve küresel kümenin *Gaia* DR3 veri tabanındaki astrometrik ve fotometrik verilerini de derleyerek listelerindeki kümelerin astrofizik parametrelerini güncellemişlerdir. İncelenen kümelerin ortalama radyal hız, uzaklık, öz hareket ve yaş parametreleri hesaplamıştır. Analizlerde, açık kümelerin Galaksi'deki konumlarını yaşlarının bir fonksiyonu olarak incelemiş ve ortalama yaşı $1.5 < t$ (Myıl) < 850 aralığında olan açık kümelerin yükseklik ölçeğinin $H = 42$ pc'ten $H = 180$ pc'ye kadar artığını tespit etmiştir. Bunun yanı sıra araştırmacılar 20 Myıl'dan daha genç açık kümelerin yükseklik ölçeğini $H = 70.5 \pm 2.3$ pc hesaplarken, yaşı $20 < t$ (Myıl) < 100 arasında olan açık kümelerin yükseklik ölçeğini ise $H = 87.4 \pm 3.6$ pc olarak belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar yaşı 1 Gyıl'dan büyük açık kümelerin yükseklik ölçeklerinin belirgin bir şekilde daha büyük değerlerde bulunduğunu göstermişlerdir.

Soubiran ve diğ. (2018), *Gaia* DR2 veri tabanındaki yıldızlara ait radyal hız verilerini kullanarak 861 açık kümenin ortalama radyal hızlarını tayin etmiştir. Ayrıca çalışmada, genç açık kümelerin Galaktik düzleminden dik doğrultudaki dağılımlarında yatay ve dikey hız dispersiyonlarının 5 km/sn olduğu, 1 Gyıl'dan yaşlı kümelerin ise ince diskin 14 km/sn'lik hız dispersiyonuyla Galaktik düzlemden 1 kpc'ye kadar uzandığı bulunmuştur.

Gaia'nın sağladığı yüksek hassasiyetli astrometrik veriler sayesinde açık kümelerin gelgit yapısı (gelgit kuyruğu) gibi özelliklerini daha ayrıntılı incelemek için üyelik tanımlamasında oldukça güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir. *Gaia* verilerinin yardımıyla, literatürde kayıtlı

birçok açık kümelere ait gelgit yapısı keşfedilmiştir. Röser ve diğ. (2019) ve Meingast ve Alves (2019), Hyades kümesinde 170 pc'den büyük bir gelgit yapısının varlığını ilk kez doğruladılar. Benzeri yöntemler ile gerçekleştirilen analizler sonucunda Praesepe açık kümesinin 165 pc'lik (Röser ve Schilbach, 2019), ünlü M67 kümesiyle (Carrera ve diğ., 2019) daha genç Blanco 1 kümesinin (Zhang ve diğ., 2020) 50 pc'den büyük bir gelgit yapısına sahip olduğu tespit edilmiştir. Yeh ve diğ. (2019), yakın Rupecht 147 kümesinin dinamik analizleri sonucunda belirgin gelgit kuyruklarının yanı sıra geniş bir koronanın varlığını ortaya çıkartmıştır. Ayrıca, Bai ve diğ. (2022), yeni keşfedilen COIN-*Gaia* 13 açık kümesinin yaklaşık 270 pc'e uzanan bir kuyruk yapısı olduğunu tespit etmiştir. *Gaia* verilerini kullanan Zhong ve diğ. (2019), genç ikiz açık kümeler NGC 869 ve NGC 884'ün üye yıldızlarını küme merkezinden $r = 7°$ yarıçap içinde incelemiş ve küme çekirdeklerinden uzaklaştıkça yıldız sayı yoğunluğunun 50 pc yarıçapında bir dış halo yapısının varlığını keşfetmişlerdir. Bu keşif ile, ilk kez çok genç açık kümelerinin de genişlemiş bir yapıya sahip olabileceği gösterildi. Yeni keşfedilen dış halo bölgesi, Kharchenko ve diğ. (2013) tarafından tanımlanan küme sınırının 6 ile 8 katından daha büyüktür. Bu çalışmayla, *Gaia* DR2 verilerinin yaklaşık 2 kpc mesafede bulunan kümelerin uzamış dış halo yapılarını zemin yıldızlarından etkin bir şekilde ayırt edebildiği gösterilmiştir. Açık kümelerin genişlemiş bölgelerinde dış halo (veya korona) yapıları ve gelgit kuyrukları doğrulanmış olsa da bu iki yapı küme dinamik evrimi açısından farklı özelliklere ve kökenlere sahiptir. Danilov ve Dorogavtseva'ın (2008) simülasyonlarına göre, bir açık kümenin evrimi sırasında oluşan gelgit kuyruklarının toplam uzunluğu 150 Myıl sonrası 1.2 kpc'ye kadar ulaşabilmektedir. Tutukov ve diğ. (2020), yıldız kümelerinin dağılmasıyla oluşan ve Galaksi diskinde halka benzeri yapılar oluşturabilen yıldız akıntı kavramını geliştirmiştir. Yıldız kümelerinin gelgit kuyrukları çoğunlukla Samanyolu'ndaki hareket ve dinamik evrim ile oluşmaktadır. Açık kümelerin dış bölgesindeki radyal yoğunluk profiline ilişkin bulguları, çoğu açık küme için radyal yoğunluk profilinin, dış halo bileşenlerinin varlığı nedeniyle geleneksel King profilinden sapması yapıların anlaşılmasına katkı verir (King, 1962). King model dağılımına sahip bir çekirdek bileşen ve logaritmik Gauss dağılımına sahip bir dış halo bileşeni içeren önerilen iki bileşenli model, açık kümelerin iç ve dış yapısal özelliklerine daha iyi bir yaklaşım sağlar. Ayrıca Zhong ve diğ. (2022) çalışmasıyla yıldız kümelerinin yapısını ve dağılım profilini tanımlamak için r_c, r_t, r_o, r_e ile ifade edilen dört yarıçaplarının kullanılmasını önermiştir. Araştırmacılar açık kümelerin çekirdek yarıçapının ötesindeki genişletilmiş yapısını dikkate almanın önemini vurgulayarak konumsal dağılımı ve evrimi hakkında daha kapsamlı

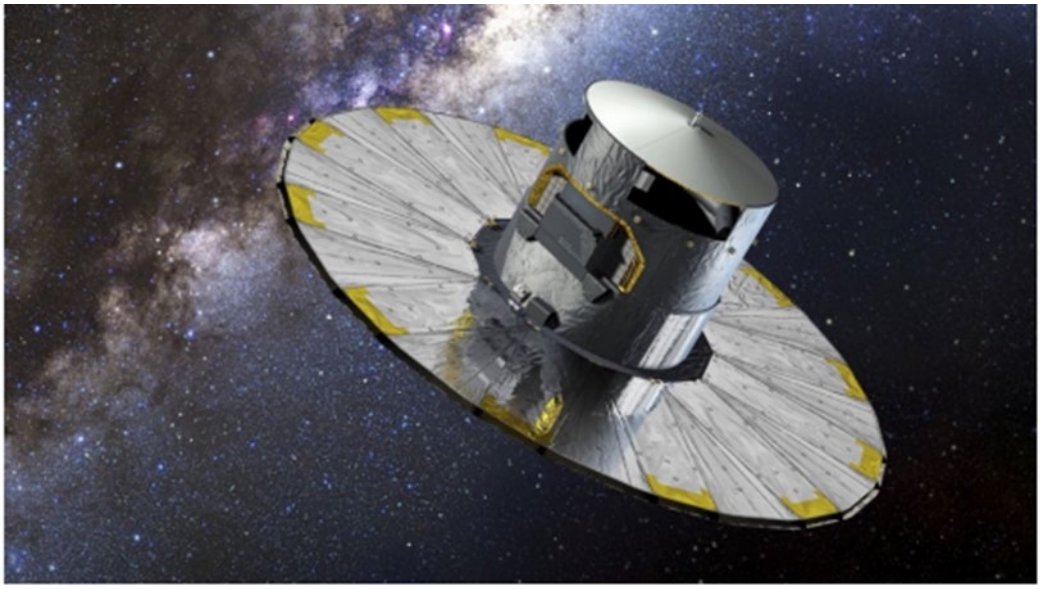
bir anlayış sağladığını belirtmiştir. Açık kümelerin dış yapısının incelenmesi, yıldız kümelerinin oluşum ve evrimini anlaşılmasında önemlidir. *Gaia* verileriyle ortaya çıkarılan geniş bölgedeki gelgit yapısının varlığı, yıldız kümelerinin dinamik evriminin anlaşılmasıyla birlikte Samanyolu'ndaki yıldız kümelerinin evrim zaman ölçeğinin ortaya çıkarmaya yardımcı olabilir (Krumholz ve diğ., 2019). Genç yıldız kümelerinin de başlangıçta dış halo yapıları oluşturduğu unutulmamalıdır (Zhong ve diğ., 2019; Meingast ve diğ., 2021). Bu keşif, dev molekül bulutunda kümelerin oluşum biçimini ve başlangıç kütle fonksiyonunu (IMF) incelemek için yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Çekirdek bölgesinden dış halo bölgesine kadar farklı yıldızlararası ortamlar, IMF üzerinde farklı molekül bulutu yoğunluklarının etkisini, IMF'nin güç kanunu biçimine yol açan anahtar faktörleri ve IMF'yi etkileyen ana fiziksel süreçleri incelemek için kullanılabilir (Könyves ve diğ., 2010; 2015; Krumholz ve Burkhart, 2016; André ve diğ., 2019). Özellikle, çekirdek bölgesiyle karşılaştırıldığında, bu ilkel dış halo yapıları, kümenin başlangıç oluşum durumunu en üst düzeyde korumakla birlikte IMF'nin küçük kütleli sonunu incelemek için kullanılabilir (Zhong ve diğ., 2022).

Gaia DR3 verileri, açık küme çalışmaları için önemli faydalar sağlamıştır (Sariya ve diğ., 2023; Yontan, 2023; Yontan ve diğ., 2023). Uydunun duyarlı astrometrik (öz hareket ve trigonometrik paralaks) ölçümleri sayesinde küme üyesi yıldızların tespiti ve küme uzaklıkları yüksek hassasiyetle tayin edilebilmektedir. Güncel çalışmalar ile Samanyolu'nda bulunan açık küme sayısının yaklaşık 7,200 olduğunu göstermektedir (Hunt ve Reffert, 2023). Uzay tabanlı teleskoplar ile gökyüzündeki yıldızların astrometrik ve fotometrik yöntemler ile incelenmeye başlanmasıyla son 10 yılda literatürdeki açık küme araştırmalarında büyük artış olmuştur. Açık küme sayılarındaki artış, bilinen açık kümelerin analizlerinin yeniden ele alınarak incelenmesine ve astrofizik parametrelerinin güncellenmesine olanak vermiştir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Dias ve diğ., 2021). Açık küme verilerinin yeniden hesaplanması ve yeni keşfedilen açık kümelerin bir bütün olarak ele alınması başta Güneş civarındaki yapı olmak üzere Samanyolu'nun disk yapısının anlaşılması, Galaksi oluşumu ve evrimi hakkında önemli bilgilere ulaşmasına katkı vermiştir (Netopil ve diğ., 2022; Magrini ve diğ., 2023).

2.2. GAIA UYDUSU

ESA tarafından 1989 yılında Güneş civarındaki yıldızların astrometrik gözlemlerini gerçekleştirmek amacıyla uzaya gönderilen *Hipparcos* uydusu, beklenilenin ötesinde veri sağlamıştır. Teknolojinin hızla gelişmesi ve uydu teknolojilerinde elde edilen deneyimlerin

birikmesi sonucu yeni bir uzay tabanlı astrometrik görev gerçekleştirecek *Gaia* (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics; Astrofizik için Küresel Astrometrik İnterferometre) uydusu ortaya çıkmıştır. Şekil 2.9'da temsili bir görüntüsü olan *Gaia* uydusu Samanyolu'nun üç boyutlu bir haritasını oluşturmak hedefiyle ESA tarafından 19 Aralık 2013 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. *Gaia*[2]'nın , astrometrik ölçümleri Hipparcos uydusuna göre 200 kat daha hassastır. Bu uydunun literatüre kazandırdığı veri miktarı ise *Hipparcos*'a göre en az 10,000 kat fazladır.



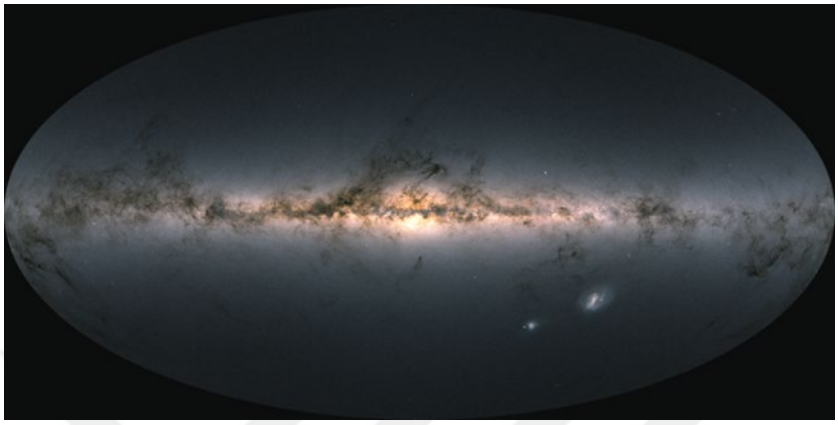
Şekil 2.9: *Gaia* Uzay Teleskobunun temsili bir görüntüsü (ESA, 2019)[3].

Gaia'nın bu olağanüstü hassasiyeti ve elde ettiği geniş veri seti (Şekil 2.10), astronomi alanında derinlemesine ve kapsamlı analizlere olanak tanıyarak, Güneş Sistemi dışındaki yıldızların astrometrik özelliklerini daha ayrıntılı bir şekilde anlaşılmasına katkı vermektedir (Clausen ve Wills, 1989; Clausen ve Perryman, 1990; Perryman, 1991). Uydu, Güneş etrafında bir yörüngede, Dünya'dan 1.5 milyon km uzaklıkta Lagrange 2 (L2) noktasına yerleştirilmiştir. Bu konum uyduya kesintisiz ve tutulmasız gözlem yapma imkânı sunmuştur.

Gaia uydusunun bilimsel görevi, görünen parlaklıkları $3 < G$ (kadir) < 21 aralığındaki gökcisimlerini en az 70 kez fotometrik (G, G_{BP} ve G_{RP}), astrometrik (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) ve tayfsal (V_R) yöntemler ile gözlemektir. *Gaia* iş birliğiyle çalışan araştırmacıların amacı da uydu

[2] https://gaia.aip.de/cms/data/catalogues
[3] https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2019/10/Gaia_astronomical_revolution

verilerini analiz ederek Samanyolu'nun üç-boyutlu uzay ve hız dağılım haritasını ortaya çıkarmak, nesnelerin astrofizik parametrelerini hesaplamak ve buradan Galaksi'nin yapısını, oluşumunu ve evriminin anlaşılmasını sağlamaktır (Gaia işbirliği, 2016).



Şekil 2.10: *Gaia* uydu gözlemleriyle elde edilmiş Galaksi'nin renkli bir görüntüsü[4].

Gaia uydusunun ilk veri sürümü (*Gaia* DR1; Gaia işbirliği, 2016) 14 Eylül 2016 tarihinde gerçekleşmiş ve yaklaşık 1.2 milyar gök cisminin astrometrik ve fotometrik verileri literatüre kazandırılmıştır. *Gaia* DR1'in veri tabanında yaklaşık iki milyon yıldızın trigonometrik paralaks ve öz hareket verilerine ait ölçümler bulunmaktadır. Bilim insanları Gaia DR1 veri tabanında bulunan nesnelerin astrometrik ölçümlerini açık kümelere üye yıldızları teşhis etmek, küme yıldızlarının doğrudan uzaklıklarını belirlemek ve yıldız evrim modellerini geliştirmek amacıyla kullanmaktadır (Randich ve diğ., 2018). Uydunun ikinci veri sürümü (*Gaia* DR2; Gaia işbirliği, 2018) 25 Nisan 2018'de araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. *Gaia* DR2 veri tabanında yaklaşık 1.7 milyar nesnenin ekvatoral koordinatları ve *G* görünen parlaklıkları, yaklaşık 1.3 milyar nesnenin öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralakslarıyla birlikte yedi milyona yakın yıldızın radyal hız verileri bulunmaktadır. İkinci veri sürümüyle Galaksi astrofiziği alanında çığır açıcı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sadece Galaktik çalışmalara ivme kazandırmakla kalmayıp aynı zamanda Samanyolu'nda yeni açık kümelerin keşfedilmesine olanak tanıyarak hem küme popülasyonlarının hem de kümelere üyeliklerin detaylı analizlerini gerçekleştirmeyi mümkün kılmıştır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Liu ve Pang, 2019; Sim ve diğ., 2019; Castro-Ginard ve diğ., 2020).

[4] ESA/Gaia/DPAC Resim lisans: CC-BY-SA 3.0 IGO - A. Moitinho

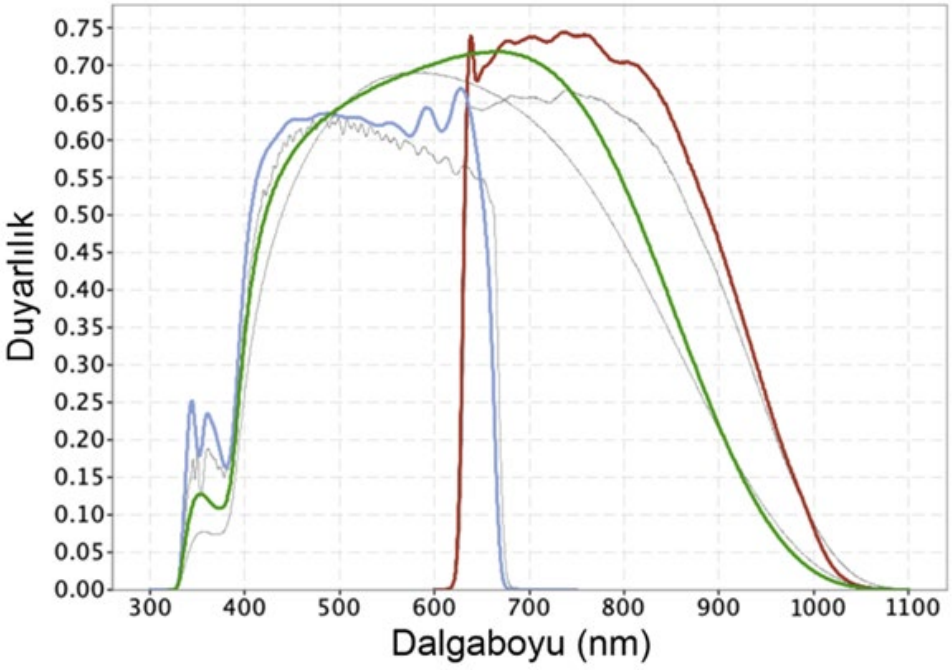
Spektroskopi ve Kimyasal Bolluk *Gaia* uzay aracı, *Gaia* DR2 kataloğunda 7.2 milyon yıldız için radyal hızlar sağlayabilen ve gelecek veri sürümlerinde daha fazlasını sunmaya devam edecek olan yerleşik bir tayfçekere (RVS-Radyal Hız Spektrometresi) sahiptir. RVS tayfları yıldızların kimyasal bolluklarını tayin etmek için de kullanılabilir; ancak gözlemsel tayf aralığının kısıtlı olması ($\lambda \in (845, 872)$ nm), tayf çözünürlüğünün orta seviyede ($R \sim 11{,}000$) olması ve kısa pozlama süreleri (*Gaia* uydusunun sabit dönme hareketi nedeniyle her geçiş başına yaklaşık bir dakika sürmesi) nedeniyle, ölçümlerin derinliği ve hassasiyeti, *Gaia*-ESO taraması, LAMOST, GALAH, APOGEE veya yaklaşmakta olan WEAVE ve 4MOST gibi yer tabanlı gözlemleriyle kıyaslamaktadır (Cropper ve diğ., 2018; Gilmore ve diğ., 2012; Randich ve diğ., 2013; Deng ve diğ., 2012; Cui ve diğ., 2012; De Silva ve diğ., 2015; Dalton ve diğ., 2012).

3 Aralık 2020 tarihinde araştırmacıların kullanımına sunulan ve uydunun ilk 34 aylık süresi boyunca yapılan gözlemlerin indirgenmesi sonucunda tayin edilen fotometrik ve astrometrik veriler ile birlikte, bir önceki sürümünde verilen yaklaşık 7.2 milyon yıldızın radyal hızlarını içeren üçüncü erken veri sürümü (*Gaia* EDR3; Gaia işbirliği, 2021) gerçekleştirilmiştir. *Gaia* ile tayf ölçümleri yapılan yıldızların radyal hızları Ca II üçlüsü civarında yaklaşık 11,500 çözünürlük ile yapılmaktadır (Sartoretti ve diğ., 2018; Katz ve diğ., 2019). Ayrıca bu veri sürümünde G_{BP} ve G_{RP} filtreleriyle gözlemleri yapılan 1.542 ve 1.555 milyar nesneye ilaveten, G görünen parlaklığı $3 < G$ (kadir) < 21 aralığındaki yaklaşık 1.5 milyar nesnenin beş boyutlu astrometrik verileri literatüre kazandırılmıştır (Gaia işbirliği, 2021).

Gaia DR3'teki fotometrik veriler üç geniş banttan sağlanmaktadır: G bandında 330-1050 nm, G_{BP} bandında 330-680 nm ve G_{RP} bandında 630-1050 nm dalgaboyu aralığında (Şekil 2.11). *Gaia*'nın güncel veri sürümünde yaklaşık 1.46 milyar kaynağın ekvatoral koordinatları (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve trigonometrik paralakslarına (ϖ) ait ölçümler belirsizlikleriyle birlikte verilmiştir.

Gaia DR3'te kaynakların trigonometrik paralaksların duyarlılığı G görünen parlaklıklarına bağlı olarak değişmektedir. G (kadir) < 15 parlaklıktaki nesneler için $\sigma_\varpi = 0.02$-0.03 mas, $G = 17$ kadirde $\sigma_\varpi = 0.05$ mas ve $G = 20$ kadir için de $\sigma_\varpi = 0.4$ mas'tır. Kaynakların öz hareket ölçümlerine ait belirsizlikler ise G (kadir) < 15 parlaklıkları için 0.02-0.03 mas/yıl, $G = 17$ kadir için 0.07 mas/yıl ve $G = 21$ kadir için de 1.40 mas/yıl'dır. *Gaia* DR3'te parlaklığı G (kadir) ≤ 12 olan yıldızların radyal hız ölçümlerine ait belirsizlikler tayf türüne göre değişmekte olup

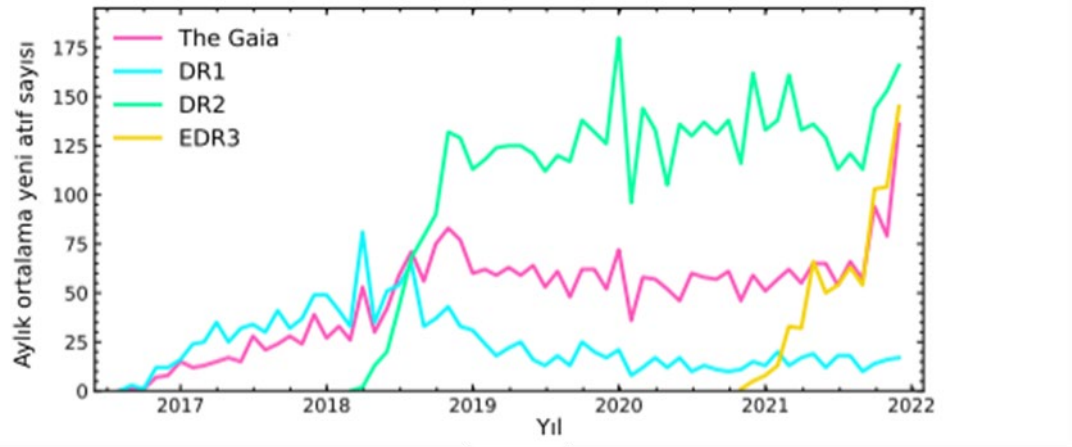
$V_{R\ hata}$ (km/sn) ≤ 0.3 aralığındadır. *Gaia* DR3'te ayrıca 470 milyon nesnenin astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. *Gaia* DR3 veri tabanındaki astrometrik veriler, *Gaia* EDR3'te sunulan veriler ile hemen hemen aynıdır; İki veri tabanındaki ortak nesnelerin trigonometrik paralaks verilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasında −0.017 mas değerinde bir sıfır nokta farkı tespit edilmiştir (Lindegren ve diğ., 2021).



Şekil 2.11: *Gaia* DR3'te kullanılan filtrelerinin (*G* (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı)) geçirgenlik çizgileri.

Gaia uydusunun güncel veri sürümü (DR3; Gaia işbirliği, 2023) ile daha uzun bir zaman diliminde gözlemlenen yıldızlara ait astrometrik parametreler ve fotometrik bantların geçirgenlik fonksiyonu, *Gaia* DR2 verilerine göre daha hassastır. Ancak, *Gaia* DR3 veri tabanı literatüre yeni sunulduğundan, *Gaia* konsorsiyumundaki araştırmacılar Samanyolu'ndaki açık kümeleri bütün olarak incelememiştir. Güncel açık küme çalışmaları genel olarak tek tek veya çok sayıda kümenin detaylı incelenmesine yöneliktir (Bisht ve diğ., 2022a; 2022b; Sariya ve diğ., 2022; Yontan, 2023; Yontan ve diğ., 2023; Xinhau, 2023).

NASA'nın Astrofizik Veri Sistemi (Astrophysics Data System, ADS), *Gaia* ile ilgili çok fazla çalışma içermekte olup yeni makalelerin sayısı hızla artmaya devam etmektedir (Bkz. Şekil 2.12). *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) kataloğuna atıfta bulunan beş binden fazla makale NASA ADS veri tabanında listelenmiştir (Cantat-Gaudin, 2022).



Şekil 2.12: 31 Aralık 2021 tarihine kadar *Gaia* görevi çerçevesindeki farklı zamanlarda araştırmacılar ile paylaşılmış *Gaia* DR1, DR2 ve EDR3 veri sürümlerinden (Gaia işbirliği, 2016; 2018; 2021) üretilmiş makalelere alınmış aylık ortalama atıf sayıları.

Bu muazzam gökbilim verisinin kullanılabilirliği yalnızca bilimsel bulguların çoğalmasını sağlamakla kalmamış, aynı zamanda birçok astronomun çalışma alışkanlıklarını da değiştirmiştir. Brown'a (2021) göre, *Gaia* "hızlı bir şekilde astronomik ekosistemin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir". *Gaia* arşivinden artık birkaç dakika içinde istediğiniz boyuttaki herhangi bir görüş alanı için derin fotometrik ölçümleri alabilirken aynı verileri almak yer tabanlı gözlemlerle birkaç gece veya çoğu zaman aylarca teklif yazma planlaması gerekmektedir. Brown'a (2021), *Gaia* uydusunun mikro saniyelik hassasiyetine kadar astrometri alanında tarihsel bir genel bakış sunmanın yanı sıra Güneş Sistemi ve öte gezegen bilimlerinden uzak evrene kadar *Gaia*'nın astronomiye katkısını ortaya koyan seçilmiş bilimsel açılımları da paylaşıyor. Brown'a (2021), *Gaia*'nın mikro saniyelik hassasiyetine kadar olan astrometri tarihine genel bir bakış sunar ve aynı zamanda, Güneş Sistemi ve öte gezegen biliminden uzak evrene kadar olan astronomiye *Gaia*'nın katkılarını gösteren seçilmiş bilim vurgularını sunar. *Gaia*'nın Samanyolu küme çalışmalarına ilk önemli katkısı küme sayımıyla ilgilidir. Kümeler gökyüzünde nerede bulunur, temel özellikleri nelerdir ve hangi yıldızlar bu kümelerin üyesidir? Küme parametrelerinin *Gaia* öncesi kataloglarından en çok alıntı yapılanlar Dias ve diğ. (2002) ve Kharchenko ve diğ.'nin (2013) çalışmalarıdır (Cantat-Gaudin ve diğ, 2022).

Gaia kataloğu hala büyümeye ve gelişmeye devam etmektedir. Uydunun DR3 verilerinin 2022'de yayımlanması ile özellikle radyal hızları ölçülen yıldızların sayısı yaklaşık 7 milyondan 20 milyona kadar artmıştır. 2025 yılının sonunda kullanıma açılması beklenen *Gaia*

kataloğunun dördüncü versiyonunun (DR4)[5], 66 aylık gözlemleri içerecek olması, *Gaia* DR3'te 34, *Gaia* DR2'de 22 ve *Gaia* DR1'de 14 aylık süreler ile karşılaştırıldığında, trigonometrik paralak ölçümleri *Gaia* DR2'den yaklaşık iki kat daha doğru ve hassasiyette olacaktır. Geliştirilmiş astrometriye ek olarak, *Gaia* DR4 ayrıca her kaynağın astrometrik, fotometrik, tayfsal ve spektrofotometrik ölçümlerinin zaman serisini içerecektir. Bu devasa veri setinin bilimsel potansiyeli büyük ve *Gaia* devrimi henüz tamamlanmış değil (Cantat-Gaudin, 2022).

Gaia uydusunun sağlamış olduğu fotometrik, astrometrik ve tayfsal veriler (Gaia işbirliği, 2023), Güneş civarındaki yıldızların hassas uzay hızlarının belirlenmesine ve buradan da Güneş civarının kemo-dinamik özelliklerinin ortaya çıkartılmasına doğrudan katkı vermektedir. Bu bağlamda açık kümeler ön plana çıkmaktadır. Küme üyesi yıldızların belirlenmesiyle birlikte kümelerin temel astrofizik parametrelerinin belirlenmesi söz konusu olmaktadır. Bir açık kümenin uzaklığı, yaşı, metal bolluğu gibi temel parametreleri çok sayıda küme üyesi yıldızdan belirlenebildiği için, söz konusu temel astrofizik parametreler tek bir alan yıldızına göre daha duyarlı hesaplanabilir. Bu nedenle açık kümeler, Galaksi disk popülasyonunun geniş ölçekteki özelliklerinin ortaya çıkartılmasında alan yıldızlarına göre daha başarılıdır (Piskunov ve diğ., 2006).

2.3. İNCELENEN AÇIK KÜMELERİN LİTERATÜR ÖZETİ

- **NGC 1528** ($\alpha_{2000} = 04^h\ 15^m\ 30^s.7$, $\delta_{2000} = +51^o\ 13'\ 05''$ ve $l = 152°.069$, $b = +00°.274$)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler II2m olarak sınıflandırılan küme Kahraman takımyıldızı doğrultusunda yaklaşık olarak 776 pc uzaklıktadır. Wilhelm Herschel tarafından 28 Aralık 1790 tarihinde keşfedilen kümenin açısal çapı 18 yay dakikası ve görünen parlaklığı da $V = 6.4$ kadirdir. Galaksi'nin ikinci çeyreğinde, Perseus kolunun kuzeyinde bulanan NGC 1528 orta derecede parlak yıldızlardan oluşan büyük ve oldukça dağınık bir kümedir. Kümenin 165 yıldız üyesi tespit edilmiş olup en parlak üyesinin görünen parlaklığı $V = 8.7$ kadirdir. Kümenin merkezinde bulunan kırmızı dev bir yıldız ve yakınındaki sarı bir alt dev yıldız kümedeki en parlak yıldızlardır. (O'Meara, 2007). Peña ve diğ. (2019) NGC 1528 açık kümesindeki tayf türü O erken A tipi, geç A ve F yıldızları içeren toplam 65 yıldızın *uvby*-β fotoelektrik fotometrisiyle yaparak kümenin uzaklığını $d = 954 \pm 154$ pc, metal bolluğu [Fe/H] = -0.310±0.08 dex,

[5]https://www.asayfa.com/samanyolunun-en-detayli-3d-haritasini-olusturmak/

μ = 9.87±0.35 kadir, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.251±0.069 kadir ve yaşını log t = 8.04 yıl olarak tespit etmiştir. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 1545** (α_{2000} = 04^h 20^m 48^s.5, δ_{2000} = +50^o 13' 16" ve l = 153°.366, b = +00°.146)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler II2p olarak sınıflandırılan küme Kahraman takımyıldızı doğrultusunda Galaksi'nin ikinci çeyreğinde bulunmaktadır. Yeni Genel Kataloğu'nda yer alan açık küme William Herschel tarafından 1790 yılında keşfedilmiştir. Kümenin açısal çapı 12 yay dakikası ve görünen parlaklığı V = 6.2 kadirdir. NGC 1545 dağınık görünümlü çok sayıda sönük yıldız ile çevrelenmiş, birkaç parlak yıldızı bulunan bir kümedir. Kümenin merkezinde parlak turuncu dev bir yıldız yer almaktadır. Začs ve diğ. (2011) NGC 1545 açık kümesi içinde yer alan üç dev yıldızın yüksek çözünürlüklü tayf ölçümlerini yaparak kümenin ortalama metal bolluğunu [Fe/H] = -0.13±0.08 dex ve yaşını log t = 7.95 yıl olarak tayin etmiştir. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 1647** (α_{2000} = 04^h 45^m 55^s.4, δ_{2000} = +19° 04' 44" ve l = 180°.368, b = -16°.792)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler II2m olarak sınıflandırılan küme gökyüzünde Boğa takımyıldızı yönünde yer almaktadır. Yeni Genel Kataloğu'nda bulanan açık küme, William Herschel tarafından 1784 yılında keşfedilmiştir. Galaksi'nin üçüncü çeyreğinde yer alan kümenin açısal çapı 50 yay dakikası ve görünür parlaklığı V = 6.4 kadirdir. Hoag ve Applequist (1965) 65 yıldızın fotometrik verilerinin analizinden kümenin uzaklığı d = 549 pc, renk artığı $E(B-V)$ = 0.30 kadir ve uzaklık modülü μ = 8.7 kadir olarak hesaplanmıştır. Johnson fotometrisi kullanan Turner (1992) küme üyesi 45 yıldızın fotometrik analizinden küme uzaklığını d = 542±4 pc, renk artığını $E(B-V)$ = 0.29±0.01 kadir, uzaklık modülünü μ = 8.67±0.02 kadir ve yaşını log t = 8.27 yıl olarak tayin etmişlerdir. Hebb, Wyse ve Gilmore (2004) 53 yıldızın fotometrik analizi sonucu kümenin uzaklığını d = 550 pc, renk artığı $E(B-V)$ = 0.37 kadir, uzaklık modülü μ = 8.7 kadir ve yaşı log t = 8.3 yıl olarak hesaplamıştır. Zdanavičius ve diğ. (2005) NGC 1647 açık kümesini Vilnius yedi band fotometrisiyle incelenmiştir. Görünen parlaklıkları V=15 kadirden daha parlak 433 yıldızın fotometrik analizleri sonucunda yıldızların tayf türü ve ışıma gücü sınıflarıyla birlikte, küme doğrultusundaki renk artığını ve kümenin uzaklığını tayin etmişlerdir. Küme doğrultusunda 0.8 kadirden 1.8 kadire değişen bir diferansiyel sönükleşme bulunan NGC 1647'in yaşı t = 150 Myıl olarak verilmiştir. Hebb ve diğ. (2006) NGC 1647 kümesine üye bir M cüce çift yıldız sistemi keşfetmiştir. Örten çift

sistemin fotometrik ve tayfsal gözlemlerinin analizinden çift sistemdeki baş ve yoldaş yıldızların kütle ve yarıçapları, sırasıyla, M_1 = 0.45±0.05$M_\odot$ ve R_1 = 0.57±0.02$R_\odot$ ve M_2 = 0.19±0.02$M_\odot$ ve R_2 = 0.21±0.01$R_\odot$ olarak hesaplanmıştır. Kümenin metal bolluğu ve yaşı dikkate alındığında sistemdeki bileşenlerin evrim modelleriyle oldukça iyi uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Guerrero ve diğ. (2011) Hyades kümesinden sadece birkaç derece uzaklıkta, Taurus karanlık bulut yapısının ötesinde yer alan açık kümeyi Strömgren fotometrisiyle inceleyerek ortalama uzaklığı d = 564±106 pc, uzaklık modülü μ = 8.75±0.09 kadir ve renk artığı $E(B-V)$ = 0.35 kadir olarak hesaplamıştır. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 2215** (α_{2000} = 06^h 20^m $47^s.8$, δ_{2000} = -07° 16' 37" ve l = 215°.985, b = -10°.104)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler II2p olarak sınıflandırılan küme William Herschel tarafından 1785 yılında keşfedilmiştir. Galaksi'nin üçüncü çeyreğinde yer alan küme, gökyüzünde Tekboynuz takımyıldızı yönünde bulunmakta ve kümenin açısal çapı 8 yay dakikası ve görünen parlaklığı V=8.4 kadirdir. Kümeyle ilgili ilk çalışma, Becker (1960) tarafından gerçekleştirilmiştir. Fotografik plakalardan elde edilen verileri kullanarak görünür parlaklığın yaklaşık 15.5 kadirine kadar 33 yıldızın renk-parlaklık diyagramından NGC 2215 açık kümesinin uzaklığı d = 995 pc, renk artığı $E(B-V)$ = 0.10 kadir ve büyüklüğü de 2.9 pc (10 yay dakika) olarak hesaplanmıştır. Maitzen ve diğ. (1981) çalışmasında, Strömgren fotometrik verilerini kullanarak kümenin renk artığını $E(B-V)$ = 0.244 kadir ve yaşı log t = 7.6 yıl bulmuştur. Pandey ve diğ. (1989) NGC 2215 açık kümesinin yaşı log t = 8.55 yıl olarak tayin etmiştir. Perez (1991), küme uzaklığı d = 1225 pc ve renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.33 kadir olarak hesaplamıştır. Frandsen ve Arentoft (1998) küme yaşını log t = 8.8 yıl, uzaklığı d = 980 pc ve renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.31 kadir hesaplamıştır. Fitzgerald ve diğ. (2015) çalışmasında kümenin uzaklığını d = 790±90 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.26±0.04 kadir, yaşı log t = 8.85±0.10 yıl, öz hareket bileşenlerini $\mu_\alpha \cos\delta$ = 1.2±0.4 mas/yıl, μ_δ = -5.3±0.4 mas/yıl ve kümenin metal bolluğunu [Fe/H] = -0.4±0.1dex tayin etmiştir. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 2264** (α_{2000} = 06^h 40^m 52^s.1, δ_{2000} = +09° 52' 37" ve l = 202°.941, b = +02°.166)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler IV3pn olarak sınıflandırılan küme William Herschel tarafından 1785 yılında keşfedilmiştir. Açısal çapı 20 yay dakikası ve görünen parlaklığı V = 3.9 kadir olan küme Tekboynuz takımyıldızında Galaksi'nin üçüncü çeyrekte yer almaktadır. MonOB1 moleküler bulut yapısı içinde bulunan NGC 2264 açık kümesi yaklaşık 3 Myıl yaşındadır. Literatürde küme için verilen uzaklıklar 400 < d (pc) < 1000 aralığında ve yaş için de 3 < t (Myıl) < 8 olarak verilmektedir (Sagar ve diğ., 1986; Sung ve diğ., 2004; Grellmann ve diğ., 2011; Zwintz ve diğ., 2017). Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 2281** (α_{2000} = 06^h 48^m 21^s.8, δ_{2000} = +41°03' 36" ve l = 174°.925, b = +16°.889)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler I2p olarak sınıflandırılan NGC 2281 açık kümesi 4 Mart 1788 William Herschel tarafından keşfedilmiştir. Gökyüzünde arabacı takımyıldızı yönünde bulunan açık kümenin açısal çapı 50 yay dakikası ve görünen parlaklığı V=5.4 kadirdir. Galaktik düzlemin yaklaşık 16° üzerinde yer alan NGC 2281 açık kümesi, Galaksi'nin ikinci çeyreğinde bulunmaktadır. Glaspey (1987) ve Netopil (2017) tarafından yapılan çalışmada, açık kümenin orta yaşta (600 Myıl) ve Güneş metal bolluğunda ([Fe/H] = 0 dex) olduğu raporlanmıştır. Literatürde kümeyle ilgili yapılan çalışmalar dikkate alındığında ilk astrometrik inceleme Vasilevskis ve Balz (1959) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kümenin farklı fotometrik gözlemleri Cuffey (1938), Pesch (1961), Alcaino (1964) Barkhatova ve diğ. (1978), Yoshizawa (1978) tarafından, kümedeki dev yıldızlarının tayfsal çalışmaları Wallerstein ve Conti (1964) tarafından ve kümedeki özel yıldız (Ap) gözlemleri de Hartoog (1977) tarafından incelenmiştir. Güneş'ten yaklaşık d = 525 pc uzaklıkta bulunan ve yaş tahminleri geniş bir aralıkta bulunan NGC 2281 açık kümesi fotometri ve tayfsal yöntemleri ile incelenmiş ve kümenin metal bolluğuna yönelik birkaç çalışma gerçekleştirilmiştir ve bu çalışmalar Fritzewski ve diğ. (2023) tarafından özetlenmiştir. Bu çalışmalar kümenin metal bolluğunun Güneş'e göre daha fakir olduğunu göstermektedir. Cameron (1985) fotometrik yöntemler kullanarak NGC 2281 açık kümesinin metal bolluğunu [Fe/H] = -0.07 dex olarak verirken Netopil (2017) de [Fe/H] = -0.03 dex olduğunu raporlamıştır. Güncel tayfsal gökyüzü programlarının devreye girmesiyle birlikte LAMOST taraması sonucunda Zhang ve diğ. (2019) kümenin metal bolluğu [Fe/H] = -0.03 dex, ve Niu ve diğ. (2020) da kümeye üye 101 yıldızdan itibaren metal bolluğunu [Fe/H] = -0.10±0.08 dex olarak hesaplamışlardır. Zhang ve diğ. (2019) küme üyesi yıldızların kromosferik aktivitesine yönelik gözlemlerini gerçekleştirerek NGC 2281 açık kümesinin

yaşını Ca II çizgisinden itibaren t = 526 Myıl, Hα çizgisinden ise t = 566 Myıl olarak tayin etmiştir. Terrell ve diğ. (2021) de kümenin renk artığını $E(B\text{-}V)$ = 0.123 kadir ve yaşını da t = 630 Myıl olarak belirlemiştir. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 2423** (α_{2000} = 07^h 37^m $11^s.8$, δ_{2000} = -13° 51' 47" ve l = 230°.487, b = +03°.561)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler IV2m olarak sınıflandırılan NGC 2423 açık kümesi gökyüzünde Puppis takımyıldızı yönünde yaklaşık olarak 2500 ışık yılı uzaklıkta bulunur. Yeni Genel Katalog'da yer alan açık küme İngiliz astronom William Herschel tarafından 1786 yılında 47.5 cm çaplı aynalı teleskop ile keşfedilmiştir. Kümenin Gök ekvatoruna yakın bir konumda bulunması nedeniyle yılın belirli zamanlarında Dünya'nın her iki yarım küresinden de gözlenebilmektedir. Kuzey Galaktik yarı kürede ve üçüncü çeyrekte bulunan NGC 2423 açık kümesine yönelik analizler kümenin orta yaşta (t = 1 Gyıl), Güneş bolluğuna göre biraz zengin ([Fe/H] = +0.10 dex) olduğunu ortaya koymuştur (Clariá ve diğ., 2008; Santos ve diğ., 2009; 2012; Paunzen ve diğ., 2010; Conrad ve diğ., 2014). Eggen'in (1979) kümeyle ilgili yapmış olduğu fotometrik çalışmayla 12 kırmızı dev yıldızın küme üyesi olduğu ortaya konmuş ve bu yıldızların mutlak parlaklıkları ve etkin sıcaklıklarının Hyades açık kümesiyle benzerlik gösterdiği belirtmiştir. Literatürde NGC 2423 açık kümesiyle ilgili yapılan çalışmalarda Hoag ve Applequist (1965) 65 yıldız gözlemlemiş ve uzaklık d = 549 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.30 kadir ve uzaklık modülü μ = 8.7 kadir olduğunu raporlamıştır. Turner (1992) Johnson fotometrisini kullanarak 45 yıldız gözlemlemiş ve analizleri neticesinde kümenin Güneş'e olan uzaklığını d = 542±4 pc ve renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.29±0.01 kadir, uzaklık modülünü μ = 8.67±0.02 kadir ve yaşını log t = 8.27 yıl olarak vermiştir. Vilnius yedi renk fotometrik sistemini kullanan Zdanavicius ve diğ. (2005) 252 yıldız üzerinde yaptıkları çalışmada açık kümenin uzaklığını d = 555±74 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.35±0.01 kadir, uzaklık modülü μ = 8.42±0.02 kadir ve yaşı log t = 8.1 yıl olarak hesaplanmıştır. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 2527** (α_{2000} = 08^h 04^m 59^s, δ_{2000} = -28° 07' 19" ve l = 246°.069, b = +01°.871)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler III1p olarak sınıflandırılan NGC 2527 açık kümesi Galaktik düzlem civarında Galaksi'nin üçüncü çeyreğinde bulunmaktadır. Yeni Genel Kataloğu'nda yer alan açık küme gökyüzünde Puppis takımyıldızı yönünde Güneş'ten 1960 ışık yılı uzaklıkta yer almaktadır. İngiliz astronom William Herschel tarafından 1784 yılında

47.5 cm çaplı aynalı teleskop ile keşfedilmiştir. 7 Ocak 1831 tarihinde John Herschel tarafından da gözlemlenen açık küme, 5 Şubat 1837 tarihinde yeniden gözlemlenmiş ve küme farklı bir nesne olarak tanımlayarak NGC 2520 olarak numaralandırılmıştır. Lindoff (1973) NGC 2527 açık kümesinin yaşını t = 500 Myıl, renk artığını $E(B\text{-}V)$ = 0.077±0.016 kadir ve uzaklık modülünü μ = 8.70 kadir olarak tespit etmiştir. Kümenin en parlak üyeleri A-tipi yıldızlardır ve bu yıldızların en parlağı A3 tayf türünde görünen parlaklığı V = 9.38 kadirdir. Reddy ve diğ. (2013) tayfsal ve fotometrik verilerine dayanan çalışmasında kümenin orta yaşta t = 450 Myıl, metalce fakir [Fe/H] = -0.09 dex ve renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.04 kadir olarak tespit etmiştir. Conrad ve diğ. (2014), sadece iki yıldıza dayanarak metal bolluğunu [Fe/H] = +0.06 dex olduğunu hesaplamıştır. Raddi ve diğ. (2017) kümeye üye bir beyaz cücenin kütlesini 0.77±0.03$M_{\odot}$ ve yaşı da t = 441±188 Myıl olarak belirlemiştir. Cantat Gaudin ve diğ. (2018a) *Gaia* DR2 veri tabanındaki astrometrik ve tayfsal verileri kullanarak kümenin yaşını t=1 Gyıl, metal bolluğunu [Fe/H] = -0.26±0.11 dex, renk artığını $E(B\text{-}V)$ = 0.077±0.016 kadir ve uzaklık modülünü μ= 8.37±0.10 kadir olarak tayin etmiştir. Shah ve diğ. (2020) *Gaia* DR2 verilerini kullandığı çalışmasında kümenin yaşını t = 630 Myıl, renk artığını $E(B\text{-}V)$ = 0.13 kadir, uzaklığı d = 642±30 pc ve radyal hızı R_V = 41±9 km/sn olarak hesaplamıştır. Küme ile ilgili literatür bilgileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 6281** ($\alpha_{2000} = 17^h\ 04^m\ 43^s$, δ_{2000} = -37° 56' 53" ve l = 347°.764, b = +01°.989)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler IV2p olarak sınıflandırılan NGC 6281 açık kümesi gökyüzünde Akrep takımyıldızının yaklaşık 2° doğusunda yer almaktadır. Küme İskoç astronom James Dunlop tarafından 1826 yılında yaklaşık 23 cm çaplı aynalı teleskop ile keşfedilmiştir. Yeni Genel Katalog 'da yer alan ve çıplak gözle kolaylık ile gözlemlenen parlak olan küme, Galaksi'nin dördüncü çeyreğinde bulunmaktadır. James Dunlop, kümeyi "birçok yıldızın karıştığı, oldukça parlak yıldızlardan oluşan ilginç bir şekilde kavisli bir çizgi" olarak tanımlamıştır. John Herschel daha sonra kümeyi hem "oldukça parlak" hem de "oldukça zengin" olarak tanımlamıştır (Crossen ve Rhemann, 2004). Gelgit yarıçapı 26 ışık yılı ve kütlesi yaklaşık 214$M_{\odot}$ olan NGC 6281 küme merkezinden 20 yay dakikası içerisinde görünen parlaklığı V = 13.5 kadir veya daha parlak olan 55 üye yıldıza sahiptir. En parlak üyesi V = 9 kadir olan küme genel olarak görünen parlaklığı V = 5.4 kadirdir (Schneider, 1985; Piskunov ve diğ., 2007). Feinstein ve Forte (1974) çalışmasında kümenin uzaklık modülünü μ = 8.7 kadir, uzaklığı d = 560±30 pc, yaşı t = 108 Myıl ve renk artığını $E(B\text{-}V)$ = 0.15±0.02 kadir olarak

vermektedir. Paunzen ve diğ. (2010) küme üyesi dört yıldızdan itibaren kümenin ortalama metal bolluğunu [Fe/H] = +0.00±0.06 dex olarak hesaplamıştır. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

- **NGC 6633** (α_{2000} = 18^{h} 27^{m} $22^{s}.8$, δ_{2000} = +06° 36' 54" ve l = 36°.122, b = +08°.347)

Ruprecht (1966) tarafından Trumpler III2m olarak sınıflandırılan NGC 6633 açık kümesi, gökyüzünde Yılancı takımyıldızı yönünde bulunur. İsviçreli astronom Philippe Loys de Chéseaux tarafından 1745 yılında keşfedilmiştir. Yeni Genel Kataloğu'nda yer alan büyük ve parlak olan küme, yerel kolda ve Galaksi'nin birinci çeyreğinde yer almaktadır. NGC 6633 aynı zamanda Tweedledum Kümesi (IC 4756) ve Kaptan Kanca Kümesi olarak da bilinmektedir. 38 üye yıldızı içeren kümenin görünen parlaklığı V = 4.6 kadirdir. En parlak yıldızı V = 7.6 kadir olan kümenin yaşının t = 660 Myıl olduğu tahmin edilmiştir (Paunzen ve diğ., 2014). Çıplak göz ile kolaylıkla görülebilecek kadar parlak olan küme, dürbün veya küçük teleskoplar için iyi bir gök cismi olarak bilinir. Kümeyle ilgili literatür verileri Tablo EK 1'de verilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. VERİ

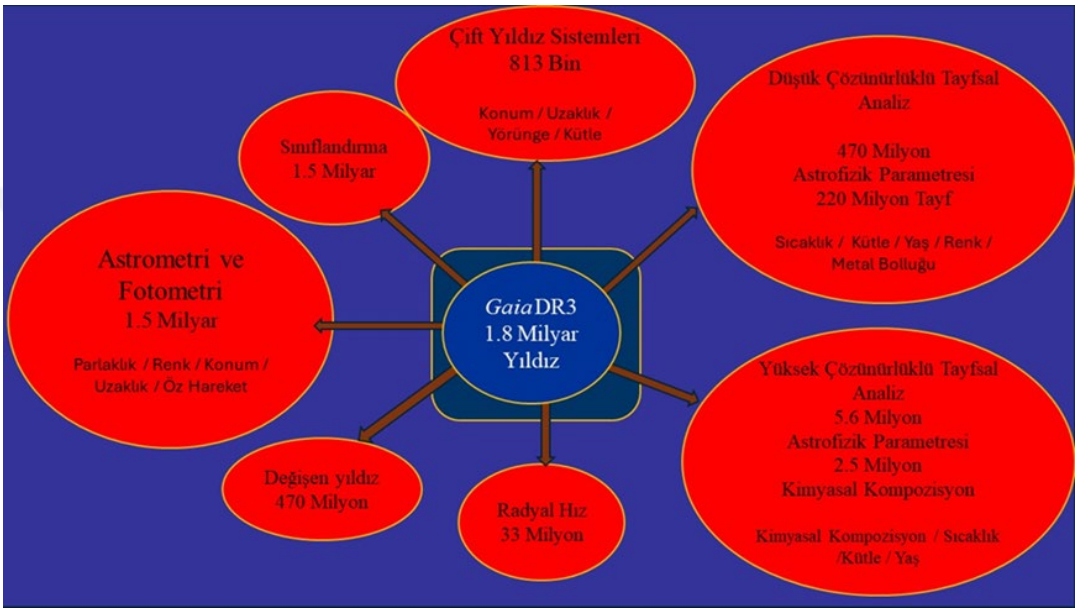
Gaia çağının başlamasıyla birlikte yeni keşfedilen açık kümelerin sayılarında belirgin bir artış olmuştur. *Gaia* DR2 verileri (Gaia işbirliği, 2018) üzerinden makine öğrenmesiyle yapılan analizlerde yeni keşfedilen ile birlikte toplam 2,017 açık kümenin astrometrik ve temel astrofizik parametreleri homojen yöntemler ile literatüre kazandırılmıştır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020). Tez çalışmasında *Gaia* DR3 verileriyle (Gaia işbirliği, 2023) yapısal ve astrofiziksel parametrelerini daha doğru ve duyarlı inceleyebilmek için 10 açık kümenin incelenmesi planlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan Güneş komşuluğunda ($500 < d$ (pc) < 1200) ve farklı yaşlarda ($4 \leq t$ (Myıl) ≤ 1300) bulunan NGC 1545, NGC 1528, NGC 1647, NGC 2215, NGC 2264, NGC 2281, NGC 2423, NGC 2527, NGC 6281 ve NGC 6633 açık kümeleri seçilmiştir.

Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin uzay tabanlı verisi, uzaya fırlatıldığı tarihten itibaren benzeri görülmemiş bir hassasiyetle gökyüzündeki yıldızların konumlarını tekrar tekrar ölçülerek oluşturulan ve literatürde en iyi astrometrik katalog olarak da bilinen *Gaia* DR3'ten (Gaia işbirliği, 2023) sağlanmıştır. Bu katalogda 1.8 milyar gök cismine ait fotometrik (G, G_{BP}, G_{RP}), astrometrik (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) ve radyal hız (V_R) verileriyle birlikte *Gaia* konsorsiyumunun her bir ölçüme ait belirsizlikler ile özel istatiksel yöntemler ile belirlenmiş veriler ve açıklamaları yer almaktadır.

Gaia uydu verileri, Samanyolu galaksisinin farklı bölgelerindeki yıldızların özelliklerini detaylı bir şekilde incelemek için kullanılmaktadır. Özellikle, metalce fakir yıldızların konumları, uzaklıkları ve hareketleri gibi önemli ölçümler hassas bir şekilde sağlanmaktadır. Bu veriler üzerinden yıldızların kimyasal bileşimleri ve yaşları gibi temel özellikleri de dâhil olmak üzere benzersiz detaylar ortaya çıkarılmaktadır. *Gaia* uydu verilerinin analizi, Samanyolu'ndaki yıldızların evrimi ve uzay dağılımı hakkında kapsamlı bir anlayış sağlamıştır. Bu analizler, astronomideki bilgi birikimini derinleştirerek, evrenin yapısal ve kimyasal özellikleri hakkında önemli bilgiler sunmuştur (Pereira, Drake ve Roig, 2019; Şahin ve Bilir, 2020).

Gaia DR3'te G (3,300-10,500 Å; yeşil), G_{BP} (3,300-6,800 Å; mavi) ve G_{RP} (6,300-10,500 Å; kırmızı) olmak üzere üç geniş banttan oluşan filtre seti kullanılmaktadır. Bu veri sürümünde

aynı zamanda yaklaşık 1.8 milyar gök cismi farklı kategorilerde sınıflanmış (Şekil 3.1) ve bu sınıflamalardaki astrometrik ve fotometrik ölçümlere ait belirsizlikler *G* görünen parlaklığının bir fonksiyonu olarak Tablo 3.1'te listelenmiştir. *Gaia* DR3 veri tabanında etkin sıcaklığı 3,100 ile 14,500 K aralığında olan yaklaşık 32 milyon yıldızın radyal hız verisi bulunmaktadır. Bu veri sürümünde G = 12 kadirden daha parlak yıldızların radyal hız hataları 1.3 km/sn iken G = 14 kadirde belirsizlikler 6.4 km/sn kadar artmaktadır (Katz ve diğ., 2023).

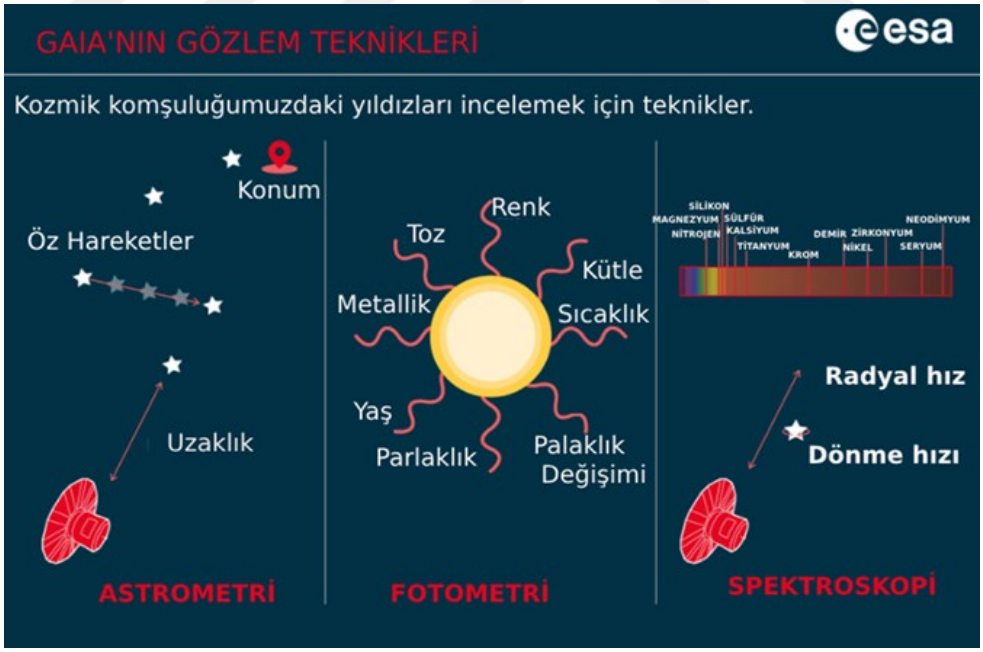


Şekil 3.1: Sayılar ile *Gaia* veri sürümü 3 (ESA/*Gaia* /DPAC).

Tablo 3.1: *Gaia* DR3 veri tabanındaki nesnelerin *G* görünen parlaklığına göre astrometrik ve fotometrik ölçülmelerine ait belirsizlikler.

Veri	***G* < 15 (kadir)**	***G* = 17 (kadir)**	***G* = 20 (kadir)**	***G* = 21 (kadir)**
Konum (mas)	0.01 – 0.02	0.05	0.40	1.00
Trigonometrik paralaks (mas)	0.02 – 0.03	0.07	0.50	1.30
Öz hareket (mas/yıl)	0.02 – 0.03	0.07	0.50	1.40
	***G* < 13 (kadir)**	***G* = 17 (kadir)**	***G* = 20 (kadir)**	
G (mili kadir)	0.3	1	6	
G_{BP} (mili kadir)	0.9	12	108	
G_{RP} (mili kadir)	0.6	6	52	

Gaia'nın[6] kamerası üç bilimsel enstrüman içerir: **Astrometrik düzenek**, mavi ve kırmızı fotometre ve radyal hız spektrometresi. Her biri, üzerlerine düşen yıldız ışığını kaydetmek için yüksek sayıda dijital detektör olan yük bağlaşımlı cihazlar (Charge Coupled Device, CCD) kullanır. Toplamda 106 CCD ile, her biri sekiz milyonun üzerinde pikselden oluşan *Gaia* kamerası yaklaşık bir milyar piksele sahiptir. Astrometrik enstrüman, gökyüzündeki yıldız konumlarını ölçmek için planlanmıştır. *Gaia* uydusunun bilimsel görevi boyunca gözlemleri yapılan gök cisimlerinin tüm ölçümleri bir araya getirilerek incelenen gök cisimlerinin başta trigonometrik paralaksları dolayısıyla uzaklıklarıyla birlikte teğet hızlarının hesaplanabilmesi mümkündür. **Fotometrik düzenek**, gök cisimlerinin parlaklık ve renk indekslerinin belirlenmesine ve elektromanyetik tayfın optik bölgesinin mavi ve kırmızı aralığında iki düşük çözünürlüklü tayfsal verilerin sağlanmasına katkıda bulunur. Bu veriler, sıcaklık, kütle ve yaş gibi önemli yıldız özelliklerini tayin edilmesinde kullanılır. **Radyal hız spektrometresi**, bir yıldızın gözlemciye doğru yaklaşma veya uzaklaşma hızını ve yıldızların eksenleri etrafındaki dönme hızını ortaya çıkarır. Yüksek çözünürlüklü tayfların elde edilmesi durumunda yıldızların kimyasal bolluklarının belirlemeye olanak tanır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: *Gaia* uydusunda kullanılan gözlem tekniklerinin şematik gösterimi.

[6] https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/06/Gaia_s_observing_techniques

Tez çalışmasında incelenmesi planlanan açık kümelerin merkezi ekvatoral (α, δ) ve Galaktik (*l*, *b*) koordinatları, görüş alanları ve *Gaia* DR3 kataloğu verilerinden ulaşılan yıldız sayısı Tablo 3.2'de listelenmiştir.

Tablo 3.2: Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin ekvatoral (*α*, *δ*) ve Galaktik koordinatları (*l*, *b*), görüş alanları ve bu alanlarda *Gaia* DR3 kataloğundan tespit edilen yıldız sayıları.

Küme	**α (ss:dd:sn)**	**δ (° :′ : ′′)**	***l*** **(°)**	***b*** **(°)**	**Görüş alanı (yay dakikası²)**	***N***
NGC 1528	04:15:30.7	+51:13:05	152.0693	+00.2738	30×30	41,149
NGC 1545	04:20:48.5	+50:13:16	153.3655	+00.1455	40×40	64,023
NGC 1647	04:45:55.4	+19:04:44	180.3675	–16.7923	45×45	24,633
NGC 2215	06:20:47.8	–07:16:37	215.9851	–10.1043	30×30	25,935
NGC 2264	06:40:52.1	+09:52:37	202.9407	+02.1659	35×35	28,577
NGC 2281	06:48:21.8	+41:03:36	174.9251	+16.8886	50×50	31,458
NGC 2423	07:37:11.8	–13:51:47	230.4873	+03.5614	40×40	90,666
NGC 2527	08:04:59.0	–28:07:19	246.0686	+01.8714	50×50	216,741
NGC 6281	17:04:43.0	–37:56:53	347.7640	+01.9897	50×50	500,000
NGC 6633	18:27:22.8	+06:36:54	036.1223	+08.3465	80×80	17,015

Gaia uydusunun son veri sürümünün yayınlanması (DR3; Gaia işbirliği, 2023), astronomide büyük verileri işlemek ve analiz etmek için yeni tekniklerin ve yöntemlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Araştırmacılar, bu verilerden en iyi şekilde yararlanmak için veri analizi teknikleri ve makine öğrenimi algoritmaları geliştirmişlerdir. Tez çalışmasında açık kümelerin araştırılmasında standart yöntemlerle beraber küme üyesi yıldızların seçiminde makine öğrenme yöntemleri de kullanılmıştır.

3.2. AÇIK KÜME ANALİZLERİ

3.2.1. Yapısal Parametre Tayini

Bilinen tüm açık kümelerin yapısal parametrelerinin tayin edilebilmesi mümkün değildir. Açık küme yıldızları birbirine zayıf çekimsel kuvvetler ile bağlı olması ve kümelerin Galaktik düzlem civarında yer almaları diğer nesneler ile etkileşmelerini arttırmaktadır. Bu durum kısa bir zaman ölçeğinde kümelerin yıldızlararası ortama karışmasına neden olmaktadır. Açık kümelerin yıldızlarının uzaysal dağılımlarının anlaşılması ve fiziksel büyüklüklerinin belirlenmesi açısından radyal yoğunluk profilleri önemlidir. Radyal yoğunluk profilleri incelenen kümenin merkezinden radyal doğrultudaki yıldız yoğunluk değişimini tanımlamakla birlikte genel olarak küme merkezinden itibaren belirlenen eş-merkezli halkalarda bulunan yıldızların sayılmasıyla belirlenebilir. Ayrıca kümelerin bulundurdukları yıldız yoğunluğuna

göre şekillenen radyal yoğunluk profilleri kümelerin dinamik evrimleri ve oluşum geçmişlerinin anlaşılmasında da kullanılmaktadır. Kümelerin radyal yoğunluk profillerinin tanımlanmasında kullanılan King (1962) modeli, küresel kümelerin radyal yoğunluk profillerinden üretilen deneysel bir yoğunluk yasası olmasına rağmen açık kümelerin yapısal parametrelerinin tayininde kullanılmaktadır. Kümenin yapısal parametrelerinin tayinini sağlayan King (1962) modeli, bir kümedeki yıldız yoğunluk değişimini küme merkezinden radyal uzaklığın bir fonksiyonu olarak tanımlar. Temel olarak yıldız yoğunluğunun en büyük değere ulaştığı düz bir profil ile merkezi bir bölge ile azalan ve alan yıldızlarına karışan bir profiline sahip bir dış bölge olmak üzere iki kısımdan oluşur (Zhong ve diğ., 2022). Merkezi yoğunluk, zemin yoğunluğu ve kor yarıçapı gibi bir kümenin yapısal parametreleri King (1962) modeliyle tanımlanır. Modelin matematiksel ifadesi Bağıntı (3.1)'te verilmiş olup ifadedeki alan ρ(r) küme merkezinden belli bir radyal uzaklıktaki çember alan içindeki yıldız sayı yoğunluğunu, r küme merkezinden olan radyal uzaklığı, f_{bg} zemin yıldız yoğunluğunu, f_0 merkezi yıldız yoğunluğunu ve r_{c} de kor yarıçapını belirtmektedir.

$$\rho(r) = f_{\mathrm{bg}} + \frac{f_0}{1 + \left(\frac{r}{r_{\mathrm{c}}}\right)^2} \tag{3.1}$$

Bağıntıda yer alan $\rho(r)$ kümenin radyal yarıçaptaki yıldız sayılarının bulundukları çember alanına olan oranını belirten yıldız sayı yoğunluğu $\rho(r_{\mathrm{i}}) = N_{\mathrm{i}}/A_{\mathrm{i}}$ bağıntısıyla hesaplanmaktadır. Bağıntıdaki N ve A ifadeleri, sırasıyla, belirlenen halkadaki yıldız sayısı, halkanın alanını ve i alt indisi de ilgili halkayı temsil etmektedir. Tez çalışmasında yıldız sayı yoğunluklarının küme merkezinden farklı uzaklıkların bir fonksiyonu olarak yıldız yoğunluk profilleri oluşturulmuş ve King (1962) modeliyle karşılaştırılmıştır. Yoğunluk profillerinin modellenmesinde King'in (1962) matematiksel ifadesi (Bağıntı 3.1) kullanılmış olup, karşılaştırmalarda χ^2 minimizasyon metodu uygulanmıştır. En iyi modelin seçiminde hesaplanan en küçük χ^2'ye karşılık gelen değerler kümenin yapısal parametreleri (merkezi yıldız yoğunluğu f_{o}, zemin yıldız yoğunluğu f_{bg} ve kor yarıçapı r_{c}) olarak kabul edilmiştir. Limit yarıçap dışında alan yıldızları baskın olduğundan kümelerin astrofizik parametrelerinin tayininde bu sınırlar dışındaki yıldızlar istatistik dışı bırakılmıştır. Açık kümelerin yapısal parametrelerine bağlı olarak hesaplanan etkin yarıçap (r_{lim}) parametresi, deneysel bir bağıntıyla Bukowiecki ve diğ.'nin (2011) tarafından literatüre kazandırılmıştır:

$$r_{\mathrm{lim}} = r_c \sqrt{\frac{f_0}{3 \times \sigma_{\mathrm{bg}}} - 1} \tag{3.2}$$

Bu bağıntıda f_0 kümenin merkezi yoğunluğunu, r_c kor yarıçapını σ_{bg} parametresi de zemin yıldız yoğunluğunun hatasını ifade etmektedir.

3.2.2. Küme Üyelik Hesabı

Açık küme analizleri yapılmadan önce kümeye üye yıldızların tespit edilmesi gerekmektedir. Küme üyelerinin daha duyarlı olarak alan yıldızları içinde seçilebilmesi için fotometrik ve astrometrik ölçümlere ihtiyaç duyulur. Açık kümeler Galaktik düzlem civarında bulunduklarından, kalabalık yıldız alanlarından etkilenir, bu da küme üyesi yıldızların seçimini zorlaştırmaktadır. Özellikle *Gaia* çağının başlamasıyla birlikte uydudan elde edilen hassas astrometrik veriler kolaylıkla küme üyesi yıldızları alan yıldızlarından ayırt edilebilmesine olanak sağlamıştır. Bilindiği gibi küme yıldızları aynı bir molekül bulutundan oluştuğu ve Güneş'e aynı uzaklıkta bulundukları için hem hız vektörleri hem de trigonometrik paralaks verileri birbirine çok yakındır. Bu durum küme üyesi yıldızların alan yıldızlardan kolaylıkla ayırt edilmesine imkân tanır. Küme üyesi yıldızların duyarlı bir şekilde seçilmesi, bağlı bulundukları kümenin astrofizik parametrelerinin doğru tayin edilmesi açısından da önemlidir. Kümeye üyeliklerin belirlenmesi yıldızların astrometrik verilerine uygulanan istatistiksel yaklaşımlar ile mümkündür. Kümeler barındırdıkları yıldız yoğunluğuna göre farklı morfolojilerde bulunabilirler, bu da yıldız alanına gömülü olan küme üyesi yıldızlarının fotometrik yaklaşımlar ile ayırt edilmesini zorlaştırır. Bu nedenle, küme üyeliklerinin belirlenmesinde fotometrik yöntem ile birlikte radyal hız, öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümlerinin bir arada kullanılması küme yıldızlarının doğru ve duyarlı seçimine olanak verir.

Literatürde iyi bilinen RAVE (Steinmetz ve diğ., 2006), SEGUE (Allende-Prieto ve diğ., 2008) *Gaia* -ESO (Gilmore ve diğ., 2012), APOGEE (Majawski ve diğ., 2017), GALAH (da Silva ve diğ., 2016), LAMOST (Luo ve diğ., 2019) gibi tayfsal gökyüzü taramaları limit parlaklık sınırlarında gerçekleştirildiği için gökyüzündeki tüm yıldızların radyal hız ölçümlerini içermezler. Bu da geniş bir görünen parlaklık aralığında yer alan açık küme yıldızlarının tümü için radyal hız ölçümlerinin yapılamayacağı anlamına gelir. Bu nedenle araştırmacılar yıldızların öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümlerini dikkate alarak küme üyesi yıldızları belirlemektedir. Küme doğrultusundaki yıldızlar öz hareket bileşenlerinden oluşturulan

diyagrama yerleştirildiğinde, özellikle Güneş komşuluğunda bulunan açık kümeler söz konusu olduğunda, küme üyesi yıldızların alan yıldızlarına göre farklı bir konumda toplandıkları görülmektedir (Yontan ve diğ., 2023; Gökmen ve diğ., 2023).

Küme yıldızları kütleçekimsel etkileşimleri nedeniyle kütle merkezi etrafında toplanırken, alan yıldızları daha zayıf kütleçekimsel bağlar ile ön ve arka plana dağılır (Alfonso ve García-Varela, 2023). Yıldızların öz hareket ölçümlerini kullanarak küme üyesi yıldızları belirlemeye yönelik ilk araştırmalar Vasilevskis ve diğ. (1958) ile Sanders'e (1971) aittir. Araştırmacılar küme ve alan yıldızlarının öz hareket bileşen dağılımlarını dairesel ve eliptik olmak üzere iki değişkenli yoğunluk fonksiyonlarıyla modellemiştir. Kozhurina-Platais ve diğ. (1995), yıldızların öz hareket bileşen ölçümlerine gökyüzündeki koordinatlarını da ilave ederek yıldızların üyelik olasılık hesaplamalarında bir güncelleme yapmıştır. Balaguer-Nunez ve diğ. (2007) küme üyelerini öz hareket diyagramlarındaki yoğunlaşma noktalarını dikkate alarak alan yıldızlarından ayırmaya çalışmıştır. Ayrıca, araştırmacılar renk-parlaklık ve iki-renk diyagramlarını da öz hareket bileşenleriyle birlikte kullanmıştır. Krone-Martins ve Moitinho (2014) gökyüzü koordinatları ve fotometrik ölçümlerin birleşiminden üyelik olasılıklarının hesaplanmasına yönelik bir denetimsiz makine öğrenme yöntemi geliştirmiştir. Ayrıca, Sarro ve diğ. (2014) ile Olivares ve diğ. (2019) yıldızların üyelik analizleri için astrometrik ve fotometrik ölçümleriyle birlikte alan-yıldız popülasyon ayırımının modellenmesinde Bayes istatistiği kullanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, astrometrik ve fotometrik ölçümlerin yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının belirlenmesinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu konuda son yıllarda yıldızların öz hareket ve konum verileri kullanılarak uygulanan makine öğrenme yöntemi duyarlı sonuçlar vermektedir (Yontan, 2023; Taşdemir ve Yontan, 2023; Yontan ve Canbay, 2023). Günümüzde *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğunun literatüre kazandırılmasıyla birlikte yıldızların yüksek duyarlılıklı öz hareket ve trigonometrik paralaks verilerine kolaylıkla ulaşılabilmektedir.

Tez çalışmasında, açık küme doğrultusunda tespit edilen yıldızların kümelere üyelik olasılıklarının belirlenmesinde Krone-Martins ve Moitinho'nun (2014) geliştirmiş olduğu R programlama dili tabanlı bir kütüphane olan denetimsiz makine öğrenme yöntemi UPMASK (Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters) kullanılmıştır. Bu yöntem yıldızların tayfsal verilerine ihtiyaç duymadan, sadece astrometrik ve fotometrik verileri dikkate alarak kümeye üyelik olasılıklarını hesaplamak için tasarlanmıştır. UPMASK,

küme yıldızlarını alan yıldızlarından ayırmak için temelde "*k-means*" olarak tanımlanan bir kümeleme algoritması kullanır. Algoritma, veri setlerini yinelemeli olarak ilgili kümeleme merkezine atar ve veri setinin ortalamasına göre merkezleri günceller. Bu süreç, atamaların ve merkezlerin artık önemli ölçüde değişmediği yakınsamaya kadar devam eder. Programda *k-means* değeri küme başına düşen yıldız sayısını temsil eden ve manuel olarak ayarlanan bir parametre olup, farklı kümelerde en iyi sonuçları 5 ile 35 değerleri arasında vermektedir (Monz, 2008; Krone-Martins ve Maitinho, 2014; Cantat-Gaudin ve diğ., 2018).

Tez çalışmasında her bir küme doğrultusunda bulunan yıldızların ekvatoral koordinat (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve trigonometrik paralakslarından (ϖ) oluşan beş boyutlu bir veri seti hazırlanarak UPMASK yazılımına yerleştirilmiştir. Yazılımda 5 ile 35 *k-means* değerlerinde kümelenme algoritması kullanılarak her bir kümelenme için incelenen yıldızın kümeye üye olma olasılığı hesaplanmıştır. Genel olarak, gökyüzünde belirgin bir şekle sahip olan kümeler için *k-means* değeri 5 ile 10 aralığında, dağınık görünümlü seyrek olan kümelerde ise *k-means* değeri 20 ile 30 aralığında duyarlı sonuçlar vermektedir. Cantat-Gaudin ve Anders (2020) açık küme alanlarındaki yıldızların *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) astrometrik verilerini kullanarak küme üyesi yıldızları başarıyla tespit etmiş ve bu yıldızlardan itibaren 1,481 açık kümenin temel astrofizik parametrelerini elde etmişlerdir.

Tez çalışmasında küme doğrultusundaki yıldızların *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) astrometrik ve fotometrik verileri dikkate alınarak UPMASK yazılımıyla yıldızların küme üyelerine ait olasılıklar hesaplanmıştır.

3.2.3. Astrometrik Parametrelerinin Belirlenmesi

Tez kapsamında incelenen 10 açık kümenin ortalama astrometrik parametrelerinin belirlenmesinde UPMASK yazılımıyla küme üyeliği yüksek yıldızların *Gaia* DR3 verilerinden faydalanılmıştır. Çalışmada üyelik olasılığı $P = 0.5$'ten büyük yıldızlar bulundukları kümelerin en olası üyeleri olarak seçilmiştir.

Açık küme yıldızları aynı molekül bulutundan oluştuklarından uzay hızları birbirine yakın ve hız dispersiyonları küçüktür. Ayrıca, küme alanındaki yıldızların öz hareketleri incelendiğinde kümeye üye yıldızların gökyüzünde belirgin bir yönelim noktaları olduğu görülür. Samanyolu'ndaki gökcisimlerinin neden olduğu çekimsel tedirginlikler, zaman içinde açık kümelerdeki yıldızların uzay hızlarını ve yönelim noktalarını değiştirse bile öz hareket verileri

küme doğrultusundaki alan yıldızlarıyla küme üyesi yıldızların ayırt edilmesinde tercih edilir. Açık kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerinin hesaplanmasında vektör nokta diyagramı (VPD) kullanılmaktadır. Küme doğrultusundaki yıldızların öz hareket bileşenleri VPD diyagramı üzerine işaretlenerek küme ve alan yıldızlarının iki farklı bölgede sayı yoğunluğu bakımından yoğunlaşması beklenir. Çoğunlukla küme yıldızları alan yıldızlarına göre sayıca daha az olduğundan VPD üzerinde kümeleşmenin küçük ama belirgin olduğu bölge açık kümenin ortalama öz hareket bileşenlerini gösterir. Bu bölgenin medyan değerleri alınarak incelenen açık kümenin ortalama öz hareket bileşenleri daha hassas tayin edilebilir. Bileşenlere ait standart sapma (σ) ve kümeye üye yıldızların sayısının belirlenmesi durumunda öz hareket bileşenlerinin standart hataları (sh) da $sh = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ bağıntısıyla tayin edilir.

Muhtemel küme üyesi yıldızların *Gaia* trigonometrik paralaks (ϖ) verilerinin histogramı oluşturulduğunda binoma benzer bir dağılım elde edilmektedir (Yontan ve diğ., 2022; 2023). Histogramın oluşturulmasında kümeye üye yıldızların rölatif paralaks hataları (σ_ϖ/ϖ) dikkate alınır. Çoğunlukla Güneş komşuluğunda bulunan ve yeteri sayıda üye yıldız barındıran açık kümeler için rölatif paralaks hatası için $\sigma_\varpi/\varpi \leq 0.2$ değeri kabul edilirken, uzak ve nispeten daha az üye yıldız içeren açık kümeler için $\sigma_\varpi/\varpi \leq 0.5$ değeri dikkate alınmaktadır. İncelenen açık küme için oluşturulan paralaks histogramı binom benzeri bir yapıda olması durumunda dağılıma bir Gauss eğrisi fit edilmek suretiyle kümenin ortalama trigonometrik paralaks ($\langle\varpi\rangle$) değeri hesaplanmaktadır. Gauss fitinin standart hatası da dağılımın en olası değerine ait hatayı ifade eder. Hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks değeri d (pc) = 1000 / $\langle\varpi\rangle$ (mas) bağıntısında kullanılmak suretiyle de kümenin ortalama uzaklığı ($\langle d_\varpi \rangle$) belirlenmektedir.

3.2.4. Temel Astrofizik Parametrelerin Belirlenmesi

Açık küme yıldızları aynı molekül bulutunun hemen hemen aynı zamanda çökmesiyle oluştuklarından kümeye bağlı üye yıldızların Güneş'e uzaklıkları, yaşları ve kimyasal bollukları birbirine benzer değerlerdedir. *Gaia* çağının başlamasıyla birlikte (Gaia işbirliği, 2016) küme üyesi yıldızların trigonometrik paralaksları d = 2 kpc'ye kadar oldukça duyarlı ölçülebilirken, *Gaia* uydusunun orta çözünürlüklü tayfsal verilerinden hesaplanan element bolluk değerlerinin yeteri kadar hassas belirlememektedir. Günümüzde açık kümeler konusundaki en büyük belirsizliklerden biri açık kümelerin metal bolluklarına yönelik tayfsal bir gözlem programının bulunmamasıdır. Fakat RAVE, APOGEE, GALAH, *Gaia*-ESO ve LAMOST gözlemlerinin bir

kısmı doğrudan bazı açık kümelerin tayfsal analizlerine yönlendirilmiştir. Söz konusu gökyüzü tarama programları sayesinde yaklaşık 500 açık kümenin ortalama metal bollukları ([Fe/H]) farklı sayıda küme üyesi yıldız tayflarının analizlerinden hesaplanarak literatüre kazandırılmıştır (örneğin, Bragaglia ve diğ., 2018; Carera ve diğ., 2019; Casamiquela ve diğ., 2019; Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Spina ve diğ., 2021; Zhang ve diğ., 2021; Ray ve diğ., 2022). Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin metal bollukları literatürdeki tayfsal çalışmalardan sağlanmıştır.

Küme üyesi yıldızların yüksek çözünürlüklü tayfsal ölçümlerinden elde edilen metal bolluklarının ([Fe/H]) bilinmesi durumunda, tez çalışmasında yaş tayini için gerekli olan metal bolluğu parametresi sabit olarak alınmıştır. Kümelerin yaş tayininde kullanılan eş-yaş eğrileri ağır element bolluğuna (Z) duyarlı olduğundan, bu çalışmada analiz edilecek açık kümelerin metal bolluklarının ([Fe/H]), Z değerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Dönüşüm bağıntıları Jo Bovy'nin[7] (Bağıntı 3.3) tarafından üretilmiş ve PARSEC (Bressan ve diğ., 2012) eş-yaş eğrileri için özel olarak elde edilmiştir. Bağıntı (3.3)'te Z_X, bir ara işlem fonksiyonu olup, Güneş'in ağır element bolluğuyla ($Z_\odot$=0.0152) ilişkilidir. Z, Z_X'e bağlı kümenin ağır element bolluğunun tayin edilmesinde kullanılan fonksiyondur.

$$Z_X = 10^{\left[[\mathrm{Fe/H}]+\log\left(\frac{Z_\odot}{1-0.2485-2.78\times Z_\odot}\right)\right]}$$

$$Z = \frac{(Z_X - 0.2485\times Z_X)}{(2.78\times Z_X + 1)} \qquad (3.3)$$

Kümelerin Bağıntı (3.3) ile metal ([Fe/H]) ve ağır element bollukları (Z) tayin edildikten sonra hesaplanan ağır element bolluklarındaki PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) seçilerek her bir küme için oluşturulan G × (G_{BP}-G_{RP}) renk-parlaklık diyagramlarında en muhtemel küme üyelerine ağırlık verilerek anakol çakıştırma yöntemine göre kaydırılarak, kümelerin temel astrofizik parametreleri olan renk indeksleri ($E(G_{BP}$-$G_{RP})$), uzaklık modülleri (μ) ve yaşları (t) tayin edilebilmektedir.

İncelenen açık kümenin uzaklığı, uzaklık modülü bağıntısıyla hesaplanır. PARSEC eş-yaş eğrileri fit edilerek kümelerin eş-yaş eğrilerinden belirlenen uzaklık modülleri (μ), Bağıntı (3.4) ifadesi kullanılarak fotometrik uzaklığa (d_{iso}) dönüştürülür.

[7] https://github.com/jobovy/isodist/blob/master/isodist/Isochrone.py

$$(m_{\mathrm{G}} - M_{\mathrm{G}})_0 = G - M_{\mathrm{G}} - A_{\mathrm{G}} = 5 \times \log(d) - 5 \quad (3.4)$$

$$G - M_G = 5 \log d_{\mathrm{iso}} - 5 + A_G \quad (3.5)$$

Bağıntı (3.5)'te $(m_{\mathrm{G}}\text{-}M_{\mathrm{G}})_0$ ve $G\text{-}M_{\mathrm{G}}$ *Gaia* fotometrik sistemdeki kızarma etkisinin giderildiği uzaklık modülünü ve anakol çakıştırma yöntemiyle belirlenen uzaklık modülünü A_{G}, G bandındaki yıldızlararası sönükleşme ve d de kümenin Güneş'e uzaklığını belirtmektedir. Uzaklık tayinindeki belirsizliklerin hesaplanmasında Carrera ve diğ.'nin (2017) bağıntısı kullanılmıştır.

$$\Delta(d) = \ln(10) \times d \times \Delta[\log(d)],$$

$$\Delta[\log(d)] = \frac{1}{5} \times [\Delta V + \Delta(M_v) + \Delta(A_v)], \quad (3.6)$$

$$\Delta(M_v) = 0, ve\ \ \Delta(A_v) = 3.1 \times \Delta(B - V),$$

$$\Delta(d) = \ln(10) \times d \times \frac{1}{5} \times [\Delta V + 3.1 \times \Delta(B - V)]$$

Burada ΔV parlaklık, $\Delta(B\text{-}V)$ de renk hatalarını belirtmektedir. Bu parametrelerin tayininde fotometrik parlaklıklara ait hataların medyan değerleri dikkate alınmıştır. Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin incelenmesi *Gaia* verileri üzerinden yapıldığından V ve M_{V} parlaklıkları yerine, sırasıyla, G ve M_{G} parlaklıkları kullanılmıştır. Bağıntıda verilen A_{V} sönükleşmesi için de Cardelli ve diğ.'nin (1989) selektif absorpsiyon katsayısı ($A_{\mathrm{G}}/A_{\mathrm{V}}$=0.83627) dikkate alınarak A_{G} sönükleşme değerleri hesaplanmıştır.

3.3. GELİŞTİRİLEN PROGRAMLAR

Açık kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin tayininde İstanbul Üniversitesi Galaktik Yapı Grubunun *Python* programlama dilinde üretmiş olduğu kodlar kullanılmıştır. Açık kümelerin analizlerinde kullanılan python kodları sekiz alt programdan oluşmaktadır. Programların çalışma algoritması çizelge olarak Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: 10 NGC açık kümesinin astrofizik ve yapısal parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan Python kod algoritması.

Galgrp_chartstsci.py: Bu paket sayısal gökyüzü taramasında STSCI (Digital Sky Survey) verilerini kullanarak bir kümenin istenilen genişlikteki gökyüzü alan haritasının üretilmesini sağlamaktadır. Girdi parametresi olarak incelenen açık kümenin merkezi ekvatoral koordinatları (α, δ) ve incelenmek istenilen yıldız alanının yay dakikası biriminde büyüklüğü verilmektedir.

Galgrp_vizier.py: Bu paket *Gaia* DR3 veri tabanından incelenen açık kümenin merkezi ekvatoral koordinatından itibaren seçilen bir yarıçap içinde kalan nesnelerin verilerine ulaşılmasını sağlamaktadır. Girdi parametresi olarak incelenen açık kümenin merkezi ekvatoral koordinatları ve alan genişliği yay dakikası biriminde verilmektedir. Program, incelenen açık küme doğrultusundaki kaynakların astrometrik, fotometrik ve tayfsal verilerinin bilgisayar ortamına indirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu paket küme doğrultusundaki nesnelerin fotometrik tamlık grafiklerinin oluşturulması ve fotometrik ölçümlere ait hataların hesaplanmasını da içermektedir.

Galgrp_parpm.py: Bu paket incelenen açık küme doğrultusunda bulunan yıldızların kümeye üyeliklerine ait öncül sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır. Girdi parametreleri olarak

Galgrp_vizier.py ile alınan *Gaia* DR3 astrometrik ve fotometrik veriler kullanılmaktadır. Program çıktısı incelenen açık küme doğrultusundaki yıldızların renk-parlaklık diyagramının oluşturulması, öz hareket uzayındaki dağılımlarının belirlenmesi ve kümeye üyelik olasılık hesaplamaları için gerekli veri setlerinin oluşturulmasını sağlar.

Galgrp_rdp.py: Bu paket incelenen açık kümenin yapısal parametrelerinin tayin edilmesini sağlamaktadır. Küme merkezinden uzaklıklara göre oluşturulan uzay yoğunluk profiline King (1962) modeli uygulanarak en duyarlı yapısal parametreler belirlenmektedir. Girdi parametresi olarak incelenen açık kümenin merkezi ekvatoral koordinatları ve alan genişliği yay dakikası biriminde verilmektedir. Program çıktısı olarak radyal yoğunluk profil grafiğinin yanı sıra kümenin merkezi ve alan yıldız yoğunluğu, kor yarıçapı, kümenin teorik ve gözlemsel limit yarıçapı elde edilmektedir.

Galgrp_upmask.py: Bu paket UPMASK programının (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) Python dilinde geliştirilmiş bir sürümüdür. İncelenen açık küme alanlarında yer alan yıldızların ekvatoral koordinatlarıyla birlikte *Gaia* DR3'te (Gaia işbirliği, 2023) verilen öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralakslarından itibaren her bir yıldızın kümeye üyelik olasılığının hesaplanmasını sağlamaktadır. Girdi parametreleri olarak *Galgrp_parpm.py*'den elde edilen veri seti içindeki astrometrik ölçümler kullanılmaktadır. Program çıktısı incelenen açık küme doğrultusundaki yıldızların farklı *k-means* değerlerindeki kümeye üyelik olasılıklarını vermektedir. Ayrıca geniş bir *k-means* aralığı için hesaplanan kümeye üyelik olasılıkları *csv* uzantılı bir dosyada toplanmaktadır.

Galgrp_upmaskgrf.py: Bu paket *Galgrp_upmask.py* sonucu üretilen çıktı dosyasını dikkate alarak her bir *k-means* değeri için incelenen küme doğrultusundaki yıldızların hesaplanan küme üyeliklerine göre renk-parlaklık diyagramlarındaki ve öz hareket uzaylarındaki dağılımını vermektedir. Girdi parametreleri olarak yıldızların fotometrik, astrometrik verileriyle kümeye üyelik olasılıkları kullanılmaktadır. Program çıktısı, farklı *k-means* değerleri için yıldızların üyelik olasılıklarına göre renk-parlaklık ve öz hareket diyagramlarını vermektedir. Böylece küme morfolojisini en iyi temsil eden yıldızların üyelik olasılıkları dikkate alınarak söz konusu dağılımı veren en duyarlı *k-means* belirlenir.

Galgrp_vpd.py: Bu paket incelenen küme doğrultusundaki yıldızların en duyarlı olasılık hesaplamalarını veren *k-means* değerine göre kümeye yüksek olasılıklı yıldızların alan

yıldızlarına göre öz hareket uzaylarındaki dağılımını vermektedir. Girdi parametreleri olarak yıldızların öz hareket bileşenleriyle üyelik olasılık değerleri kullanılır. Program çıktısı, incelenen küme alanındaki yıldızların üyelik olasılık dağılımlarını gösteren öz hareket grafiğini vermektedir. Ayrıca program yüksek olasılıklı yıldızları dikkate alarak kümenin ortalama öz hareket bileşenlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır.

Galgrp_plxhisto.py: Bu paket incelenen kümenin yüksek olasılıklı üye yıldızlarının trigonometrik paralaks histogramlarıyla birlikte kümenin ortalama trigonometrik paralaksının hesaplanmasını sağlamaktadır. Girdi parametreleri olarak kümeye yüksek olasılıklı yıldızların trigonometrik paralaks değerleri kullanılır. Program çıktısı, incelenen kümeye yüksek olasılıklı yıldızların trigonometrik paralaks dağılımını veren diyagramıyla, kümenin bu dağılımdan hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks değerini vermektedir.

Galgrp_yasbul.py: Bu paket incelenen kümenin astrofizik parametrelerinin renk-parlaklık diyagramları üzerinde PARSEC eş-yaş eğrileriyle tayin edilmesini sağlamaktadır. Girdi parametreleri olarak incelenen kümeye yüksek olasılıklı üye yıldızların fotometrik verileri ile 27 farklı metal bolluğu için 1 – 9,950 Myıl yaş aralığında bulunan 12,879 PARSEC (Bressan ve diğ., 2012) eş-yaş eğrisine ait *Gaia* DR3 verisi kullanılmaktadır. Program çıktısı, incelenen kümeye yüksek olasılıklı yıldızların renk-parlaklık diyagramlarındaki dağılımını en iyi temsil eden eş-yaş eğrisi ile kümenin renk artığı, metal bolluğu, yaş ve uzaklık modülü parametrelerinden oluşmaktadır. Ayrıca, küme yapısını en iyi temsil eş-yaş eğrisinin, kümeye yüksek olasılıklı yıldızlarıyla birlikte gösterildiği renk-parlaklık diyagramı programın bir başka çıktısını oluşturmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. KÜME VERİLERİNİN ANALİZLERİ

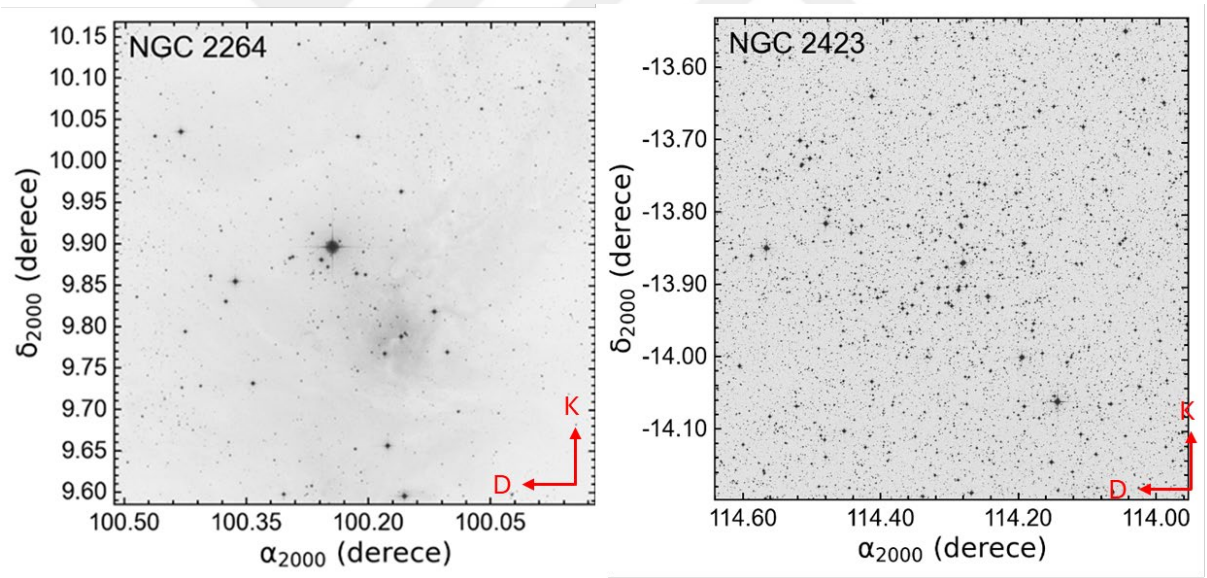
Yüksek lisans tez çalışmasında incelenen açık kümelerin analizlerine geçilmeden önce her bir açık kümenin merkezlerinden itibaren küme doğrultusu içinde bulunan yıldızların *Gaia* DR3(*Gaia* işbirliği, 2023) veri tabanından astrometrik, fotometrik ve tayfsal verileri derlenerek 10 açık küme için *Gaia* katalogları oluşturulmuştur. Bu kataloglar küme alanlarındaki yıldızların, ekvatoral koordinatları (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), trigonometrik paralaksları (ϖ) ve *Gaia* fotometrik parlaklıklarını (G, G_{BP} ve G_{RP}) içermektedir. Yüksek lisans tez çalışmasında incelenen açık kümelerin merkezi koordinatları Cantat-Guadin ve diğ.'nin (2020) çalışmasından alınmıştır.

İncelenen 10 açık kümenin analizleri rutin bir şekilde gerçekleştirildiğinden tez çalışmasının bu bölümünde en genç (NGC 2264) ve en yaşlı (NGC 2423) kümelerin buğuları ayrıntılı bir şekilde verilmiş olup, diğer kümeler ile ilgili elde edilen sonuçlar tez çalışmasının ekler kısmında gösterilmiştir. Analizlere geçilmeden önce açık kümelerin literatürde verilen uzaklıkları ve açısal uzanımları dikkate alarak küme doğrultularındaki görüntüleri *Galgrp_chartstsci.py* paketi kullanılarak elde edilmiştir. Tez çalışmasında örnek olarak seçilen NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin merkezi ekvatoral koordinatları Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınarak, sırasıyla, 35′×35′ ve 40′×40′'lık alanları için *Galgrp_chartstsci.py* kodu çalıştırılmıştır. Kod, ilgili küme alanı görüntüsünü uzay teleskopları için Mikulski Arşiv web sitesinden[8] sağlamakta olup, iki kümenin yıldız haritaları Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Her iki açık küme de Galaksi'nin ikinci çeyreğinde yer almalarına karşın NGC 2264 kuzey NGC 2423 ise güney gökyüzüne aittir. NGC 2264 kümesinin merkezi bölgesinde yıldızlararası maddeyle sarılı parlak yıldızların bulunduğu buna karşın NGC 2423 açık kümesinin ise dağınık bir yapı gösterdiğini Şekil 4.1'den görülmektedir. Ayrıca tez kapsamında incelenen 10 açık kümenin görüntüleri Şekil EK-1'de gösterilmiştir.

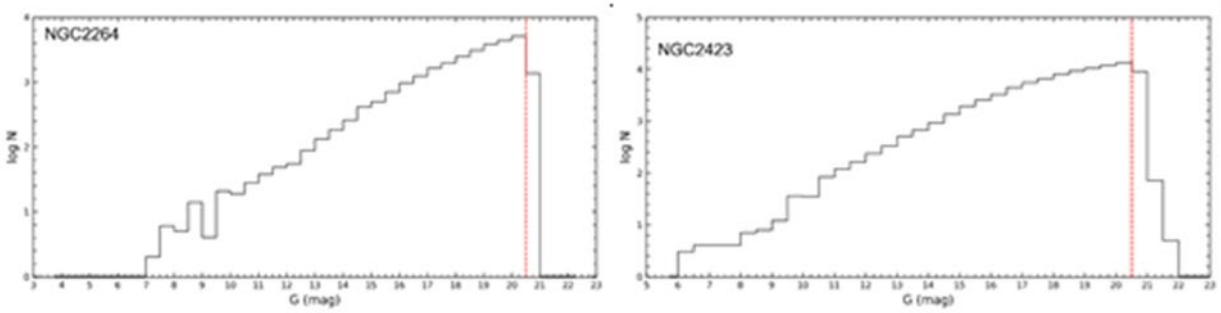
İki açık küme için oluşturulan kataloglara ait verilerin incelenmesiyle NGC 2264 açık kümesinde $4.5 < G$ (kadir) < 21.5 aralığında 28,577 kaynak ve NGC 2423 açık kümesinde ise $8.5 < G$ (kadir) < 22 aralığında 90,666 nesne tespit edilmiştir. Açık kümeler için elde edilecek

[8] https://stdatu.stsci.edu/

yapısal ve astrofizik parametrelerinin duyarlılığını arttırmak amacıyla, *Galgrp_vizier.py* paket programı aracılığıyla incelenen açık kümenin merkezi ekvatoral koordinatından itibaren seçilen yarıçap içinde kalan yıldızların fotometrik verilerinden küme doğrultusundaki yıldızların fotometrik tamlık sınırları belirlenmiştir. Tamlık sınırının belirlenmesinde *G* görünen parlaklık aralıklarındaki yıldız sayılarının histogramı oluşturulmuştur. Dağılımda, yıldız sayılarının azaldığı değer kümenin *G* sönük limit parlaklığı kabul edilmiştir. İncelenen açık kümeler doğrultusundaki yıldızların *G* parlaklık aralıklarına göre oluşturulmuş histogramı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi küme alanlarındaki yıldız sayılarının $G = 20.5$ kadire kadar arttığı, bu parlaklık değerinin ötesinde yıldız sayılarının ani bir azalış gösterdiği görülmektedir. Kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin tayininde kümeler için belirlenen $G = 20.5$ sönük limit kadir dikkate alınmıştır. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık küme doğrultusundaki yıldızların *G* parlaklık aralıklarına göre oluşturulmuş histogramları Şekil EK-2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: NGC 2264 ve NGC 2423 kümelerinin ekvatoral koordinat sistemindeki konumları. Görüş alanı, sırasıyla, 35'×35' ve 40'×40' yay dakikası^2 olup kuzey yönü şekil üst kısmına ve doğu yönü de şekillerin sol kısmına doğrudur.



Şekil 4.2: NGC 2264 ve NGC 2423 kümeleri doğrultusunda gözlenen kaynakların *G* bandı histogramları. Kırmızı kesikli çizgi sönük tamlık sınırını göstermektedir.

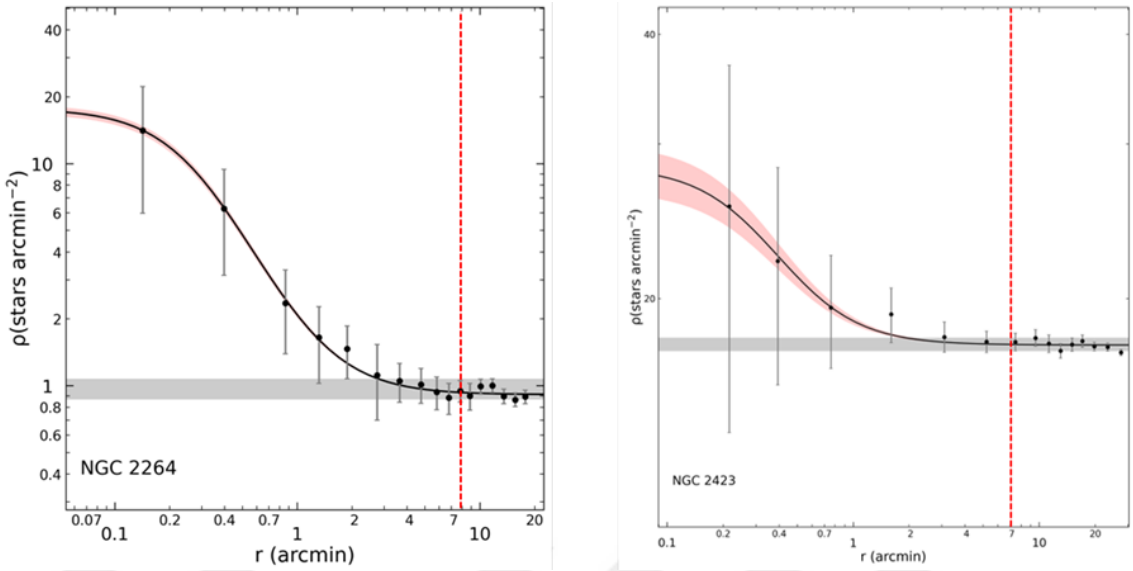
Açık küme alanlarında tespit edilen yıldızların *Gaia* DR3 fotometrik sistemindeki parlaklık ve renk indeksi hataları, *G* görünen parlaklık aralıklarına göre Tablo 4.1'de listelenmiştir. Görünen parlaklık ve renk hataları, sırasıyla, aletsel parlaklıkların istatistiksel belirsizliklerinden ve ilgili bantlardaki hataların yayılımından tayin edilmiştir. Kümelerin *Gaia* parlaklık ve renk indeksindeki ortalama belirsizlikler incelendiğinde NGC 2264 kümesi için $4.5 < G$ (kadir) < 21.5 aralığında *G* parlaklığı için 0.014 kadir ve G_{BP}-G_{RP} renk indeksleri için 0.290 kadiri geçmediği ve NGC 2423 kümeleri için $8.5 < G$ (kadir) < 22 aralığında ortalama hataların *G* parlaklığı için 0.011 kadir ve G_{BP}-G_{RP} renk indeksi için de 0.222 kadiri geçmediği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1: *G* görünen parlaklığının bir fonksiyonu olarak hesaplanan fotometrik belirsizlikler. *N*; *G* parlaklık aralığına düşen yıldız sayılarını σ_G, $\sigma_{GBP-GRP}$, sırasıyla, *G* ve G_{BP}-G_{RP} parlaklık ve renk indekslerindeki ortalama belirsizlikleri ifade etmektedir.

	NGC 2264			NGC 2423		
***G* aralığı** (kadir)	***N***	**σ_G** (kadir)	**$\sigma_{GBP-GRP}$** (kadir)	***N***	**σ_G** (kadir)	**$\sigma_{GBP-GRP}$** (kadir)
[04, 12]	158	0.003	0.007	390	0.003	0.005
(12, 13]	124	0.003	0.007	488	0.003	0.006
(13, 14]	252	0.003	0.007	983	0.003	0.005
(14, 15]	564	0.003	0.010	1,917	0.003	0.006
(15, 16]	1,050	0.004	0.011	3,807	0.003	0.006
(16, 17]	1,909	0.004	0.017	6,704	0.003	0.009
(17, 18]	3,230	0.004	0.033	11,006	0.003	0.017
(18, 19]	5,074	0.004	0.073	15,882	0.004	0.038
(19, 20]	7,482	0.006	0.142	20,909	0.005	0.082
(20, 22]	8,734	0.014	0.290	28,579	0.011	0.222
Toplam	28,577			90,665		

4.2. KÜMELERİN RADYAL YOĞUNLUK PROFİLLERİ

Kümelerin yapısal parametrelerinin hesaplanmasında, her bir kümenin merkezinden itibaren r = 35 ve 40 yay dakikalık gökyüzü alanlarını içerecek şekilde oluşturulan kataloglardaki yıldızların fotometrik G parlaklıkları dikkate alınarak *Galgrp_rdp.py* kodu aracılığıyla yıldızların sayı yoğunluk profilleri oluşturulmuştur. Tez çalışmasında kullanılan küme merkezi koordinatları Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınmıştır. Küme merkezinden itibaren belirlenen farklı yarıçaplı daireler içindeki yıldızları (N) tespit edilmiştir. Yıldız sayılarının bulundukları her bir daire parçasının alanına bölünmesiyle yıldız sayı yoğunlukları ($\rho(r)$) tayin edilmiştir. Yıldız sayı yoğunluklarının küme merkezinden farklı yarıçap uzaklıklarına göre yıldız yoğunluk profilleri oluşturulmuş ve King (1962) modeliyle fit edilmiştir (Şekil 4.3). Analiz sonucunda NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin merkezi ve zemin yıldız yoğunlukları, kor yarıçapı ve teorik limit yarıçapı Bağıntı 3.2'de verilen Bukowiecki ve diğ.'nin (2011) ifadeyle hesaplanmıştır. Analizler sonucunda incelenen iki açık kümenin merkezi ve zemin yoğunlukları, sırasıyla, f_0 = 17.059±0.992 yıldız/(yay dakikası)^2 ve f_{bg} = 0.905±0.117 yıldız/(yay dakikası)^2 ile f_0 = 10.542±1.745 yıldız/(yay dakikası)^2 ve f_{bg} = 17.704±0.161 yıldız/(yay dakikası)^2, kor yarıçapları da, sırasıyla, r_c = 0.266±0.023 yay dakikası ile r_c = 0.350±0.074 yay dakikası olarak belirlenmiştir. NGC 2264 ve NGC 2423 kümelerinin yoğunluk profilleri ve bu profiller için en iyi çözümü veren King model fitleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin yıldız sayı yoğunluk profilleri bu dağılımları en iyi temsil eden modellerin küme merkezlerinden, sırasıyla, r_{lim} = 8′ ve 7′ olduğu tespit edilmiştir. Kümelerin limit uzanımları görsel olarak belirlenmiş olup, iki kümenin de limit yarıçapı olarak kabul edilmiştir. Bu sonuç Bukowiecki ve diğ.'nin (2011) teorik sonuçlarıyla uyumludur. King modelinden hesaplanan zemin yoğunluğu ve hataları dikkate alındığında, r_{lim} = 8′ ve r_{lim} = 7′ yarıçap değerleri, sırasıyla, NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin en belirgin olduğu ve alan yıldızlarından büyük ölçüde ayrıldığı veya sınıra yakın olduğu uzaklıklar olarak kabul edilmiştir. Limit yarıçap dışında alan yıldızları baskın olduğundan kümelerin astrofizik parametrelerinin tayininde bu sınırlar dışındaki yıldızlar istatistik dışı bırakılmıştır. Çalışmada, kümenin kabul edilen gözlemsel limit yarıçapı dışında kalan yıldızlar alan yıldızı olarak değerlendirilmiş ve analizlerde dikkate alınmamıştır. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin yapısal parametreleri Tablo 4.3'te ve yoğunluk profilleriyle bu profillere yapılan King model fitleri Şekil EK-3'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Kümelerin yıldız sayı yoğunluğu profili. Siyah eğri King modeli fitini, gri yatay band zemin yoğunluğunu, pembe band da King model fitinin güvenilirlik sınırını göstermektedir.

4.3. KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN SEÇİMİ

Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin yapısal parametreleri tayin edildikten sonra kümelerin astrofizik parametrelerinin hesaplanabilme aşamasına geçilmiştir. Açık kümelerin doğru ve duyarlı astrofizik parametrelerinin tayin edilebilmesi için kümeler doğrultusundaki yıldızların üyelik olasılıklarının hesaplanması gerekmektedir. Bu işlemin yapılabilmesi için, Bölüm 3.3'te bahsedilen, UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) yazılımı *Galgrp_upmask.py* ve *Galgrp_upmskgrf.py* paket programlarıyla birlikte kullanılmıştır. Çalışmada her bir küme doğrultusundaki yıldızların ekvatoral koordinat (α, δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve trigonometrik paralakslarından (ϖ) oluşan beş boyutlu bir veri seti hazırlanarak kodlar yardımıyla bu yıldızların bağlı bulundukları açık kümelere üyelik olasılıkları hesaplanmıştır. UPMASK bir kümelenme algoritması olduğu için incelenen her bir yıldızın farklı *k-means* değerleri için olasılık hesabı yapmaktadır. Tez çalışmasında *k-means* değerleri 5 ile 35 aralığı için hesaplanmıştır. Farklı *k-menas* değerlerine karşılık gelen yıldızların üyelik olasılıkları, yine her bir *k-means* değeri için, oluşturulan $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramlarına işaretlenerek fotometrik olarak da kontrol edilmiştir. Böylece küme morfolojisini en iyi temsil eden yıldızların üyelik olasılıklarına karşılık gelen *k-means* değerleri her bir küme için belirlenmiştir. Genel olarak, gökyüzünde belirgin görülen açık kümeler için *k-means* değeri küçük tam sayılarda duyarlı sonuçlar verirken, dağınık görünümlü açık kümelerde *k-means* değeri 20 ile 30 arasında en iyi çözümü sunmaktadır (Krone-Martins ve

Moitinho, 2014). Analizlerde *k-means* değerleri için 6 ile 35 aralığı tercih edilmiştir. En iyi çözümü veren *k-means* değerinin seçiminde, yıldızların bağlı bulundukları açık kümelerin renk-parlaklık diyagramındaki yapılarını en iyi ifade eden değerler tercih edilmiştir. Bu yönteme göre NGC 2264 ve NGC 2423 için belirlenen en uygun *k-means* değerleri, sırasıyla, 10 ve 23 olarak belirlenmiştir. Ardından her bir açık kümedeki olası küme üyesi yıldızların seçimi için $P \geq 0.50$ şartı dikkate alınarak küme üyesi yıldızların seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu kriterlerin NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerine uygulanması sonucunda kümelere üye yıldızların sayısı, sırasıyla, 254 ve 276 olarak tespit edilmiştir.

Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları istatistiksel yöntemler ile hesaplanabilse de, fotometrik ölçümlerdeki belirsizliklerin sönük parlaklıklara doğru artması, küme anakolundaki olası çift sistemlerin fotometrik olarak ayırt edilememesi gibi sebepler yıldızların küme üyelik olasılığı etkilemektedir. Bu nedenle küme üyelerinin seçiminde astrometrik hesaplamaların yanı sıra yıldızların renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları da dikkate alınmıştır. Fotometrik olarak bileşenleri ayırt edilemeyen ve küme üyesi olma ihtimali bulunan çift yıldız sistemleri, renk-parlaklık diyagramlarında kümenin anakol bandında daha parlak ve kırmızı bölgede bulunur. Bu durum çift yıldız etkisi olarak tanımlanır ve küme anakolunun kalın bir band şeklinde görünmesine yol açar. Tez çalışmasında incelenen açık kümelerde seçilen yıldızların oluşturduğu küme morfolojisi dikkate alınarak kümelerin ZAMS sınırı PARSEC eş-yaş eğrisi dikkate alınarak göz ile tayin edilmiştir. Daha sonra $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramına işaretlenen ZAMS eğrisi anakolda parlak yıldızlara doğru dik yönde 0.75 kadir kaydırılarak kümedeki çift yıldız etkisini içerecek şekilde küme üyesi yıldızların seçimi gerçekleştirilmiştir. PARSEC eş-yaş eğrisinin kaydırılmasıyla en muhtemel üye anakol yıldızlarıyla birlikte, kümelerin dönüm noktası ve dev bölgelerinde bulunan parlak ve üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$) yıldızların seçimi bu yöntem ile yapılmıştır.

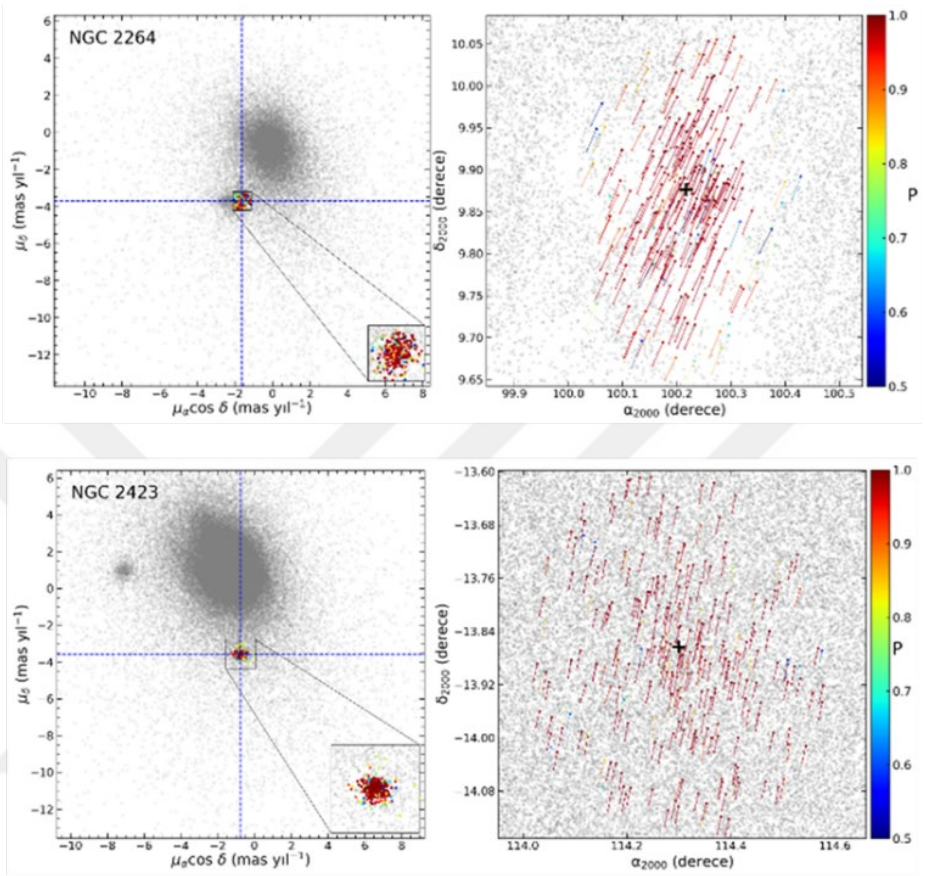
Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin analizlerinde önemli bir yeri olan küme üyesi yıldızların seçiminde birkaç kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterlerin başında açık kümelerin sönük limit kadiri ($G \leq 20.5$ (kadir)), gözlemsel limit yarıçapı (r_{lim}), UPMASK yazılımıyla hesaplanan kümeye üyelik olasılıkları ($P \geq 0.5$) ile $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramında çift yıldız etkisi içeren bölgede yer alan yıldızlar kullanılmıştır.

4.4. KÜMELERİN ASTROMETRİK PARAMETRELERİ

Kümelerin astrofizik parametrelerinin tayininde küme üyeliği $P \geq 0.5$ olan, kümenin belirlenen limit yarıçapı ve fotometrik tamlık sınırı içinde bulunan yıldızlar dikkate alınmıştır. Bu kriterler ile NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerine üye olarak belirlenen yıldızların sayısı, sırasıyla, 254 ve 276 olarak belirlenmiştir. NGC 2264 ve NGC 2423 açık küme doğrultularındaki alan yıldızları ile küme üyesi yıldızlarının ayırt edilmesinde vektör-nokta diyagramı (VPD) ve ekvatoral koordinat sisteminde yıldızların öz hareket bileşenlerinin vektörel gösterimi *Galgrp_vpd.py* paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiş ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir. VPD üzerinde koyu gri bölgeler alan yıldızlarını, renkli noktalar da kümelerin en olası üyelerini göstermektedir. Ayrıca aynı diyagramda mavi kesikli çizgilerin kesişim noktası da incelenen açık kümenin medyan öz hareket bileşenlerini ifade etmektedir.

Ayrıca kümelerin alan yıldızlarından ayrı bir konumda belirgin bir yapıda yer aldığı görülmektedir. Ayrıca NGC 2423 kümesinin alanında farklı bir küme tespit edilmiştir. Bununla birlikte iki kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızların belli bir alanda toplandığı, ayrıca, NGC 2264'ün NGC 2423'e kümesine göre daha yoğun yıldız barındırdığı ve daha toplu olduğu görülmektedir. Ayrıca NGC 2423 kümesi yakınında yoğun olarak görülen NGC 2422 kümesinin yer aldığı görülmektedir. Şekil 4.5'te yıldızların ekvatoral koordinatlarındaki konumları incelendiğinde, her iki kümeye yüksek olasılıklı yıldızların (renkli oklar) gökyüzünde aynı vektörel yönelime sahip olduğu görülmektedir. Bu da küme üyesi yıldızların duyarlı belirlendiği göstermektedir. NGC 2264 açık kümesinin VPD'si üzerinde iki popülasyon (alan ve küme yıldızları) bulunurken, NGC 2423 açık kümesinde bir baskın ve ikisi daha az yoğun (küme yıldızları) üç popülasyon tespit edilmiştir. Diyagram üzerinde baskın bölge alan yıldızlarını gösterirken, şeklin ortasında NGC 2423 açık kümesi yer almaktadır. Yine aynı şeklin sol tarafında bulunan kümelenen yıldız topluluğunda NGC 2423 açık kümesine yaklaşık 38.5 yay dakikası uzaklıkta yer alan NGC 2422 açık kümesi bulunmaktadır. Küme doğrultusundaki yıldızlar ile küme üyeliği yüksek yıldızların öz hareket bileşenlerine ait vektörel gösterimi Şekil 4.5'nin sağ panellerinde sunulmuştur. Şekilden de görüleceği gibi her iki açık kümedeki üye yıldızların öz hareketlerinin vektörel yönelimleri ve büyüklükleri birine çok benzemekte olup küme üyeliklerini onaylar niteliktedir. Küme üyeliği yüksek yıldızların öz hareket bileşenlerinin medyan değerleri hesaplanarak incelenen NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin ortalama öz hareket bileşenleri, sırasıyla, $(\langle \mu_\alpha \cos\delta,\ \mu_\delta \rangle) = (-1.627 \pm 0.082,$

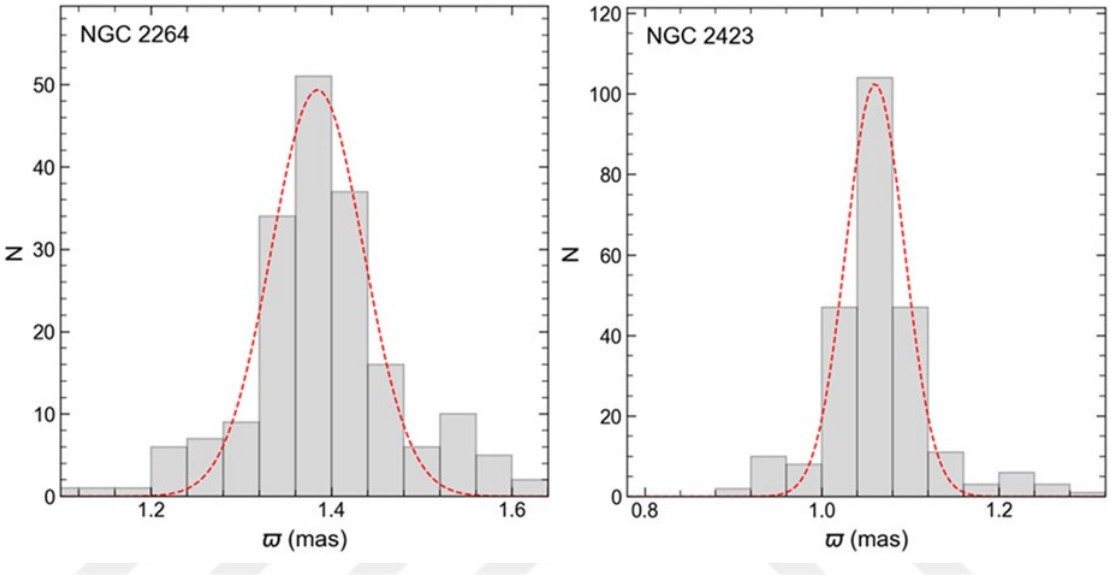
-3.691±0.070) ve ($\langle \mu_\alpha \cos\delta, \mu_\delta \rangle$) = (-0.754±0.027, -3.574±0.024) mas/yıl olarak tayin edilmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin VPD'leri Şekil EK-4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümeleri alanında bulunan yıldızların *Gaia* DR3 kataloğundan alınan astrometrik verilerinin öz hareket uzayındaki dağılımları. Renk ölçekleri yüksek olasılıklı küme yıldızlarını ($P \geq 0.5$), gri daireler ise üyelik olasılıkları $P < 0.5$ olarak hesaplanan alan yıldızları ifade etmektedir. Kesikli mavi çizgiler kümenin ortalama öz hareket bileşenlerini temsil eder. Sağ panellerindeki siyah artı işareti açık kümelerin merkezi ekvatoral koordinatlarını göstermektedir.

Tez kapsamında incelenen iki açık kümenin ortalama trigonometrik paralakslarının belirlenmesinde kümeye üye yıldızların trigonometrik paralaks verilerinden faydalanılmıştır. Araştırmada incelenen açık kümeler için hassas trigonometrik paralaks verilerini elde edebilmek için yıldızların rölatif paralaks verilerine $\sigma_{\varpi}/\varpi < 0.2$ sınırlaması getirilmiştir. Ardından *Galgrp_plxhisto.py* paket programı aracılığıyla açık kümelere ait yüksek olasılıklı yıldızların trigonometrik paralaks ölçümlerinin bir histogramı oluşturularak bu dağılıma bir Gauss eğrisi fit edilmiş (Şekil 4.6), böylece NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümeleri için ortalama trigonometrik paralakslar, sırasıyla, $\langle \varpi \rangle$ = 1.384±0.051 ve $\langle \varpi \rangle$ = 1.060±0.033 mas

olarak hesaplanmıştır. NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerin tayin edilen ortalama trigonometrik paralakslarından itibaren Güneş'e olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Bunun için $d(\mathrm{pc}) = 1000/\langle\varpi\rangle$ (mas) lineer bağıntısı kullanılmış olup, iki kümenin uzaklığı, sırasıyla, 722±26 ve 943±29 pc olarak belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümedeki üye yıldızların trigonometrik paralaks verilerinden oluşturulan trigonometrik paralaks histogramları ve bu histogramlara yapılan fitler Şekil EK-5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerindeki yüksek olasılıklı üye yıldızların trigonometrik paralaks verilerine ait histogramları. Kırmızı kesikli çizgi dağılıma uygulanan Gauss fitini göstermektedir.

4.5. KÜMELERİN TEMEL ASTROFİZİK PARAMETRELERİ

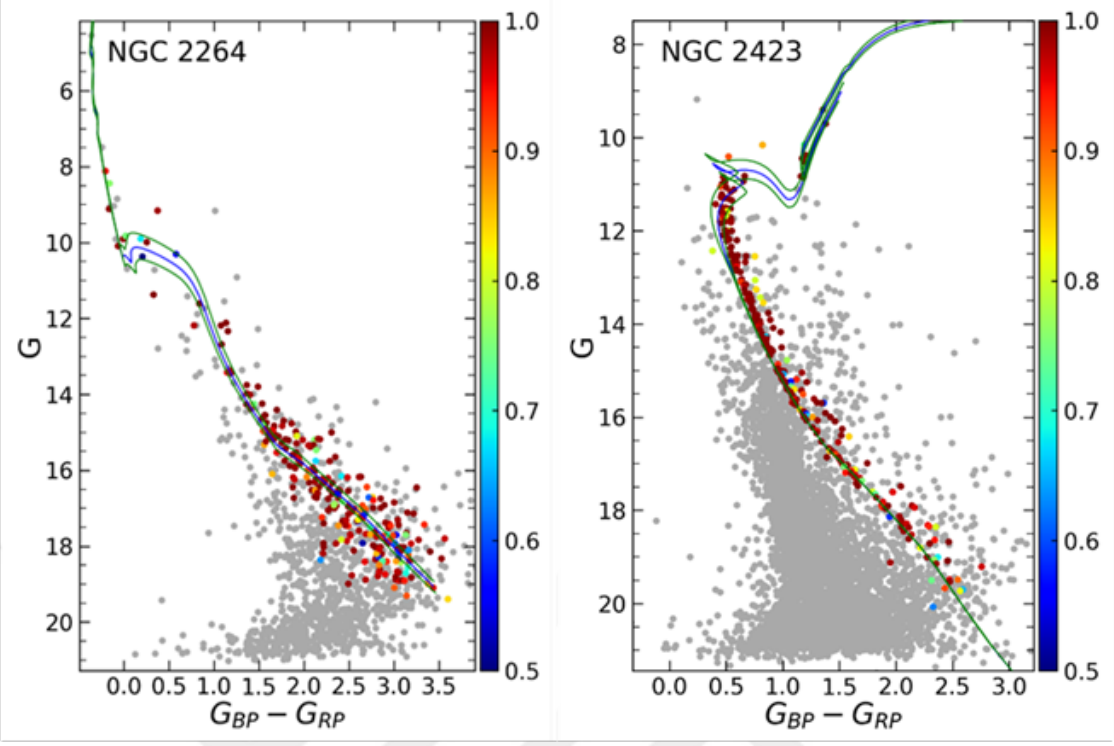
Renk-parlaklık diyagramları kümelerin yaş, uzaklık gibi astrofizik parametrelerinin tayin edilmesinde kullanılan önemli araçlardır. Ayrıca, bu diyagramlar farklı renk uzaylarında kümelerin anakol, dönüm noktası ve dev kolu gibi yapılarının ortaya çıkartılmasında etkilidir. Ancak açık kümelerin Samanyolu'ndaki konumları, yaşları, uzaklıkları ve kümelerdeki yıldız sayı yoğunluğu gibi faktörler renk-parlaklık diyagramları üzerinde küme yapısını etkileyerek, bu gökcisimlerinin morfolojik yapılarının ortaya çıkartılmasını zorlaştırabilir. Tez kapsamında incelenen açık kümelerin astrofizik parametrelerinin *Galgrp_yasbul.py* paket programı kullanılarak tayin edilmiştir. Bu paket programıyla açık kümelerin renk artıkları ($E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$), uzaklık modülleri (μ_G), metal bollukları ([Fe/H]) ve yaşları (t) hesaplanmıştır. Tez çalışmasında astrofizik parametreler arasındaki parametre dejenasyonluğunun önüne geçebilmek için incelenen açık kümelerin yüksek/orta çözünürlüklü tayfsal analizlerini içeren çalışmalara öncelik verilmiştir. Bu konuda yapılan literatür taraması neticesince 10 açık küme için

gerçekleştirilen tayfsal araştırmaların sonuçları Tablo 4.2'de listelenmiştir. Oluşturulan tabloda 10 açık kümenin merkezi ekvatoral ve Galaktik koordinatları, ortalama demir bollukları, hesaplamalarda kullanılan küme üyesi yıldız sayısı, ağır element bolluğu değeri ve ilgili çalışmanın referansı verilmiştir. İncelenen açık kümelerin astrofizik parametrelerinin tayininde metal bollukları için Tablo 4.2'de verilen değerler kullanılmıştır. Böylece küme analizlerinde metal bolluğu sabit parametre olarak alınmıştır. Açık kümelerin yaş tayininde kullanılan PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) ağır element bolluğu (Z) cinsinden tanımlandığından, açık kümelerin metal bolluğunun ([Fe/H]), Z değerlerine dönüştürülmesinde Bölüm 3.3 verilen Bağıntı 3.3 ifadesi kullanılmıştır. Bu yöntem ile hesaplanan ağır element bollukları Tablo 4.2'de listelenmiştir.

Tablo 4.2: Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin yaş tayinde kullanılan demir bolluklarına ([Fe/H]). Sütunlar, sırasıyla, açık kümelerin isimlerini, ekvatoral (α, δ) ve Galaktik koordinatlarını (l, b), tayfsal yöntemler ile hesaplanan demir bolluklarını, analizlerde kullanılan kümeye üye yıldız sayısını (N), ağır element bolluğunu (Z) ve ilgili tayfsal çalışmanın atıflarını göstermektedir.

Küme	$(\alpha, \delta)_{J2000}$	$(l, b)_{J2000}$	[Fe/H] (dex)	N	Z	Kaynak
NGC 1528	04:15:30.7, +51:13:05	154.9402, -15.3463	-0.129±0.030	15	0.011	Fu ve diğ. (2022)
NGC 1545	04:20:48.5, +50:13:16	154.9402, -15.3463	+0.039±0.024	9	0.017	Fu ve diğ. (2022)
NGC 1647	04:45:55.4, +19:04:44	154.9402, -15.3463	+0.016±0.010	115	0.016	Fu ve diğ. (2022)
NGC 2215	06:20:47.8, –07:16:37	154.9402, -15.3463	-0.070±0.100	7	0.013	Ray ve diğ. (2022)
NGC 2264	06:40:52.1, +09:52:37	202.9407, 02.1659	-0.100±0.030	1,877	0.012	Randich ve diğ. (2022)
NGC 2281	06:48:21.8, +41:03:36	174.9251, 16.8886	+0.013±0.001	1	0.016	Casamiquela ve diğ. (2021)
NGC 2423	07:37:11.8, –13:51:47	230.4873, 03.5614	+0.080±0.050	3	0.018	Heiter ve diğ. (2014)
NGC 2527	08:04:59.0, –28:07:19	246.0686, 01.8714	-0.110±0.160	3	0.012	Ray ve diğ. (2022)
NGC 6281	17:04:43.0, –37:56:53	347.7640, 01.9897	-0.040±0.030	320	0.014	Randich ve diğ. (2022)
NGC 6633	18:27:22.8, +06:36:54	036.1223, 08.3465	-0.030±0.040	1,663	0.014	Randich ve diğ. (2022)

İncelenen iki açık küme doğrultusunda tespit edilen yıldızlardan oluşturulan $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekiller üzerinde alan yıldızlarıyla (gri daire) birlikte kümeye üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$), kümelerin etkin yarıçapı ve sönük parlaklık limiti içinde bulunan yıldızlar farklı renkler ile gösterilmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen açık kümelerin yaş tayinlerinde Bölüm 3.5'te bahsedildiği gibi PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) kullanılmıştır. İncelenen açık kümelerin yaş tayinde anakol çakışma yöntemi kullanılarak uzaklık modülleri (μ_G), *Gaia* fotometrik sistemindeki renk artıkları ($E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$) ve yaşları (t) eş zamanlı tayin edilmiştir (Şekil 4.7). Daha önceki paragrafta bahsedildiği gibi PARSEC eş-yaş eğrileri için gerekli olan ağır element bolluk değerleri Tablo 4.2'den alınmıştır.



Şekil 4.6: NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları. Farklı renkler küme üyesi yıldızların olasılık değerlerini, mavi ve yeşil eğriler, sırasıyla, kümenin yaşını ve yaştaki hatasını göstermektedir.

Küme yaşlarının hassas bir şekilde tayin edilmesinde üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan anakol, dönüm noktası ve dev kolu yıldızlarına ağırlık verilmiştir. Böylece kümelerin ağır element bolluklarını içeren ve yüksek olasılıklı üye yıldızlarını en iyi ifade eden kızarmış uzaklık modülüyle kümenin yaşına karşılık gelen PARSEC eş-yaş eğrileri belirlenmiştir. Ayrıca bu parametreler ile birlikte *Gaia* sisteminde gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayan kızarma değerleri de tayin edilmiştir. *Gaia* sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarında kümelerin yaşlarındaki belirsizlikler yüksek olasılıklı yıldızların tamamını temsil edecek, ayrıca küme yaşlarına en yakın değerleri kapsayacak ve alt ile üst yaş aralığını tanımlayacak şekilde belirlenmiştir. NGC 2264 ve NGC 2423 açık kümelerinin renk artıkları, $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ = 0.122±0.104 ve $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ = 0.033±0.016 kadir, uzaklık modülleri μ = 9.459±0.192 ve μ = 9.934±0.032 kadir ve yaşları log t = 4±1 ve 1200±150 Myıl olarak tayin edilmiştir. Kümelerin uzaklıkları da uzaklık modüllerinden itibaren hesaplanarak NGC 2264 için d_{iso}= 702±65 pc ve NGC 2423 için de d_{iso} = 943±14 pc olarak belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları Şekil EK-6'da ve temel astrofizik parametreleri Tablo 4.3'te listelenmiştir.

Tablo 4.3: Çalışmada incelenen 10 NGC açık kümesinin yapısal, astrofizik ve astrometrik parametreleri.

Parametre	NGC 1528	NGC 1545	NGC 1647	NGC 2215	NGC 2264
f_o (yıldız/yay dakikası^2)	6.248±0.452	69.134±17.15	1.894±0.110	22.234±7.313	17.059±0.992
f_{bg} (yıldız/yay dakikası^2)	14.352±0.297	12.534±0.106	3.064±0.083	9.188±0.123	0.905±0.117
r_c (yay dakikası)	2.717±0.440	0.116±0.020	4.193±0.615	0.133±0.037	0.266±0.023
r_{lim} (yay dakikası)	15	3	25	5	8
r (pc)	4.510	0.620	4.260	1.390	1.630
Küme üye sayısı (P≥0.5)	1686	1171	1411	1084	1598
$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	2.134±0.039	-2.033±0.083	-1.042±0.066	0.414±0.038	-1.627±0.082
μ_δ (mas/yıl)	-2.312±0.031	-0.114±0.061	-1.565±0.045	-3.687±0.039	-3.691±0.070
ϖ (mas)	0.967± 0.034	1.400± 0.050	1.698± 0.045	1.033± 0.031	1.384± 0.051
d_ϖ (pc)	1033±36	714±25	589±15	967±29	722±26
σ_ϖ/ϖ	0.047	0.191	0.148	0.048	0.099
$E(B\text{-}V)$ (kadir)	0.308±0.032	0.267±0.052	0.287±0.038	0.151±0.026	0.087±0.074
Av (kadir)	0.093	0.081	0.087	0.046	0.026
$E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ (kadir)	0.434±0.045	0.377±0.073	0.405±0.053	0.213±0.036	0.122±0.104
A_G (kadir)	0.808±0.032	0.702±0.136	0.754±0.099	0.397±0.067	0.227±0.194
[Fe/H] (dex)	-0.129±0.030*	0.039±0.024*	0.016±0.010*	-0.070±0.100*	-0.100±0.030*
Z	0.011	0.017	0.016	0.013	0.012
μ (kadir)	10.878±0.087	9.964±0.137	9.594±0.101	10.295±0.069	9.459±0.192
d (pc)	1033±42	712±46	586±28	954±31	702±65
t (Myıl)	300±25	85±5	360±35	750±50	4±1
Parametre	**NGC 2281**	**NGC 2423**	**NGC 2527**	**NGC 6281**	**NGC 6633**
f_o (yıldız/yay dakikası^2)	2.393±0.239	10.542±1.745	27.383±5.227	4.849±0.633	7.287±0.376
f_{bg} (yıldız/yay dakikası^2)	3.394±0.093	17.704±0.161	26.279±0.412	11.406±0.111	0.929±0.016
r_c (yay dakikası)	1.548±0.311	0.350±0.074	0.212±0.053	0.401±0.077	0.288±0.015
r_{lim} (yay dakikası)	15	7	4	4	7
r (pc)	2.280	1.920	0.730	0.610	0.790
Küme üye sayısı (P≥0.5)	1831	829	2157	4344	1026
$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	-2.980±0.072	-0.754±0.027	-5.554±0.017	-1.915±0.072	1.227±0.034
μ_δ (mas/yıl)	-8.274±0.061	-3.574±0.024	7.347±0.020	-3.996±0.051	-1.785±0.030
ϖ (mas)	1.922± 0.057	1.060± 0.033	1.569± 0.027	1.892± 0.029	0.047±0.004
d_ϖ (pc)	520±15	943±29	637±11	528±8	393±7
σ_ϖ/ϖ	0.100	0.150	0.094	0.047	0.191
$E(B\text{-}V)$ (kadir)	0.059±0.038	0.023±0.011	0.032±0.016	0.082±0.077	0.113±0.025
Av (kadir)	0.018	0.007	0.010	0.025	0.034
$E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ (kadir)	0.083±0.053	0.033±0.016	0.045±0.022	0.115±0.109	0.160±0.035
A_G (kadir)	0.155±0.099	0.061±0.030	0.084±0.041	0.214±0.203	0.298±0.065
[Fe/H] (dex)	0.013±0.001*	0.080±0.050*	-0.11±0.160*	-0.040±0.030*	-0.030±0.040*
Z	0.016	0.018	0.012	0.014	0.014
μ (kadir)	8.745±0.100	9.934±0.032	9.081±0.044	8.803±0.198	8.237±0.066
d (pc)	522±25	943±14	630±13	522±50	387±12
t (Myıl)	460±50	1200±150	950±100	515±50	750±100

*Açık kümelere ait demir bollukları Tablo 4.2'den alınmıştır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek lisans tez çalışmasında, Güneş civarında, merkezi yıldız yoğunluğuna sahip farklı yaşlardaki 10 açık kümenin *Gaia* DR3 kataloğundan (Gaia işbirliği, 2023) alınan astrometrik ve fotometrik verilerinden itibaren seçilen açık kümelerin yapısal ve temel astrofizik parametreleri güncel yöntemler kullanılarak hesaplanmıştır. Açık küme analizlerinde küme üyesi yıldızların seçilmesi önemli olduğundan küme doğrultusundaki yıldızların sönük tamlık sınırları, etkin yarıçapları ve bir kümeleme algoritması olan UPMASK yazılımıyla (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) küme alanındaki yıldızların üyelikleri incelenmiştir. Tez kapsamında incelenen 10 açık kümenin sönük tamlık sınırları, küme alanlarındaki nesnelerin *Gaia* fotometrisinin *G*-görünen bandındaki parlaklıklarının histogramı oluşturularak $G = 20.50$ kadir olarak tespit edilmiştir. Etkin yarıçapların ($r_{\rm lim}$) tayininde açık küme merkezlerinden itibaren yıldız sayı yoğunluk profilleri oluşturularak bu profillere King (1962) modeli uygulanmıştır. Bu analizler sayesinde kümelerin diğer yapısal parametreleri olan küme merkezi yıldız yoğunluğu ($f_{\rm o}$), zemin yıldız yoğunluğu ($f_{\rm bg}$) ve kor yarıçapı ($r_{\rm c}$) parametreleri de hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra açık kümeler doğrultusundaki tüm yıldızlar için bir kümelenme algoritması kullanılan UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) yazılımıyla her bir yıldızın kümeye üye olma olasılığı tayin edilmiştir. Bu işlem için her bir yıldızın beş boyutlu astrometrik verileri (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) dikkate alınarak, farklı kümelenme değerleri üzerinden ($5 \leq k\text{-}means \leq 35$) yıldızların kümeye üyelik olasılıkları belirlenmiştir. Küme üyesi yıldızların daha doğru seçilebilmesi için $G = 20.5$ kadirden parlak, kümelerin etkin yarıçapı içinde kalan ve kümelere üyeliği $P \geq 0.5$ yıldızlar dikkate alınmıştır. Küme doğrultusundaki yıldızların farklı *k-means* değerleri için hesaplanan kümeye üye olasılık değerlerinin en uygun olanının belirlenebilmesi için farklı *k-means* değerlerinde kümeye üye olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar $G \times (G_{\rm BP}\text{-}G_{\rm RP})$ renk-parlaklık diyagramı üzerine işaretlenmiş ve küme morfolojisini en iyi ifade eden *k-means* değeri belirlenmiştir. Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin astrometrik parametrelerinin tayinde küme üyeliği ($P \geq 0.5$) yüksek yıldızlara ağırlık verilerek açık kümelerin ortalama öz hareket bileşenleri ($\langle \mu_\alpha \cos\delta,\ \mu_\delta \rangle$) ve ortalama trigonometrik paralaksları ($\langle \varpi \rangle$) hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra incelenen her bir açık kümenin temel astrofizik parametrelerinin tespit edilmesine geçilmiştir. Analizlerde farklı görünen parlaklık aralıklarında bulunan küme üyeliği yüksek yıldızlar $G \times (G_{\rm BP}\text{-}G_{\rm RP})$ renk-parlaklık diyagramına yerleştirilmiş ve kümelerin astrofizik parametreleri PARSEC eş-yaş

eğrileriyle (Bressan ve diğ., 2012) karşılaştırılmak suretiyle elde edilmiştir. Yaş tayinde renk artığı, uzaklık ve metal bolluğu değerleri eş-zamanlı tayin edildiğinde yapılan hesaplamalarda parametre dejenerasyonluğunun olması söz konusundur. Bu etkinin en alt seviye indirilebilmesi için tez kapsamında incelenen 10 açık kümenin ortalama metal bollukları küme üyesi yıldızların yüksek/orta çözünürlüklü tayfsal analizleri neticesinde literatüre kazandırılan farklı çalışmaların (Heiter ve diğ., 2014; Casamiquela ve diğ., 2021; Fu ve diğ., 2022; Randich ve diğ., 2022; Ray ve diğ., 2022) derlenmesi sonucunda elde edilmiştir. Böylece incelenen 10 açık kümenin metal bollukları literatürdeki veriler olarak sabit alınmış ve böylece parametre dejenerasyonluğunun önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu aşamadan sonra açık kümelerin demir bollukları ([Fe/H]) Bölüm 3.3'te verilen Bağıntı 3.3 ile ağır element bolluğuna çevrilmiştir. Ardından farklı yaş ve uzaklık modülü değerleri dikkate alınarak PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) küme üyesi yıldızlar ile $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramı üzerinde en iyi uyumu sağlayana kadar karşılaştırılmıştır. Anakol çakıştırma yöntemi sonucunda 10 açık küme için renk artığı ($E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$) kümenin uzaklığı (d) ve yaşı (t) eş-zamanlı tayin edilmiştir. Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin yapısal, astrometrik ve temel astrofizik parametreleri Tablo 4.3'te listelenmiştir.

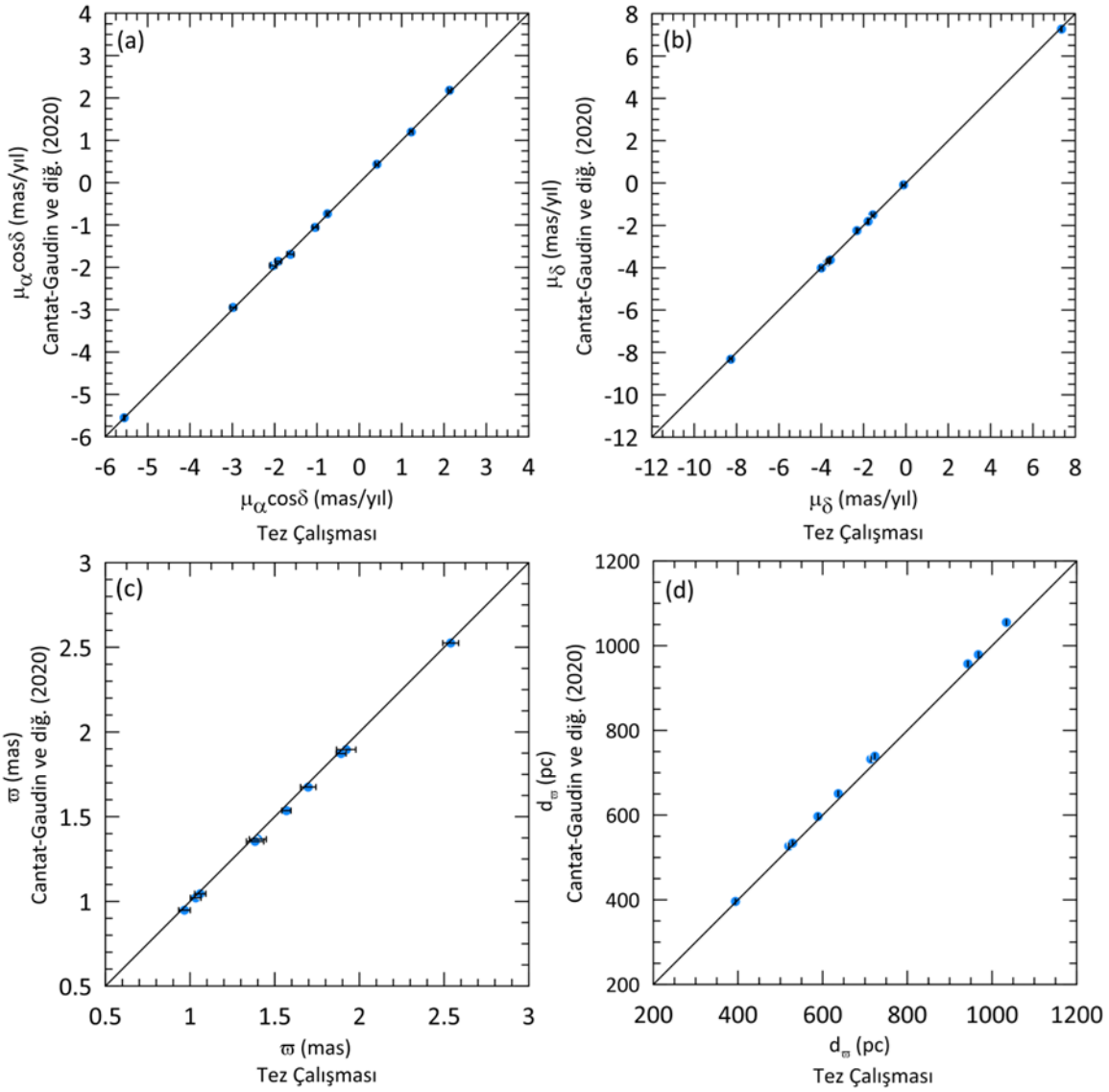
Tez çalışması kapsamında incelenen açık kümelerinin literatür özetleri ve tez çalışması sonucunda elde edilen bulguların diğer çalışmalar ile karşılaştırılması tablolar halinde Tablo EK 1'de verilmiştir. Genel olarak, tez çalışmasında hesaplanan temel astrofizik parametreler literatürde farklı tarihlerde gerçekleştirilen çalışmalar ile uyum içindedir. Fakat yaş tayininde kullanılan eş-yaş eğrilerinin zaman içinde geliştirilmesi, üye yıldızların uzay tabanlı astrometrik veriler kullanılarak sönük parlaklıklara kadar tayin edilebilmesi tez kapsamında incelenen 10 açık kümenin güncel veriler ile yeniden incelenmesini zorunlu bir hale getirmiştir. Ayrıca küme verilerinin homojen yöntemler altında incelenmesinin de önemli olduğu vurgulanmalıdır. Bu gereksinmelerden dolayı tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin astrometrik ve temel astrofizik parametrelerinin *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) verilerini kullanan Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışmasında elde ettiği sonuçlar ile karşılaştırılması tercih edilmiştir.

5.1. ASTROMETRİK VERİLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tez çalışması kapsamından incelenen 10 açık kümenin *Gaia* DR3 veri tabanından alınan verilerinin analizleri neticesinde elde edilen ortalama öz hareket bileşenleri ve trigonometrik

paralaks verileri Tablo 4.3'te listelenmiştir. Bu bulgular, *Gaia* DR2 veri tabanındaki açık kümelere üye yıldızları inceleyen Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu araştırmacılar tez çalışmasında kullanılan benzer yöntemleri kullanarak açık kümelere ait astrometrik verileri elde etmişlerdir.

Tez çalışmasında incelenen 10 açık küme için hesaplanan öz hareketlerin sağ ve dik açıklık bileşenlerine ait verilerin Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) çalışmasıyla karşılaştırılması, sırasıyla, Şekil 5.1a ve Şekil 5.1b'de gösterilmiştir. İki çalışmada hesaplanan öz hareket bileşenlerinin neredeyse bire-bir çizgisi boyunca dağılmış olması sonuçların birbiriyle oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir. İki farklı veri tabanındaki ölçümlerden hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks değerlerinin karşılaştırması Şekil 5.1c'de sunulmuştur. Çalışmalardan hesaplanan trigonometrik paralaks verilerinin hemen hemen bire-bir çizgisine yakın olduğu görülmektedir. Yapılan istatistik analizler sonucunda iki çalışmada 10 açık küme için hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks verilerinin farkları $\langle \Delta\varpi \rangle$ = 0.022 mas ve bu farkların standart sapması da $\sigma_{\Delta\varpi}$ = 0.008 mas olarak belirlenmiştir. Bu bulgu tez çalışmasında hesaplanan trigonometrik paralaksların Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) sonuçlarına göre daha büyük belirlendiği anlamına gelmektedir. Tez çalışmasındaki 10 açık kümenin elde edilen trigonometrik paralaksları d(pc) = 1000/$\langle \varpi \rangle$ (mas) bağıntısı kullanılarak Güneş'ten uzaklıkları hesaplanmış ve Cantat Gaudin ve diğ.'nin (2020) uzaklık sonuçlarıyla karşılaştırılması Şekil 5.1d'de gösterilmiştir. Bu panelden de görülebileceği gibi *Gaia* DR2 verilerini kullanan Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) elde ettiği uzaklıkların tez çalışmasında hesaplanan değerlere göre daha büyük olduğu görülmektedir. Analizler iki veri seti arasındaki uzaklık farklarının ortalamasının $\langle \Delta d \rangle$ = -11.54 pc ve bu farklarının standart sapmasının da $\sigma_{\Delta d}$ = 5.80 pc olduğunu göstermiştir. Hesaplamalar iki çalışma arasındaki uzaklık farklılığının küçük ama sistematik bir yanlılığının bulunduğunu ifade etmektedir. Uzaklıklardaki farklılıklar iki çalışmada kullanılan küme yıldızlarının farklı dönemlerde ölçülmesinden kaynaklanabilir. Gerçekten *Gaia* DR2 verileri uydunun gözleme başladığı ilk 22 aylık verileri içerirken, *Gaia* DR3'te sunulan verilerin ise 34 aylık olduğu bilinmektedir. Yıldızlara ait trigonometrik paralaks verilerinin daha uzun bir zaman aralığında ölçülmüş olması özellikle Güneş'e göre daha uzakta olan yıldızların daha duyarlı trigonometrik paralaks verilerinin hesaplanmasına katkı vermektedir. Ayrıca trigonometrik paralakslardaki sıfır nokta hatası da bu sistematik durumu çok net bir şekilde ortaya koymaktadır (Lindegren ve diğ., 2018; Akbulut ve diğ., 2021).



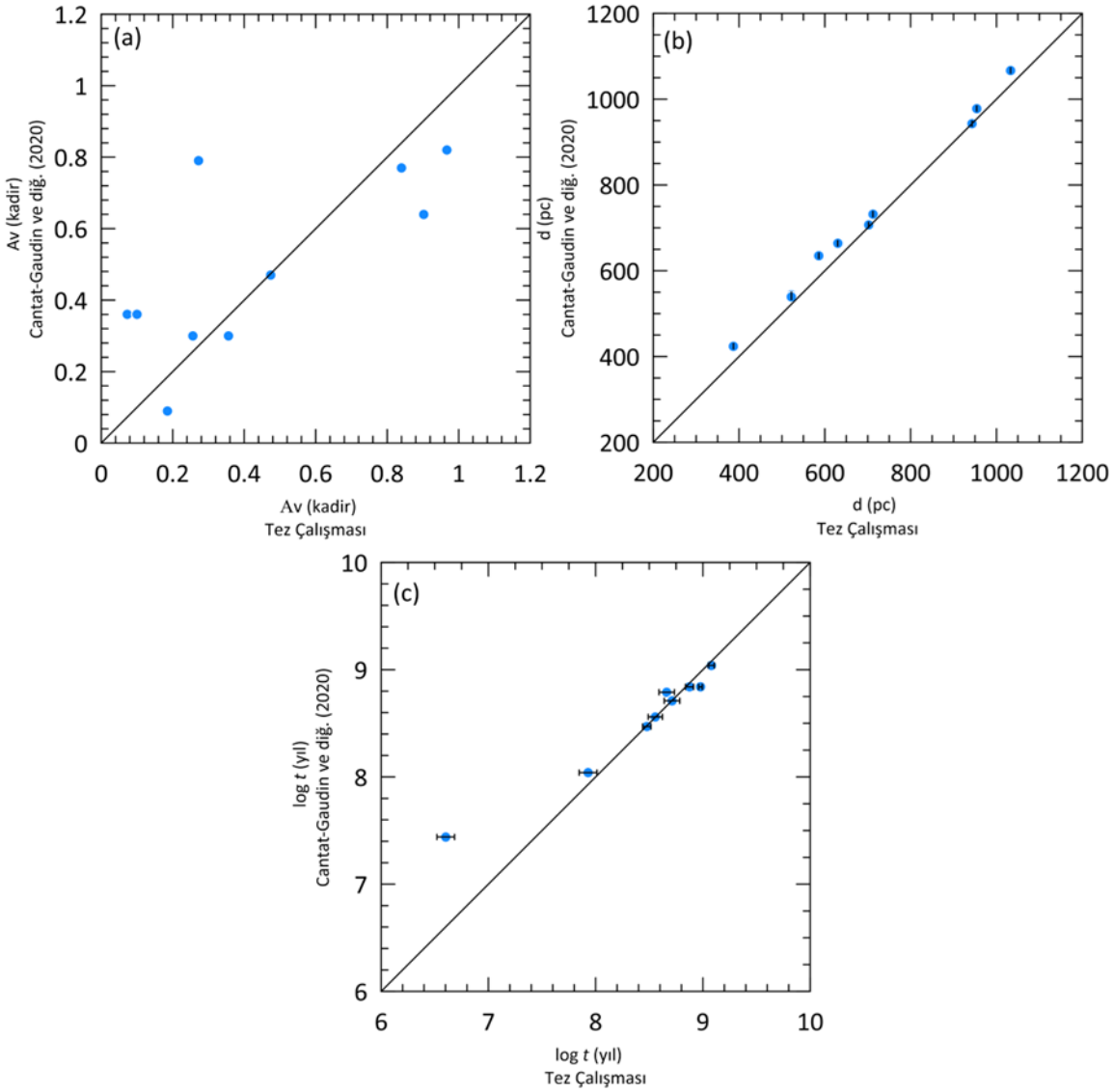
Şekil 5.1: Tez kapsamında incelenen 10 açık küme için hesaplanan astrometrik veriler ile Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınanlar ile karşılaştırılması: (a) ve (b) açık kümelerin öz hareket bileşenleri, (c) açık kümelerin ortalama trigonometrik paralaks verileri ve (d) bu ortalama değerlerinin uzaklığa dönüştürülmüş durumu.

5.2. ASTROFİZİK PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Tez çalışması kapsamından incelenen 10 açık kümenin *Gaia* DR3 veri tabanından alınan verilerinin analizleri neticesinde elde edilen temel astrofizik parametreleri Tablo 4.1'de listelenmiştir. Tez çalışmasındaki bulgular, *Gaia* DR2 veri tabanındaki açık kümelere üye yıldızları inceleyen Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu

araştırmacılar tez çalışmasında kullanılan benzer yöntemler ile açık kümelere ait astrofizik parametreleri elde etmiştir.

Her iki çalışmada da incelenen açık kümelerin temel astrofizik parametreleri PARSEC eş-yaş eğrilerinin renk-parlaklık diyagramlarında gözlemsel veriler ile uyum sağlayacak şekilde kaydırılması sonucunda elde edilmiştir. Temel astrofizik parametrelerinin ilki açık kümeler doğrultusunda hesaplanan yıldızlararası sönükleşmedir. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) çalışmalarında açık kümeler için yıldızlararası sönükleşme değerlerini *V* bandı için vermiştir. Bu nedenle tez çalışmasında incelenen açık kümelerin $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artıklarının *V* bandındaki sönükleşme değerine çevrilmesi gerekmektedir. İki fotometrik sistem arasındaki dönüşüm bağıntılarını elde edebilmek için Cardelli ve diğ.'nin (1989) bağıntılarından faydalanılmıştır. Bunun için önce tez çalışmasında 10 açık küme için hesaplanan $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artıklarını A_G sönükleşmesine çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için Cardelli ve diğ.'nin (1989) $A_G = 1.8626\times E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ bağıntısıyla A_G sönükleşmesi ve iki fotometrik sistem arasındaki selektif absorpsiyon katsayısı $A_V = A_G/0.83627$ kullanılarak ta A_V sönükleşme değerleri hesaplanmıştır. Bu dönüşüm bağıntılarıyla tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin A_V sönükleşmeleri tayin edilmiş olup, bu değerlerin $0 < A_V$ (kadir) < 1.2 olduğu tespit edilmiştir. İki çalışmada belirlenen A_V sönükleşmelerinin bir karşılaştırılması Şekil 5.2a'da gösterilmiştir. İki çalışmada verilen A_V değerlerinin karşılaştırılması incelendiğinde bire-bir çizgisinden oldukça farklı bir dağılma gösterdiği görülmüştür. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) *V* bandındaki sönükleşme değerleri için hata analizi yapmadığından her bir kümenin A_V değerindeki belirsizliği bilinmemektedir. İki çalışmada hesaplanan A_V değerlerinin çok büyük saçılma göstermesinin bir nedeni *Gaia* DR2 ve *Gaia* DR3'teki üç fotometrik banda ait duyarlılık fonksiyonlarının farklı olmasından kaynaklanabilir.



Şekil 5.2: Tez kapsamında incelenen 10 açık küme için hesaplanan astrofizik parametreler ile Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınanlar ile karşılaştırılması: (a) V bandı için sönükleşme, (b) anakol çakıştırma yöntemiyle tayin edilen uzaklıklar ve (c) PARSEC eş-yaş eğrileriyle (Bressan ve diğ., 2012) hesaplanan logaritmik yaşların karşılaştırılması. Her bir panelde görülen köşegen çizgi bire-bir doğrusunu göstermektedir.

İncelenen açık kümelerde hesaplanan bir başka parametre de anakol çakıştırma yöntemiyle hesaplanan küme uzaklıklarıdır ($d_{\rm iso}$). Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin eş-yaş eğrilerinden elde edilen uzaklıklarının $387 \leq d_{\rm iso}$ (pc) ≤ 1033 aralığında oldukları tespit edilmiştir. İki çalışmada hesaplanan $d_{\rm iso}$ değerlerinin bir karşılaştırılması Şekil 5.2b'de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde bire-bir çizgisinin hemen üstünde sistematik olarak Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) uzaklıkları tez çalışmasına göre daha fazla ölçüldüğü görülmektedir. Yapılanan istatistik analiz neticesinde iki çalışmadan hesaplanan uzaklıklara ait farkların

ortalaması $\langle \Delta d \rangle$ = -24.20 pc ve bu farklarının standart sapmasının da $\sigma_{\Delta d}$ = 14.91 pc olduğu belirlenmiştir. Bu farklılık iki *Gaia* veri tabanındaki fotometrik veriler ile birlikte büyük sönükleşme değerlerinden kaynaklanmaktadır.

Tez çalışmasında incelenen bir başka temel astrofizik parametre de açık kümelerin eş-yaş eğrileriyle tayin edilen yaşlarıdır. İki çalışmada tayin edilen yaşlar PARSEC eş-yaş eğrileri (Bressan ve diğ., 2012) kullanılarak belirlenmiştir. 10 açık küme için hesaplanan yaşların karşılaştırılması Şekil 5.2c'de gösterilmiştir. Tez çalışmasında 10 açık küme için hesaplanan yaş değerleri $6.60 < \log t$ (yıl) < 9.08 arasındayken, Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) tarafından hesaplanan yaş değerleri ise $7.44 < \log t$ (yıl) < 9.04 aralığındadır. İki veri setindeki küme yaşlarının karşılaştırılmasına ait farklarının ortalaması $\langle \Delta \log t \rangle$ = -0.08 yıl ve bu farklarının standart sapması da $\sigma_{\log t}$ = 0.28 yıl olduğunu görülmüştür. Genel olarak iki çalışmada hesaplanan yaşların birbirileriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Sadece en genç küme için verilen yaşları en büyük farklara neden olduğu tespit edilmiştir. Yapılan detaylı analiz neticesinde yaş karşılaştırılmasındaki büyük farklılığın iki çalışmada hesaplanan sönükleşme değerlerinin farklı olmasından kaynaklandığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kümelerin temel astrofizik parametrelerin belirlenmesinde parametre dejenerasyonluğunu azaltabilmek için 10 açık kümenin demir bollukları literatürdeki çalışmalardan alınmıştır. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) kümelerin temel astrofizik parametrelerini belirlerken açık kümelerin metal bolluklarını ortalama olarak Güneş bolluğunda kabul ettikleri için metal bolluğu açısından 10 kümenin bir karşılaştırılması gerçekleştirilememiştir. Tez çalışmasında incelenen her bir açık kümenin farklı metal bollukları dikkate alındığı için elde edilen sonuçların literatürdekilere göre daha doğru ve hassas olduğu söylenebilir. Bu durumun daha iyi analiz edilebilmesi için 2025 yılının son aylarında yayınlanması planlanan *Gaia* DR4 veri tabanın literatüre kazandırılması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Adams, F. C., Shu, F. C., Lada, C. J., 1987, The Disks of T Tauri Stars with Flat Infrared Spectra, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 19, 1096.

Adams, F. C., Myers, P. C., 2001, Modes of Multiple Star Formation, *The Astrophysical Journal*, 553, 744.

Ahumada, J. A., Lapasset, E., 2007, New Catalogue of Blue Stragglers in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 463, 789.

Akbulut, B., Ak, S., Yontan, T., Bilir, S., ve diğ., 2021, A Study of the Czernik 2 and NGC 7654 Open Clusters using CCD UBV Photometric and Gaia EDR3 Data, *Astrophysics and Space Science*, 366, 68.

Albarrán, M. G., Montes, D., Garrido, M. G., ve diğ., 2020, The Gaia-ESO Survey: Calibrating the Lithium–age relation with Open Clusters and Associations-I. Cluster Age Range and Initial Membership Selections, *Astronomy and Astrophysics*, 643, A71.

Alcaino, G., 1964, Photometric Investigation of the Galactic Cluster NGC 2281, *The Astronomical Journal*, 69, 529.

Alfonso, J., García-Varela, A., 2023, A Gaia Astrometric View of the Open Clusters Pleiades, Praesepe, and Blanco 1, *Astronomy and Astrophysics*, 677, A163.

Allende Prieto, C., Majewski, S.R., Schiavon, R., ve diğ., 2008, APOGEE: The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment, *Astronomische Nachrichten*, 329, 1018.

Almeida, A., Monteiro, H., Dias, W. S., 2023, Revisiting the Mass of Open Clusters with Gaia Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 525, 2315.

André, P., Arzoumanian, D., Könyves, V., Shimajiri, Y., ve Palmeirim, P., 2019, The Role of Molecular Filaments in the Origin of the Prestellar Core Mass Function and Stellar Initial Mass Function, *Astronomy and Astrophysics*, 629, L4.

Angelo, M. S., Santos Jr, J. F. C., Maia, F. F. S., Corradi, W. J. B., 2023, Enlightening the Dynamical Evolution of Galactic Open Clusters: an Approach using Gaia DR3 and Analytical Descriptions, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 522, 956.

Baade, W., 1944, NGC 147 and NGC 185, Two New Members of the Local Group of Galaxies. *Astrophysical Journal*, 100, 147.

Bai, L., Zhong, J., Chen, L., Li, J., ve Hou, J., 2022, Discovery of Extended Structure around Open Cluster COIN-Gaia 13 Based on Gaia EDR3, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 225, 055022.

Balaguer-Nunez, L., Galadí-Enríquez, D., Jordi, C., 2007, uvby-Hβ CCD Photometry and Membership Segregation of the Open Cluster NGC 2682 (M 67), *Astronomy and Astrophysics*, 470, 585-596.

Baratella, M., D'Orazi, V., Carraro, G., ve diğ., 2020, The Gaia-ESO Survey: A New Approach to Chemically Characterising Young Open Clusters-I. Stellar Parameters, and Iron-peak, α-, and Proton-capture Elements, *Astronomy and Astrophysics*, 634, A34.

Barkhatova, K. A., Zakharova, P. E., Sipachev, G. S., 1978, Investigation of the Open Cluster NGC 2281, *Nauchnye Informatsii*, 41, 101.

Bastian, U., 2019, Gaia 8: Discovery of A Star Cluster Containing β Lyrae, *Astronomy and Astrophysics*, 630, 4.

Baumgardt, H., Dettbarn, C., Wielen, R., 2000, Absolute Proper Motions of Open Clusters-I. Observational Data, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 146, 251.

Becker, W., 1960, Dreifarben-Photometrie Südlicher Galaktischer Sternhaufen II. NGC 2169, 2215, 2323, 2516, 3330. Mit 8 Textabbildungen, *Zeitschrift für Astrophysik*, 49, 168.

Bhattacharya, S., Rao, K. K., Agarwal, M., Balan, S., Vaidya, K., 2022, A Gaia EDR3 Search for Tidal Tails in Disintegrating Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517, 3525-3549.

Bilir, S., Karaali, S., Gilmore, G., 2006, Investigation of the ELAIS Field by Vega Photometry: Absolute Magnitude-Dependent Galactic Model Parameters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 366, 1295.

Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Önal, Ö., Dağtekin, N. D., Yontan, T., Gilmore, G., Seabroke, G. M., 2012, Local Stellar Kinematics from RAVE Data- III. Radial and Vertical Metallicity Gradients Based on Red Clump Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 421, 3362.

Binney, J., Tremaine, S., Freeman, K., 2009, Galactic Dynamics. *Physics Today*, *62*, 56.

Bisht, D., Zhu, Q., Yadav, R. K. S., Rangwal, G., Sariya, D. P., Durgapal, A., Jiang, G., 2022, A Deep Investigation of Two Poorly Studied Open Clusters Haffner 22 and Melotte 71 in the Gaia era, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 134, 16.

Bisht, D., Zhu, Q., Elsanhoury, W. H., Yadav, R. K. S., Rangwal, G., Sariya, D. P., Durgapal, A., Jiang, G., 2022, A Comprehensive Study of Five Intermediate-age Pismis 2, 3, 7, 12, 15 Clusters Using Photometric and Astrometric Data from Gaia EDR3, *The Astronomical Journal*, 164, 171.

Blanco-Cuaresma, S., Fraix-Burnet, D., 2018, A Phylogenetic Approach to Chemical Tagging-Reassembling Open Cluster Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 618, A65.

Bonatto, C., Kerber, L. O., Bica, E., Santiago, B. X., 2006, Probing Disk Properties with Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 446, 121.

Borissova, J., Ivanov, V. D., Minniti, D., Geisler, D., 2006, Discovery of New Milky Way Star Cluster Candidates in the 2MASS Point Source Catalog. V. Follow-up Observations of 84 the Young Stellar Cluster Candidates RCW 87, [BDSB2003] 164 and [DBSB2003] 172, *Astronomy and Astrophysics*, 455, 923-930.

Bossini, D., Vallenari, A., Bragaglia, A., Cantat-Gaudin, T., Sordo, R., ve diğ., 2019, Age Determination for 269 Gaia DR2 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 623, A108.

Bovy J., Tremaine, S., 2012, On the Local Dark Matter Density, *The Astrophysical Journal*, 756, A89, 6.

Bovy J., 2015, galpy: A Python Library for Galactic Dynamics, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 216, A29.

Bragaglia, A., Fu, X., Mucciarelli, A., Andreuzzi, G., Donati, P., 2018, The Chemical Composition of the Oldest Nearby Open Cluster Ruprecht 147, *Astronomy and Astrophysics*, 619, A176.

Bragaglia, A., Alfaro, E. J., Flaccomio, E., Blomme, R., ve diğ., 2022, The Gaia-ESO Survey: Target Selection of Open Cluster Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 659, A200.

Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., ve diğ., 2012, PARSEC: Stellar Tracks and Isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 127.

Brown, A. G., 2021, Microarcsecond Astrometry: Science Highlights from Gaia, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 59, 59-115.

Buckner, A. S., Froebrich, D., 2014, Properties of Star Clusters–II. Scaleheight Evolution of Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 444, 290-302.

Bukowiecki, L., Maciejewski, G., Konorski, P., Strobel, A., 2011, Open Clusters in 2MASS Photometry. I. Structural and Basic Astrophysical Parameters, *Acta Astronomica*, 61, 231-246.

Cameron, L. M., 1985, Metallicities and Distances of Galactic Clusters as Determined from UBV-Data. II. The Metallicities and Distances of 38 Open Clusters. III- Ages and Abundance Gradients of Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 147, 39.

Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A., Bragaglia, A., ve diğ., 2018, A Gaia DR2 View of the Open Cluster Population in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 618, 16.

Cantat-Gaudin, T., Vallenari, A., Sordo, R., ve diğ., 2018, Characterising Open Clusters in the Solar Neighbourhood with the Tycho-Gaia Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 615, A49.

Cantat-Gaudin, T., Krone-Martins, A., Sedaghat, N., ve diğ., 2019, Gaia DR2 Unravels Incompleteness of Nearby Cluster Population: New Open Clusters in the Direction of Perseus, *Astronomy and Astrophysics*, 624, A126.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., 2020, Clusters and Mirages: Cataloguing Stellar Aggregates in The Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 633, A99.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., Jordi, C., Romero-Gómez, M., ve diğ., 2020, Painting a Portrait of the Galactic Disc with Its Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 640, A1.

Cantat-Gaudin, T., Brandt, T. D., 2021, Characterizing and Correcting the Proper Motion Bias of the Bright Gaia EDR3 Sources, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A124.

Cantat-Gaudin, T., 2022, Milky Way Star Clusters and Gaia: A Review of the Ongoing Revolution, *Universe*, 82, 111.

Cardelli, J. A., Clayton, G. C., Mathis, J. S., 1989, The Relationship between Infrared, Optical, and Ultraviolet Extinction, *The Astrophysical Journal*, 345, 245.

Carpenter, J. M., 2000, 2MASS Observations of the Perseus, Orion A, Orion B, and Monoceros R2 Molecular Clouds, *The Astronomical Journal*, 120, 3139-3161.

Carraro, G., Girardi, L., Chiosi, C., 1999, Is the Galactic Disc Older than the Halo?, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 309, 430.

Carrera, R., Rodríguez, E., Loreto, C., Laia, B. N., Lola, J., Carme, A. P., Carlos, S., Peter, B., 2017, The Open Cluster King 1 in the Second Quadrant, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 4285.

Carrera, R., Bragaglia, A., Cantat-Gaudin, T., ve diğ., 2019, Open Clusters in APOGEE and GALAH. Combining Gaia and Ground-based Spectroscopic Surveys, *Astronomy and Astrophysics*, 623, A80.

Carrera, R., Casamiquela, L., Bragaglia, A., ve diğ., 2022, One Star to Tag Them All OSTTA-I. Radial Velocities and Chemical Abundances for 20 Poorly Studied Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 663, A148.

Carrera, R., Casamiquela, L., Carbajo-Hijarrubia, J., ve diğ., 2022, OCCASO-IV. Radial Velocities and Open Cluster Kinematics, *Astronomy and Astrophysics*, 658, A14.

Casamiquela, L., Blanco-Cuaresma, S., Carrera, R., ve diğ., 2019, OCCASO - III. Iron Peak and α Elements of 18 Open Clusters. Comparison with Chemical Evolution Models and Field Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490, 1821.

Casamiquela, L., Soubiran, C., Jofré, P., Chiappini, C., Lagarde, N., ve diğ., 2021, Abundance–Age Relations with Red Clump Stars in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, A25.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Julbe, F., Morvan, M., Balaguer-Núñez, L., Cantat-Gaudin, T., 2018, A New Method for Unveiling Open Clusters in Gaia. New Nearby Open Clusters Confirmed by DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 618, A59.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Cantat-Gaudin, T., Balaguer-Núñez, L., 2019, Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: the Galactic Anticentre, *Astronomy and Astrophysics*, 627, A35.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Alvarez Cid-F. J., Casamiquela, L., Anders, F., Cantat-Gaudin, T., Monguió, M., 2020, Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: 582 New Open Clusters in the Galactic Disc, *Astronomy and Astrophysics*, 635, A45.

Castro-Ginard, A., McMillan, P. J., Luri, X., ve diğ., 2021, Milky Way Spiral Arms from Open Clusters in Gaia EDR3, *Astronomy and Astrophysics*, 625, 162.

Chelli, A., Duvert, G., 2018, Pseudo-Photometric Distances of 30 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics,* 619, A132.

Chen, L., Hou, J. L., Wang, J. J., 2003, On the Galactic Disk Metallicity Distribution from Open Clusters. I. New Catalogs and Abundance Gradient, *The Astronomical Journal*, 125, 1397.

Clariá, J. J., Piatti, A. E., Parisi, M. C., Ahumada, A. V., 2007, NGC 2236: a Moderately Metal-Poor Open Cluster of Hyades-Like Age Located Beyond the Perseus Spiral Arm, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 379, 159.

Clariá, J. J., Piatti, A. E., Mermilliod, J. C., Palma, T., 2008, Photometric Membership and Metallicities of Red Giant Candidates in Selected Open Clusters, *Astronomische Nachrichten*, 329, 609.

Clausen, K., Wills, R. D., 1989, Overview of the Hipparcos Satellite, *ESA Special Publication*, 1111, 43.

Clausen, K. F., Perryman, M. A. C., 1990, The Hipparcos Mission, *Acta Astronautica*, 22, 229.

Conrad, C., Scholz, R. D., Kharchenko, N. V., ve diğ., 2014, A RAVE Investigation on Galactic Open Clusters-I. Radial Velocities and Metallicities, *Astronomy and Astrophysics*, 562, A54.

Conrad, C., Scholz, R. D., Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., De Jong, R. S., Schnurr, O., 2017, A RAVE Investigation on Galactic Open Clusters. II. Open Cluster Pairs, Groups and Complexes, *Astronomy and Astrophysics*, 600, A106.

Contursi, G., De Laverny, P., Recio-Blanco, A., ve diğ., 2023, The Cerium Content of the Milky Way as Revealed by Gaia DR3 GSP-Spec Abundances, *Astronomy and Astrophysics*, 670, A106.

Cordoni, G., Milone, A. P., Marino, A. F., ve diğ., 2023, Photometric Binaries, Mass Functions, and Structural Parameters of 78 Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 672, A29.

Cropper, M., Katz, D., Sartoretti, P., Prusti, T., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-Gaia Radial Velocity Spectrometer, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A5.

Crossen, C., Rhemann, G., 2004, Sky Vistas: Astronomy for Binoculars and Richest-Field Telescopes, *Springer Science and Business Media*.

Cuffey, J., 1938, Red Indices in Galactic Clusters. II. Messier 35, NGC 2158, IC 2157, NGC 2129, 1817, 2266, 2281, *Annals of Harvard College Observatory*, 106, 39.

Cui, X. Q., Zhao, Y. H., Chu, Y. Q., Li, G. P., ve diğ., 2012, The Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope LAMOST, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 129, 1197.

Da Silva, R., Lemasle, B., Bono, G., ve diğ., 2016, Neutron-capture Elements Across the Galactic Thin Disk Using Cepheids, *Astronomy and Astrophysics*, 586, A125.

Dalton, G., Trager, S. C., Abrams, D. C., Carter, D., ve diğ., 2012, WEAVE: The Next Generation Wide-field Spectroscopy Facility for the William Herschel Telescope, *In Ground-based and Airborne Instrumentation for Astronomy IV*, 8446, 220-231. SPIE.

Danilov, V. M., Dorogavtseva, L. V., 2008, Timescales for Mechanisms for the Dynamical Evolution of Open Star Clusters, *Astronomy Reports*, 52, 467.

De Silva, G. M., Freeman, K. C., Bland-Hawthorn, J., Martell, S., 2015, The GALAH Survey: Scientific Motivation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449, 2604.

Deng, L. C., Newberg, H. J., Liu, C., Carlin, J. L., ve diğ., 2012, LAMOST Experiment for Galactic Understanding and Exploration LEGUE. The Survey's Science Plan, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 127, 735.

Dias, W. S., Lépine, J. R. D., Alessi, B. S., 2001, Proper Motions of Open Clusters within 1 kpc Based on the TYCHO2 Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 376, 441.

Dias, W. S., Alessi, B. S., Moitinho, A., Lépine, J. R. D., 2002, New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates, *Astronomy and Astrophysics*, 389, 871.

Dias, W. S., Lepine, J. R. D., 2005, Direct Determination of the Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 629, 825.

Dias, W. S., Assafin, M., Flório, V., Alessi, B. S., Líbero, V., 2006, Proper Motion Determination of Open Clusters Based on the UCAC2 Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 446, 949.

Dias, W. S., Monteiro, H., Caetano, T. C., Lepine, J. R. D., Assafin, M., Oliveira, A. F., 2014, Proper Motions of the Optically Visible Open Clusters Based on the UCAC4 Catalog, *Astronomy and Astrophysics*, 564, A79.

Dias, W. S., Monteiro, H., Assafin, M., 2018, Update of Membership and Mean Proper Motion of Open Clusters from UCAC5 Catalogue, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 478, 5184.

Dias, W. D. S., Monteiro, H., Lépine, J. R. D., Barros, D. A., 2019, The Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy and the Corotation Radius with Gaia DR2, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 486, 5726.

Dias, W. S., Monteiro, H., Moitinho, A., Lepine, J. R. D., Carraro, G., Paunzen, E., Alessi, B., Villela, L., 2021, Updated Parameters of 1743 Open Clusters Based on Gaia DR2, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 504, 356.

Dib, S., Schmeja, S., Parker, R. J., 2018, Structure and Mass Segregation in Galactic Stellar Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 473, 849.

Donor, J., Frinchaboy, P. M., Cunha, K., ve diğ., 2020, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. IV. Abundances for 128 Open Clusters using SDSS/APOGEE DR16, *The Astronomical Journal*, 159, 199.

Dreyer, J. L. E., 1888, New General Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars, *Memoirs of the Royal Astronomy Society*, 49, 1.

Dreyer, J. L. E., 1895, Index Catalogue of Nebulae Found in the Years 1888 to 1894, with Notes and Corrections to the New General Catalogue, *Memoirs of the Royal Astronomy Society*, 51, 185.

Dreyer, J. L. E., 1910, Second Index Catalogue of Nebulae Found in the Years 1895 to 1907; with Notes and Corrections to the New General Catalogue and to the Index Catalogue for 1888 to 1894, *Memoirs of the of Royal Astronomy Society*, 59, 105.

Dutra, C. M., Bica, E., 2000, Foreground and Background Dust in Star Cluster Directions, *Astronomy and Astrophysics*, 359, 347.

Eggen, O. J., 1979, Intermediated-band Photometry of Late-Type Stars. IX-Two Hyades-like Clusters, *Astrophysical Journal*, 234, 168.

ESA, 1997, The Hipparcos and Tycho catalogues, *Astrometric and Photometric Star Catalogues Derived from the ESA Hipparcos Space Astrometry Mission*, Publisher: Noordwijk, Netherlands: E A Publications Division, 1997, Series: ESA SP Series vol no:1200, ISBN: 9290923997.

Feinstein, A., Forte, J. C., 1974, The Open Cluster NGC 6281, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 86, 284.

Fitzgerald, M. T., Inwood, L., McKinnon, D. H., Dias, W. S., Sacchi, M., ve diğ., 2015, Photometric and Proper Motion Study of the Neglected Open Cluster NGC 2215, *The Astronomical Journal*, 149, 190.

Flynn, C., Sekhri, R., Venville, T., ve diğ., 2022, Gaia EDR3 Bright Star Parallax Zero-Point Using Stellar Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 4276.

Frandsen, S., Arentoft, T., 1998, The STACC Open Cluster Target List, *The Journal of Astronomical Data JAD*, 6, 4.

Freeman, K., 2012, Structure and Evolution of the Milky Way, Red Giants as Probes of the Structure and Evolution of the Milky Way, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, 137.

Friel, E. D., 1995, The Old Open Clusters of the Milky Way, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 33, 381.

Frinchaboy, P. M., Majewski, S. R., Nidever, D. L., ve diğ., 2006, The RAVE Survey: A large, Homogeneous Spectroscopic Survey of the Galactic Halo, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 371, 411.

Frinchaboy, P. M., Majewski, S. R., 2008, Open Clusters as Galactic Disk Tracers. I. Project Motivation, Cluster Membership, and Bulk Three-Dimensional Kinematics, *The Astronomical Journal*, 136, 118.

Fritzewski, D. J., Barnes, S. A., Weingrill, J., Granzer, T., Cole-Kodikara, E., Strassmeier, K. G., 2023, A Rotational Age for the Open Cluster NGC 2281-The Possibility of using the fast Rotator Sequence for Accurate Cluster Age Determinations, *Astronomy and Astrophysics*, 674, A152.

Fu, X., Bragaglia, A., Liu, C., ve diğ., 2022, LAMOST Meets Gaia: The Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 668, A4.

Fürnkranz, V., Rix, H. W., Coronado, J., Seeburger, R., 2024, The Age Distribution of Stellar Orbit Space Clumps, *The Astrophysical Journal*, 961, 113.

Gaia işbirliği, Brown, A. G. A., Vallenari, A., ve diğ., 2016, Gaia Data Release 1: Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 595, A2.

Gaia işbirliği, van Leeuwen, F., Vallenari, A., ve diğ., 2017, Gaia Data Release, *Astronomy and Astrophysics*, 601, A19.

Gaia işbirliği, Brown, A. G. A, Vallenari, A., Prusti, T., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2 Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A1.

Gaia işbirliği, Brown, A. G. A., Vallenari, A., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2. Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 616, 22.

Gaia işbirliği, Babusiaux, C., van Leeuwen, F., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2: Observational Hertzsprung-Russell Diagrams, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A10.

Gaia işbirliği, Brown, W. R., Lattanzi, M. G., ve diğ., 2021, Gaia Early Data Release 3, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A1.

Gaia işbirliği, Vallenari, A., Brown, A. G. A. ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3. Summary of the Content and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 674, A1.

Gaia işbirliği, Vallenari, A., Brown, A. G. A., ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3: Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 660, A1.

Gao, X. H., 2019, Membership and Fundamental Parameters of the Intermediate-Age Open Clusters NGC 2281 and NGC 2539 based on Gaia-DR2, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 713, 62.

Gao, X., 2020, 5D Memberships and Fundamental Properties of the Old Open Cluster NGC 6791 Based on Gaia -DR2, *Astrophysics and Space Science*, 365, 24.

Gieles, M. R., Rix, H.-W., 2013, The Origin of Globular Clusters in the Milky Way, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 51, 357.

Gilmore, G., Reid, N., 1983, New Light on Faint Stars- III. Galactic Structure Towards the South Pole and the Galactic Thick Disc, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 202, 1025.

Gilmore, G., Randich, S., Asplund, M., ve diğ., 2012, The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey, *The Messenger*, 147, 25.

Glaser, J. P., McMillan, S. L., Geller, A. M., Thornton, J. D., ve diğ., 2020, Tycho: Realistically Simulating Exoplanets within Stellar Clusters. I Improving the Monte Carlo Approach, *The Astronomical Journal*, 160, 126.

Glaspey, J. W., 1987, A Spectroscopic Study of the Open Cluster NGC 2281, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 99, 1089.

Gokmen, S., Eker, Z., Yontan, T., ve diğ., 2023, CCD UBV and Gaia DR3 Analyses of the Open Clusters King 6 and NGC 1605, *The Astronomical Journal*, 166, 263.

Gozha, M. L., Borkova, T. V., Marsakov, V. A., 2012, Heterogeneity of the Population of Open Star Clusters in the Galaxy, *Astronomy Letters*, 38, 506.

Grebel, E. K., Grebel, E., 2004, The Distribution and Evolution of Open Clusters in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 412, 102.

Grellmann, R., Ratzka, T., Kraus, S., Linz, H., Preibisch, T., Weigelt, G., 2011, Mid-infrared İnterferometry of the Massive Young Stellar Object NGC 2264 IRS 1, *Astronomy and Astrophysics*, 532, A109.

Guerrero, C. A., Peña, J. H., Sareyan, J. P., 2011, uvby-β Photoelectric Photometry of the Open Clusters NGC 1647 and NGC 1778, *Revista Mexicana De Astronomía y Astrofísica*, 471, 185.

Hancock, M., Smith, B. J., Giroux, M. L., Struck, C., 2008, An Assessment of Broad-Band Optical Colours as Age Indicators for Star Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389, 1470.

Hao, C. J., Xu, Y., Hou, L. G., ve diğ., 2021, Evolution of the Local Spiral Structure of the Milky Way Revealed by Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, 102.

Harris, W. E., 2010, A New Catalog of Globular Clusters in the Milky Way, eprint arXiv:1012.3224.

Hartoog, M. R., 1977, The Rotation of AP Stars in Open Clusters and Magnetic Braking, *Astrophysical Journal*, 212, 723.

Hartwick, F. D. A., 1987, The Structure of the Galactic Halo, *in the Galaxy*, 281.

Haywood, M., 2008, Radial Mixing and the Transition Between the Thick and Thin Galactic Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 388, 1175.

He, Z., Wang, K., Luo, Y., Li, J., Liu, X., Jiang, Q., 2022, A Blind All-sky Search for Star Clusters in Gaia EDR3: 886 Clusters within 1.2 kpc of the Sun, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 262, 16.

Hebb, L., Wyse, R. F., Gilmore, G., 2004, Photometric Monitoring of Open Clusters. I. The Survey, *The Astronomical Journal*, 128, 2881.

Hebb, L., Wyse, R. F., Gilmore, G., Holtzman, J., 2006, Photometric Monitoring of Open Clusters. II. A new M Dwarf Eclipsing Binary System in the Open Cluster NGC 1647, *The Astronomical Journal*, 131, 555.

Heiter, U., Soubiran, C., Netopil, M., Paunzen, E., 2014, On the Metallicity of Open Clusters-II. Spectroscopy, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A93.

Herschel, W., 1814, Astronomical Observations Relating to the Sideral Part of the Heavens, and Its Connection with the Nebulous Part: Arranged for the Purpose of A Critical Examination, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series I*, 104, 248.

Herschel, W., 1864, Catalogue of Nebulae and Clusters of Stars, *Philosophicalv Transactions of the Royal Society of London*, 154, 1-137.

Hetem, A., Gregorio-Hetem, J., 2019, Fractal Statistics in Young Star Clusters: Structural Parameters and Dynamical Evolution, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 490, 2521.

Hoag, A. A., Applequist, N. L., 1965, Distance Moduli of Open Clusters, *Astrophysical Journal Supplement*, 12, 215.

Hodierna, G. B., 1654, De systemate orbis cometici deque admirandis coeli characteribus explicantur, necnon vie Com etarum, per orbem cometicum multiplices opuscula duo, in quorum primo cometarum causae disquiruntur, & indicantur. In secundo vero quid, quales, quotue sint stellae luminosae, nebulae, necnon, & occultae, manifestantur & rerum caelestium studiosis commendantur, *De systemate orbis cometici deque admirandis coeli characteribus*.

Holmberg, J., Nordstrom, B., Andersen, J., 2009, The Geneva-Copenhagen Survey of the Solar Neighbourhood III. Improved Distances, Ages and Kinematics, *Astronomy and Astrophysics*, 501, 941.

Hou, J. L., Chang, R. X., Chen, L., 2002, Abundance Gradient from Open Clusters and implications for the Galactic Disk Evolution, *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics*, 21, 17.

Hu, Q., Zhang, Y., Esamdin, A., Liu, J., Zeng, X., 2021, Deciphering Star Cluster Evolution by Shape Morphology, *The Astrophysical Journal*, 912, 5.

Hunt, E. L., Reffert, S., 2023, Improving the Open Cluster Census. II. An All-Sky Cluster Catalogue with Gaia DR3, *Astronomy and Astrophysics*, 673, A114.

Jackson, R. J., Jeffries, R. D., Wright, N. J., Randich, S., Sacco, G., ve diğ., 2020, The Gaia-ESO Survey: Membership Probabilities for Stars in 32 Open Clusters from 3D Kinematics, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496, 4701.

Jackson, R. J., Jeffries, R. D., Wright, N. J., ve diğ., 2022, The Gaia–ESO Survey: Membership Probabilities for Stars in 63 Open and 7 Globular Clusters from 3D Kinematics, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 1664.

Jadhav, V. V., Roy, K., Joshi, N., Subramaniam, A., 2021, High Mass-Ratio Binary Population in Open Clusters: Segregation of Early Type Binaries and an İncreasing Binary Fraction with Mass, *The Astronomical Journal*, 162, 264.

Jadhav, V. V., Subramaniam, A., 2021, Blue Straggler Stars in Open Clusters Using Gaia: Dependence on Cluster Parameters and Possible Formation Pathways, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 507, 1699.

Janes, K. A., Tilley, C., Lynga, G., 1988, Properties of the Open Cluster System, *The Astronomical Journal*, 95, 771.

Jeffries, R. D., Totten, E. J., Harmer, S., Deliyannis, C. P., 2002, Membership, Metallicity and Lithium Abundances for Solar-Type Stars in NGC 6633, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society,* 336, 1109.

Jeffries, R. D., Jackson, R. J., Wright, N. J., Weaver, G., Gilmore, G., ve diğ., 2023, The Gaia-ESO Survey: Empirical Estimates of Stellar Ages from Lithium Equivalent Widths Eagles, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 802.

Joshi, Y. C., Dambis, A. K., Pandey, A. K., Joshi, S., 2016, Study of Open Clusters within 1.8 kpc and Understanding the Galactic Structure, *Astronomy and Astrophysics*, 593, A116.

Joshi, Y. C., Malhotra, S., 2023, Revisiting Galactic Disk and Spiral Arms Using Open Clusters, *The Astronomical Journal*, 166, 170.

Kalirai, J. S., Richer, H. B., Fahlman, G. G., ve diğ., 2001, The CFHT Open Star Cluster Survey. I. Cluster Selection and Data Reduction, *The Astronomical Journal*, 122, 257.

Katz, D., Sartoretti, P., Cropper, M., 2019, Gaia Data Release 2. Properties and Validation of the Radial Velocities, *Astronomy and Astrophysics*, 622, A205.

Katz, D., Sartoretti, P., Guerrier, A., ve diğ., 2023, Gaia Data Release 3. Properties and Validation of the Radial, Velocities, *Astronomy and Astrophysics*, 674, 31.

Kharchenko, N. V., 2001, All-sky Compiled Catalogue of 2.5 Million Stars, *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel*, 17, 409.

Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R. D., 2005, Astrophysical Parameters of Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 438, 1163.

Kharchenko, N. V., Berczik, P., Petrov, M. I., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R. D., 2009, Shape Parameters of Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics,* 495, 807.

Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R. D., 2012, Global Survey of Star Clusters in the Milky Way-I. The Pipeline and Fundamental Parameters in the Second Quadrant, *Astronomy and Astrophysics*, 543, A156.

Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., ve Scholz, R. D., 2013, Global Survey of Star Clusters in the Milky Way. II. The Catalogue of Basic Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A53.

King, I. R., 1962, The Structure of Star Clusters. I. An Empirical Density Law, *Astronomical Journal*, 67, 471.

Kounkel, M., Covey, K., 2019, Untangling the Galaxy. I. Local Structure and Star Formation History of the Milky Way, *The Astronomical Journal*, 158, 122.

Kozhurina-Platais, V., Girard, T. M., Platais, I., van Altena, W., F., 1995, A Proper-Motion Study of the Open Cluster NGC 3680, *Astronomical Journal*, 109, 672.

Könyves, V., André, P., Men'Shchikov, A., Schneider, N., ve diğ., 2010, The Aquila Prestellar Core Population Revealed by Herschel, *Astronomy and Astrophysics*, 518, L106.

Könyves, V., André, P., Men'Shchikov, A., ve diğ., 2015, A Census of Dense Cores in the Aquila cloud Complex: SPIRE/PACS Observations from the Herschel Gould Belt Survey, *Astronomy and Astrophysics*, 584, A91.

Krone-Martins, A., Moitinho, A., 2014, UPMASK: Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A57.

Krumholz, M. R., Burkhart, B., 2016, Is Turbulence in the Interstellar Medium Driven by Feedback or Gravity? An Observational Test, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458, 1671.

Krumholz, M. R., McKee, C. F., Bland-Hawthorn, J., 2019, Star Clusters Across Cosmic Time, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 57, 227.

Kuhn, M. A., Hillenbrand, L. A., Sills, A., Feigelson, E. D., Getman, K. V., 2019, Kinematics in Young Star Clusters and Associations with Gaia DR2, *The Astrophysical Journal*, 870, 32.

Kurtenkov, A., Dimitrova, N., Atanasov, A., Aleksiev, T. D., 2016, Improved Proper Motion Determinations for 15 Open Clusters Based on the UCAC4 Catalog, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 167, 005.

Lada, C. J., Lada, E. A., 2003, Embedded Clusters in Molecular Clouds, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 411, 57.

Lata, S., Pandey, A. K., Sagar, R., Mohan, V., 2002, Integrated Photometric Characteristics of Galactic Open Star Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 388, 158.

Leão, I. C., Martins, B. C., Alves, S., de Oliveira, G. P., ve diğ., 2018, Incidence of Planet Candidates in Open Clusters and A Planet Confirmation, *Astronomy and Astrophysics*, 620, A139.

Lépine, J. R. D., Cruz, P., Scarano, S. J., Barros, D. A., Dias, W. S., Pompéia, L., Andrievsky, S. M., Carraro, G., Famaey, B., 2011, Overlapping Abundance Gradients and Azimuthal Gradients Related to the Spiral Structure of the Galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 417, 698.

Li, L., Shao, Z., 2022, MiMO: Mixture Model for Open Clusters in Color–Magnitude Diagrams, *The Astrophysical Journal*, 930, 44.

Lindegren, L., Hernández, J., Bombrun, A., 2018, Gaia Data Release 2-the Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A2.

Lindegren, L., Klioner, S. A., Hernández, J., Bombrun, A., ve diğ., 2021, Gaia Early Data Release 3-the Astrometric Solution, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A2.

Lindoff, U., 1973, The Open Cluster NGC 2527, *Astronomy and Astrophysics,* 9, 229.

Liu, L., Pang, X. 2019. A Catalog of Newly Identified Star Clusters in Gaia DR2, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 245, A32.

Loktin, A. V., Beshenov, G. V., 2003, Proper Motions of Open Star Clusters and the Rotation Rate of the Galaxy, *Astronomy Reports*, 47, 6.

Loktin, A. V., Beshenov, G. V., 2005, VizieR Online Data Catalog: Proper Motions of Open Star Clusters Loktin+, 2003, *VizieR Online Data Catalog*, J-AZh.

Loktin, A. V., Popova, M. E., 2017, Updated Version of the Homogeneous Catalog of Open Cluster Parameters, *Astrophysical Bulletin*, 72, 257.

Long, L., Bi, S., Zhang, J., Zhang, X., Zhang, L., ve diğ., 2023, Investigating 16 Open Clusters in the Kepler/K2–Gaia DR3 Field. I. Membership, Binary Systems, and Rotation, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 268, 30.

Luo, Y., Németh, P., Deng, L., Han, Z., 2019, Hot Subdwarf Stars Observed in Gaia DR2 and LAMOST DR5, *The Astrophysical Journal*, 881, 7.

Lynga, G., 1982, Open Cluster in Our Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 109, 213.

Lynga, G., Palous, J., 1987, The Local Kinematics of Open Star Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 188, 35.

Magrini, L., Vincenzo, F., Randich, S., ve diğ., 2018, The Gaia-ESO Survey: The N/O Abundance Ratio in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 618, A102.

Magrini, L., Viscasillas V. C., Spina, L., ve diğ., 2023, The Gaia-ESO Survey: Mapping the Shape and Evolution of the Radial Abundance Gradients with Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 669, A119.

Maitzen, H. M., Seggewiss, W., Tueg, H., 1981, Photometric Search for AP Stars among Blue Stragglers in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 96, 174.

Marsakov, V. A., Gozha, M. L., Koval', V. V., Shpigel', L. V., 2016, Peculiarities of α-element Abundances in Galactic Open Clusters, *Astronomy Reports*, 60, 43.

Martinez-Garcia, E. E., Puerari, I., 2014, Reviewing the Observational Evidence Against Long-Lived Spiral Arms in Galaxies, Structure and Dynamics of Disk Galaxies, *Proceedings of the Conference*, 480, 137.

McKee, C. F., Ostriker, E. C., 2007, Theory of Star Formation, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 45, 565.

Meingast, S., Alves, J., 2019, Extended Stellar Systems in the Solar Neighborhood-I. The Tidal Tails of the Hyades, *Astronomy and Astrophysics*, 621, L3.

Meingast, S., Alves, J., Rottensteiner, A., 2021, Extended Stellar Systems in the Solar Neighborhood-V. Discovery of Coronae of Nearby Star Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 645, A84.

Mermilliod, J. C., Egret, D., Albrecht, M. A., 1995, Astrophysics and Space Science Library, *Information and On-Line Data in Astronomy*, 203, 127.

Mermilliod, J. C., 1996, The Open Cluster DataBase, The Origins, Evolution, and Destinies of Binary Stars in Clusters, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 90, 475.

Messier, C., 1784, Catalogue des Nébuleuses & des amas d'Étoiles. Connoissance des Temps for 1787 (published 1784), 238.

Moitinho, A., Vazquez, R. A., Carraro, G., Baume, G., Giorgi, E. E., Lyra, W., 2006, Spiral Structure of the third Galactic Quadrant and the Solution to the Canis Major Debate, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 368, L77.

Monet, D. G., Levine, S. E., Canzian, B., ve diğ., 2003, The USNO-B Catalog, *The Astronomical Journal*, 125, 984.

Monz, C., 2008, *Machine Learning for Data Mining: Week 6 Clustering*. https://staff.fnwi.uva.nl/c.monz/html/teaching.html [Ziyaret Tarihi: 20 Mayıs 2024.]

Nardiello, D., Piotto, G., Deleuil, M., ve diğ., 2020, A PSF-based Approach to TESS High Quality Data of Stellar Clusters PATHOS–II. Search for Exoplanets in Open Clusters of the Southern Ecliptic Hemisphere and their Frequency, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495, 4924.

Netopil, M., Paunzen, E., 2013, Towards a Photometric Metallicity Scale for Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 557, A10.

Netopil, M., Paunzen, E., Stütz, C., 2012, Developments of the Open Cluster Database WEBDA, Star Clusters in the Era of Large Surveys, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, 53.

Netopil, M., Paunzen, E., Heiter, U., Soubiran, C., 2016, On the Metallicity of Open Clusters-III. Homogenised Sample, *Astronomy and Astrophysics*, 585, A150.

Netopil, M., 2017, Metallicity Calibrations for Dwarf Stars and Giants in the Geneva Photometric System, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 469, 3042.

Netopil, M., Oralhan, İ. A., Çakmak, H., Michel, R., Karataş, Y., 2022, The Galactic Metallicity Gradient Shown by Open Clusters in the Light of Radial Migration, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 421.

Nguyen, C. T., Costa, G., Girardi, L., ve diğ., 2022, PARSEC V2. 0: Stellar Tracks and İsochrones of Low-And İntermediate-Mass Stars with Rotation, *Astronomy and Astrophysics*, 665, A126.

Niu, H., Wang, J., Fu, J., 2020, Binary Fraction Estimation of Main-sequence Stars in 12 Open Clusters: Based on the Homogeneous Data of LAMOST Survey and Gaia DR2, *The Astrophysical Journal*, 903, 93.

Norris, J. E., Olszewski, E. W., 2001, The Structure and Evolution of Globular Clusters, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 39, 493.

Olivares, J., Bouy, H., Sarro, L. M., Miret-Roig, N., 2019, Ruprecht 147 DANCe. I. Members, Empirical Isochrone, Luminosity, and Mass Distributions, *Astronomy and Astrophysics*, 625, A115.

O'Meara, S. J., 2007, Deep-Sky Companions: Hidden Treasures. Cambridge University Press.

Oralhan, I. A., Karataş, Y., Schuster, W. J., Michel, R., Chavarría, C., 2015, CCD UBVRI$_C$ Photometry of Twenty Open Clusters, *New Astronomy*, 34, 195.

Önal Taş, Ö., Bilir, S., Seabroke, G. M., Karaali, S., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z. F., 2016, Local Stellar Kinematics from RAVE data—VII. Metallicity Gradients from Red Clump Stars, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 33, A044.

Pandey, A. K., Bhatt, B. C., Mahra, H. S., Sagar, R., 1989, Integrated Parameters of Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 236, 263.

Pang, X., Li, Y., Yu, Z., ve diğ., 2021, 3D Morphology of Open Clusters in the Solar Neighborhood with Gaia EDR 3: its Relation to Cluster Dynamics, *The Astrophysical Journal*, 912, 162.

Pang, X., Tang, S. Y., Li, Y., ve diğ., 2022, 3D Morphology of Open Clusters in the Solar Neighborhood with Gaia EDR 3. II. Hierarchical Star Formation Revealed by Spatial and Kinematic Substructures, *The Astrophysical Journal*, 931, 156.

Paunzen, E., Netopil, M., 2006, On the Current Status of Open-Cluster Parameters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 371, 1641.

Paunzen, E., Heiter, U., Netopil, M., Soubiran, C., 2010, On the Metallicity of Open Clusters-I. Photometry, *Astronomy and Astrophysics*, 517, A32.

Paunzen, E., Netopil, M., Maitzen, H. M., Pavlovski, K., Schnell, A., Zejda, M., 2014, Photoelectric Search for Peculiar Stars in Open Clusters-XV. Feinstein 1, NGC 2168, NGC 2323, NGC 2437, NGC 2547, NGC 4103, NGC 6025, NGC 6633, Stock 2, and Trumpler 2, *Astronomy and Astrophysics*, 564, A42.

Peña, J. H., Calderón, J., Piña, D. S., 2019, Study of the Open Cluster NGC 1528 Through uvby− β Photoelectric Photometry, *Revista mexicana de astronomía y astrofísica*, 552, 203.

Pereira, C. B., Drake, N. A., Roig, F., 2019, The s-Process Enriched Star HD 55496: Origin from a Globular Cluster or from the Tidal Disruption of a Dwarf Galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 488, 482.

Pérez, M. R., 1991, The Young Open Clusters NGC 2244 and NGC 2264, Revisited. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, 22, 99.

Perryman, M. A. C., 1991, Hipparcos: Revised Mission Overview, *Advances in Space Research*, 11, 15.

Perryman, M. A. C., de Boer, K. S., Gilmore, G., ve diğ., 2001, GAIA: Composition, Formation and Evolution of the Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 369, 339.

Pesch, P., 1961, Photometric and Objective Prism Observations in Three Galactic Clusters, *Astrophysical Journal*, 134, 602.

Piskunov, A. E., Kharchenko, N. V., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R. D., 2006, Revisiting the Population of Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 445, 545.

Piskunov, A. E., Schilbach, E., Kharchenko, N. V., Röser, S., Scholz, R.-D., 2007, Towards Absolute Scales for the Radii and Masses of Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 468, 151.

Poggio, E., Drimmel, R., Cantat-Gaudin, T., ve diğ., 2021, Galactic Spiral Structure Revealed by Gaia EDR3, *Astronomy and Astrophysics*, 651, A104.

Poincot, P., Lesteven, S., Murtagh, F., 1998, A Spatial User Interface to the Astronomical Literature, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 130, 183.

Poovelil, V. J., Zasowski, G., Hasselquist, S., ve diğ., 2020, Open Cluster Chemical Homogeneity throughout the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 903, 55.

Posti L., Helmi A., 2019, Mass and Shape of the Milky Way's Dark Matter Halo with Globular Clusters from Gaia and Hubble, *Astronomy and Astrophysics*, 621, A56.

Qin, S., Zhong, J., Tang, T., Chen, L., 2023, Hunting for Neighboring Open Clusters with Gaia DR3: 101 New Open Clusters within 500 pc, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 265, 12.

Raddi, R., Catalan, S., Gänsicke, B. T., ve diğ., 2016, A Search for White Dwarfs in the Galactic Plane: the Field and the Open Cluster Population, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 457, 1988.

Rain, M. J., Ahumada, J. A., Carraro, G., 2021, A New, Gaia-Based, Catalogue of Blue Straggler Stars in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 650, A67.

Randich, S., Gilmore, G., Gaia-ESO Consortium, 2013, The Gaia-ESO Large Public Spectroscopic Survey, *The Messenger*, 154, 47.

Randich, S., Tognelli, E., Jackson, R., ve diğ., 2018, The Gaia-ESO Survey: Open Clusters in Gaia-DR1. A Way Forward to Stellar Age Calibration, *Astronomy and Astrophysics*, 612, A99.

Randich, S., Gilmore, G., Magrini, L., ve diğ., 2022, The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey: Implementation, Data Products, Open Cluster Survey, Science, and Legacy, *Astronomy and Astrophysics*, 666, A121.

Rao, K. K., Bhattacharya, S., Vaidya, K., Agarwal, M., 2023, Discovery of Double BSS Sequences in the Old Galactic Open Cluster Berkeley 17, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 518, L7.

Ray, A. E., Frinchaboy, P. M., Donor, J., Chojnowski, S. D., Melendez, M., 2022, The Open Cluster Chemical Abundances and Mapping Survey. V. Chemical Abundances of Ctio/Hydra Clusters Using the Cannon, *The Astronomical Journal*, 163, 195.

Recio-Blanco, A., de Laverny, P., Kordopatis, G., ve diğ., 2014, The Gaia-ESO Survey: The Galactic Thick to Thin Disc Transition, *Astronomy and Astrophysics*, 567, A5.

Reddy, B. E., Lambert, D. L., Allende Prieto, C., 2006, Elemental Abundance Survey of the Galactic Thick Disc, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 367, 1329.

Reddy, A. B., Giridhar, S., Lambert, D. L., 2013, Comprehensive Abundance Analysis of Red Giants in the Open Clusters NGC 2527, 2682, 2482, 2539, 2335, 2251 and 2266, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 431, 3338.

Reddy, A. B. S., Giridhar, S., Lambert, L. D., 2015, Comprehensive Abundance Analysis of Red Giants in the Open Clusters NGC 1342, 1662, 1912, 2354 and 2447, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 450, 4.

Reddy, A. B., Lambert, D. L., 2019, Comprehensive Abundance Analysis of Red Giants in the Open Clusters Stock 2, NGC 2168, 6475, 6991, and 7762, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485, 3623.

Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., ve diğ., 2014, Trigonometric Parallaxes of high Mass Star Forming Regions: The Structure and Kinematics of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 783, 130.

Richer, H. B., Caiazzo, I., Du, H., Grondin, S., Hegarty, J., ve diğ., 2021, Massive White Dwarfs in Young Star Clusters, *The Astrophysical Journal*, 912, 165.

Roeser, S., Demleitner, M., Schilbach, E., 2010, The PPMXL Catalog of Positions and Proper Motions on the ICRS. Combining USNO-B1.0 and the Two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal*, 139, 2440.

Roskar, R., Debattista, V. P., Quinn, T. R., Wadsley, J., 2012, Radial Migration in Disc Galaxies- I. Transient Spiral Structure and Dynamics, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426, 2089.

Röser, S., Schilbach, E., 2019, Praesepe NGC 2632 and its Tidal Tails, *Astronomy and Astrophysics*, 627, A4.

Röser, S., Schilbach, E., Goldman, B., 2019, Hyades Tidal Tails Revealed by Gaia DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 621, L2.

Ruprecht, J., 1966, Classification of Open Star Clusters, *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, 17, 33.

Sagar, R., Piskunov, A. E., Miakutin, V. I., Joshi, U. C., 1986, Mass and Age Distributions of Stars in Young Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 220, 383.

Sampedro, L., Dias, W. S., Alfaro, E. J., Monteiro, H., Molino, A., 2017, A Multimembership Catalogue for 1876 Open Clusters Using UCAC4 data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 3937.

Sánchez, N., Alfaro, E. J., Lopez-Martinez, F., 2018, A Method for Determining the Radius of an Open Cluster from Stellar Proper Motions, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 475, 4122.

Sánchez, N., Alfaro, E. J., López-Martínez, F., 2020, A Catalogue of Open Cluster Radii Determined from Gaia Proper Motions, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495, 2882.

Sanders, W. L., 1971, An Improved Method for Computing Membership Probabilities in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 14, 226.

Sandquist, E. L., Stello, D., Arentoft, T., ve diğ., 2020, Variability in the Massive Open Cluster NGC 1817 from K2: A Rich Population of Asteroseismic Red Clump, Eclipsing Binary, and Main-sequence Pulsating Stars, *The Astronomical Journal*, 159, 96.

Santos, N. C., Lovis, C., Pace, G., Melendez, J., Naef, D., 2009, Metallicities for 13 Nearby Open Clusters from High-Resolution Spectroscopy of Dwarf and Giant Stars-Stellar Metallicity, Stellar Mass, and Giant Planets, *Astronomy and Astrophysics*, 493, 309.

Santos, N. C., Lovis, C., Melendez, J., Montalto, M., Naef, D., Pace, G., 2012, Metallicities for Six Nearby Open Clusters from High-Resolution Spectra of Giant Stars-[Fe/H] Values for a Planet Search Sample, *Astronomy and Astrophysics*, 538, A151.

Sariya, K., Srisawan, N., Thongsat, N., Thiraphattaraphun, L., 2022, Spray-Dried Anthocyanins from Butterfly Pea Flower as Color Indicator, *Journal of Physics: Conference Series*, 2175, 8.

Sariya, D. P., Jiang, Ing-G., Bisht, D., Yadav, R. K. S., Rangwal, G., 2023, A Gaia Based Analysis of Open Cluster Berkeley 27, *New Astronomy*, 98, 101938.

Sarro, L. M., Bouy, H., Bertin, E., Moraux, E., 2014, VizieR Online Data Catalog: Pleiades Cluster Membership Probabilities, *VizieR On-line Data Catalog*, 563, A45.

Sartoretti, P., Katz, D., Cropper, M., Panuzzo, P., Seabroke, G. M., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2-Processing the Spectroscopic Data, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A6.

Schneider, H., 1985, Stromgren Photometry of Open Clusters. I-NGC 6281, NGC 6405, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 61, 45.

Sestito, P., Randich, S., 2005, Time Scales of Li Evolution: A Homogeneous Analysis of Open Clusters from ZAMS to late-MS, *Astronomy and Astrophysics*, 442, 615.

Shah, N., Singh, K. P., Subramaniam, A., 2020, A Multiwavelength View of the Open Cluster NGC 2527: Discovery of Active Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 493, 5565.

Shapley, H., 1916, Studies Based on the Colors and Magnitudes in Stellar Clusters. I. The General Problem of Clusters, *Contributions of the Mount Wilson Solar Observatory,* 115, 22.

Shapley, H., 1917, Studies Based on the Colors and Magnitudes in Stellar Clusters. I, II, III., *Astrophysical Journal*, 45, 118.

Shara, M. M., Madore, B. F., 2010, The Structure and Evolution of Open Clusters, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 48, 341.

Siegel, M. H., LaPorte, S. J., Porterfield, B. L., Hagen, L. M., Gronwall, C. A., 2019, The Swift UVOT Stars Survey. III. Photometry and Color–Magnitude Diagrams of 103 Galactic Open Clusters, *The Astronomical Journal*, 158, 35.

Sim, G., Lee, S. H., Ann, H. B., Kim, S., 2019, 207 New Open Star Clusters Within 1 kpc from Gaia Data Release 2, *Journal of the Korean Astronomical Society*, 52, 145.

Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., Weinberg, M. D., Schneider, S., Carpenter, J. M., Beichman, C., Capps, R., 2006, The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal*, 131, 1163.

Smiljanic, R., Gauderon, R., North, P., Barbuy, B., Charbonnel, C., Mowlavi, N., 2009, CNONa and 12C/13C in Giants of 10 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 502, 267.

Somers, G., Pinsonneault, M. H., 2014, A Tale of Two Anomalies: Depletion, Dispersion, and the Connection between the Stellar Lithium Spread and Inflated Radii on the Pre-Main Sequence, *The Astrophysical Journal*, 790, 72.

Soubiran, C., Cantat-Gaudin, T., Romero-Gomez, M., Casamiquela, L., Jordi, C., Vallenari, A., Antoja, T., Balaguer-Núñez, L., 2018, Open Cluster Kinematics with Gaia DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 619, A155.

Sparke, L. S., Gallagher III, J. S., 2007, Galaxies in the Universe: an Introduction, *Cambridge University Press*.

Spina, L., Ting, Y. S., De Silva, G. M., ve diğ., 2021, The GALAH Survey: Tracing the Galactic Disc with Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 503, 32.

Steinmetz, M., Zwitter, T., Siebert, A., ve diğ., 2006, The Radial Velocity Experiment (RAVE): First Data Release, *The Astronomical Journal*, 132, 1645.

Sung, H., Bessell, M. S., Chun, M. Y., 2004, The Initial Mass Function and Young Brown Dwarf Candidates in NGC 2264. I. The Initial Mass Function around S Monocerotis, *The Astronomical Journal*, 128, 1684.

Şahin, T., Bilir, S., 2020, On the Origin of Metal-poor Stars in the Solar Neighborhood, *The Astrophysical Journal*, 899, 41.

Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., ve diğ., 2021. 3D Kinematics and Age Distribution of the Open Cluster Population, *Astronomy and Astrophysics*, 647, A19.

Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., Castro-Ginard, A., Olivares, J., Miret-Roig, N., Galli, P., 2022, Structural Parameters of 389 Local Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 659, A59.

Taşdemir, S., Yontan, T., 2023, Analysis of the Young Open Cluster Trumpler 2 Using Gaia DR3 data, *Physics and Astronomy Reports*, 11, 1.

Terrell, D., Gross, J., Cooney Jr, W. R., 2021, Analysis of the Open Cluster NGC 2281, *Galaxies*, 9, 7.

Trumpler, R. J., 1925, Spectral Types in Open Clusters, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 37, 220.

Trumpler, R. J., 1930, Preliminary Results on the Distances, Dimensions and Space Distribution of Open Star Clusters, *University of California Press*, 420, 154.

Turner, D. G., 1992, Galactic Clusters with Associated Cepheid Variables. III. NGC 1647 and SZ Tauri.

Tutukov, A. V., Sizova, M. D., Vereshchagin, S. V., 2020, Formation of Stellar Streams Due to the Decay of Star Clusters, OB Associations, and Galaxy Satellites, *Astronomy Reports*, 64, 827.

Van den Bergh, S., 1958, Old Galactic Clusters. *Zeitcshript für Astrophysik*, 46, 176.

Van Maanen, A., 1945, Investigations on Proper Motion. XXIV. Further Measures in the Pleiades Cluster, *The Astrophysical Journal*, 102, 26.

Vande Putte, D., Garnier, T. P., Ferreras, I., Mignani, R. P., Cropper, M., 2010, A Kinematic Study of Open Clusters: Implications for Their Origin, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 407, 2109.

Vasilevskis, S., Klemola, A., Preston, G., 1958, Relative Proper Motions of Stars in the Region of the Open Cluster NGC 6633, *Astronomical Journal*, 63, 387.

Vasilevskis, S., Balz, A. G. A., 1959, Relative Proper Motions of Stars in the Region of the Open Cluster NGC 2281, *Astronomical Journal*, 64, 170.

Vasquez, S., Zoccali M., Hill, V., Renzini, A., Gonzalez, O. A., Gardner, E., Debattista, V. P., Robin, A. C., 2013, 3D Kinematics Through the X-Shaped Milky Way Bulge, *Astronomy and Astrophysics*, 555, A91.

Vázquez, R. A., May, J., Carraro, G., Bronfman, L., Moitinho, A., Baume, G., 2008, Spiral Structure in the Outer Galactic Disk. I. The Third Galactic Quadrant, *The Astrophysical Journal*, 672, 930.

Velčovský, J., Janík, J., 2017, Complex Study of the Open Cluster NGC 2281, *Proceedings of the International Astronomical Union*, 12, 273.

Vicente, B., 2008, CdC-SF: Proper Motion Catalogue from Carte du Ciel plates, San Fernando Zone, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 34, 25.

Vivas, A. K., Zinn, R., Gallart, C., 2006, Structure of the Halo of the Milky Way, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 25, 37.

Wallerstein, G., Conti, P., 1964, The Chemical Composition of Yellow Giants in Six Galactic Clusters, *Astrophysical Journal*, 140, 858.

Wielen, R., 1971, The Age Distribution and Total Lifetimes of Galactic Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 13, 309

Wyse, R.F.G., Gilmore, G., 1989, Is the Galaxy Round, *Comments on Astrophysics*, 13, 135.

Xin, Y., Deng, L., Han, Z. W., 2007, Blue Straggler Stars in Galactic Open Clusters and the Simple Stellar Population Model, *The Astrophysical Journal*, 660, 319.

Xinhua, G., 2023, Spatial Structure and Dynamical State of the Old Open Cluster Collinder 261 Based on A Clustering Method, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 75, 82.

Yeh, F. C., Carraro, G., Montalto, M., Seleznev, A. F., 2019, Ruprecht 147: A Paradigm of Dissolving Star Cluster, *The Astronomical Journal*, 157, 115.

Yontan, T., Çakmak, H., Bilir, S., Banks, T., Raúl, M., Canbay, R., ve diğ., 2022, A Study of the NGC 1193 and NGC 1798 Open Clusters Using CCD UBV Photometric and Gaia EDR3 Data, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 582, 333.

Yontan, T., 2023, An Investigation of Open Clusters Berkeley 68 and Stock 20 Using CCD UBV and Gaia DR3 Data, *The Astronomical Journal*, 165, 79.

Yontan, T., Bilir, S., Çakmak, H., Michel, R., Banks, T., Soydugan, E., Canbay, R., Taşdemir, S., 2023, CCD UBV and Gaia DR3 Based Analysis of NGC 189, NGC 1758 and NGC 7762 Open Clusters, *Advances in Space Research*, 72, 1454.

Yontan, T., Canbay, R., 2023, Comprehensive Analysis of the Open Cluster Collinder 74, *Physics and Astronomy Reports*, 12, 65.

York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., ve diğ., 2000, The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, *The Astrophysical Journal*, 120, 1579.

Yoshii, Y., 1982, Density Distribution of Faint Stars in the Direction of the North Galactic Pole, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 34, 365.

Yoshizawa, M., 1978, Study of the Intermediate-age Galactic Cluster NGC 2281. I. UBV Photoelectric Observations, Binary Frequency, and the Luminosity Function of Bright Members, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 30, 123.

Zacharias, N., Finch, C., Frouard, J., 2017, UCAC5: New Proper Motions Using Gaia DR1, *The Astronomical Journal*, 153, 166.

Začs, L., Alksnis, O., Barzdis, A., Laure, A., Musaev, F. A., Bondar, A., Sperauskas, J., 2011, Spectroscopy of Red Giants in the Open Clusters NGC 1545 and Tr2, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 417, 649.

Zdanavicius, J., Straizys, V., Chen, C. W., ve diğ., 2005, Seven-color Photometry of the Open Cluster NGC 1647 Area, *Baltic Astronomy*, 14, 179.

Zhang, J., Zhao, J., Oswalt, T. D., Fang, X., Zhao, G., ve diğ., 2019, Stellar Chromospheric Activity and Age Relation from Open Clusters in the LAMOST Survey, *The Astrophysical Journal*, 887, 84.

Zhang, Y., Tang, S. Y., Chen, W. P., Pang, X., Liu, J. Z., 2020, Diagnosing the Stellar Population and Tidal Structure of the Blanco 1 Star Cluster, *The Astrophysical Journal*, 889, 99.

Zhang, J., Zhao, J., Oswalt, T. D., Liang, X., Ye, X., Zhao, G., 2021, Nearly 30,000 Late-Type Main-Sequence Stars with Stellar Age from LAMOST DR5, *The Astrophysical Journal*, 908, 207.

Zhang, R., Lucatello, S., Bragaglia, A., Carrera, R., ve diğ., 2021, Stellar Population Astrophysics (SPA) with TNG-Atmospheric Parameters of Members of 16 Unstudied Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 654, A77.

Zhong, J., Chen, L., Kouwenhoven, M. B. N., Li, L., Shao, Z., Hou, J., 2019, Substructure and Halo Population of Double Cluster h and χ Persei, *Astronomy and Astrophysics*, 624, A34.

Zhong, J., Chen, L., Wu, D., Li, L., Bai, L., Hou, J., 2020, Exploring Open Cluster Properties with Gaia and LAMOST, *Astronomy and Astrophysics*, 640, A127.

Zhong, J., Chen, L., Jiang, Y., Qin, S., Hou, J., 2022, New Insights into the Structure of Open Clusters in the Gaia Era, *The Astronomical Journal*, 164, 54.

Zhou, J. L., Xie, J. W., Liu, H. G., Zhang, H., Sun, Y. S., 2012, Forming Different Planetary Systems, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 128, 1081.

Zwintz, K., Moravveji, E., Pápics, P. I., Tkachenko, A., Przybilla, N., ve diğ., 2017, A Comprehensive Study of Young B Stars in NGC 2264 I. Space Photometry and Asteroseismology, *Astronomy and Astrophysics*, 601, 101.

EKLER

Tablo EK 1: Tez çalışmasında incelenen 10 açık kümenin literatür bilgileri.

NGC 1528						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	$\mu_\alpha \cos\delta$ **(mas/yıl)**	μ_δ **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	367±186	---	--	1.810±1.680	-2.440±1.210	001
---	776	---	---	1.400±1.700	-1.500±1.700	002
0.260	1090	---	398	0.900±0.070	-1.080±0.070	003
---	776	----	360	1.810	-2.440	004
---	776	---	---	0.510±0.180	-3.630±0.160	005
0.240	776	---	269	1.670±0.310	-2.460±0.280	006
0.300	771	-0.27	372	---	---	007
---	776	---	370	1.300±0.800	−0.900±0.800	008
0.240	776	---	269	---	---	009
---	---	−0.130±0.100	---	---	---	010
---	1090±218	---	398±100	1.370±0.400	-1.400±0.400	011
0.250	950	---	355	1.200±0.210	-1.380±0.210	012
---	1090	-0.130	398	---	---	013
---	---	---	---	0.900±1.470	-1.080±1.400	014
---	776	---	269	1.670±0.310	-2.460±0.280	015
0.265±0.036	795	---	344±96	-2.074±0.348	1.130±0.409	016
0.260	1090	---	398	---	---	017
0.096±0.323	689±10	−0.090±0.110	871±84	2.080±0.190	−1.710±0.160	018
---	1024	---	---	2.181±0.010	-2.246±0.009	019
0.256±0.020	686	0.000	394±35	---	---	020
0.282	907	---	214	---	---	021
---	---	-0.145	365	---	---	022
---	1044±63	0.250	288±17	2.161±0.277	-2.232±.0.232	023
0.251±0.069	954±154	-0.310±0.080	110	---	---	024
---	1024	---	---	2.181±0.010	-2.246±0.009	025
0.265	1067	---	295	2.181±0.156	-2.246±0.127	026
0.256	989	-0.191±0.140	394	2.181±0.156	-2.246±0.127	027
---	---	---	---	2.227	-2.174	028
0.250	1024	---	389	2.181	-2.246	029
---	1067	---	295	2.136±0.127	-2.284±0.101	030
0.292	1053±143	---	295±141	2.165±0.217	-2.232±0.209	031
0.323	971±31	0.117±0.102	385±56	2.182±0.178	-2.250±0.156	032
---	1042	---	309	2.133±0.083	-2.273±0.064	033
---	---	-0.129±0.030	---	---	---	034
0.258	990	0.000	394	2.146 ±0.007	−2.298 ±0.007	035
0.323	612	0.117	385	2.182	-2.250	036
0.296	996±1	---	209±123	2.149±0.007	-2.304±0.007	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (005) Loktin ve Beshenov (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (007) Xin ve diğ. (2007), (008) Frinchaboy ve Majewski (2008), (009) Kharchenko ve diğ. (2009), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (012) Kharchenko ve diğ. (2012), (013) Gozha ve diğ. (2012), (014) Dias ve diğ. (2014), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (022) Zhang ve diğ. (2019), (023) Liu ve diğ.(2019), (024) Peña ve diğ. (2019), (025) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (028) Sánchez ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (034) Fu ve diğ. (2022), (035) Bhattacharya ve diğ. (2022), (036) Cordoni ve diğ. (2023), (037) Hunt ve Reffert (2023)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 1545						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	403±162	---	--	0.450±1.180	-3.120±0.780	001
0.303	711	-0.130±0.080	281	-0.220±0.090	-1.520±0.100	003
---	---	-0.060±0.090	190	---	---	038
0.303	711	-0.090	280	0.450	-3.120	004
---	711	---	---	-0.040±0.280	0.790±0.370	005
0.300	711	---	141	-1.630±0.770	-1.000±0.450	006
0.300	711	-0.060	282	---	---	007
---	---	−0.130±0.070	---	---	---	010
---	711±142	-0.060±0.090	281±70	0.250 ±0.700	0.200 ±0.700	011
0.307	711	-0.060	141	---	---	039
0.354	863	-0.060	646±1	-0.440±0.470	1.460±0.470	012
0.354	863	-0.060±0.090	646	-0.440	1.460	040
---	870±70	-0.060	280±70	---	---	041
0.354	863	---	646±25	---	---	042
0.307±0.018	731	---	276±1	-1.174±0.417	1.228±0.460	016
0.380	---	-0.040±0.030	---	---	---	043
---	724±23	---	---	−2.260±0.170	0.450±0.180	018
---	717	---	---	-1.957±0.016	-0.082±0.014	019
---	863	---	646	---	---	044
---	---	---	---	0.120±1.840	-1.770±1.820	045
0.296±0.015	458±10	-0.060	104±4	---	---	020
0.300	706	---	317	---	---	021
---	---	-0.001	664	---	---	046
---	742±31	0.250	66	-1.975±0.280	-0.093±0.181	023
0.251±0.069	954±154	-0.310±0.080	251	---	---	024
---	---	----	---	-1.957	-0.082	025
0.248	732	---	110	-1.957±0.159	-0.082±0.126	026
0.296	699	0.021±0.112	104±4	-1.957± 0.159	-0.082 ±0.126	027
---	3730±1200	---	646±1	-0.91±1.71	-0.540±0.660	047
0.290	717	---	102	-1.957	-1.367	029
---	732	---	109	-2.042±0.130	-0.126±0.110	030
---	---	---	104	---	---	048
0.319±0.010	737±73	---	110±53	-1.964±0.204	-0.112±0.199	031
0.350	705±24	0.075±0.168	208±142	-1.965±0.195	-0.088±0.167	032
---	718	---	120	-2.030±0.086	-0.108±0.070	033
---	---	0.039	---	---	---	034
---	---	-0.300	---	---	---	049
0.318±0.062	696	---	99±69	-2.022±0.012	-0.134±0.011	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (005) Loktin ve Beshenov (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (007) Xin ve diğ. (2007), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (012) Kharchenko ve diğ. (2012), (016) Loktin ve Popova (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ.(2019), (024) Peña ve diğ. (2019), (025) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (034) Fu ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (038) Hou ve diğ. (2002), (039) Začs ve diğ. (2011), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (041) Netopil ve diğ. (2016), (042) Joshi ve diğ. (2016), (043) Netopil (2017), (044) Dib ve diğ. (2018), (045) Dias ve diğ. (2018), (046) Zhang ve diğ. (2019), (047) Poovelil ve diğ. (2020), (048) Hu ve diğ. (2021), (049) Contursı ve diğ. (2023)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 1647						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	654±355	---	--	-1.370±0.970	-1.020±0.770	001
---	540	---	---	-1.800±1.400	-2.100±1.400	002
0.410	933	---	166	---	---	050
0.370	540	---	144	-0.740±0.000	-0.570±0.040	003
---	540	----	140	-1.370	-1.020	004
---	540	---	---	-1.870±0.180	-2.230±0.150	051
0.320	539	---	91	-1.430±0.230	-1.830±0.180	006
---	---	---	---	-0.540±0.190	-2.640±0.190	052
0.360±0.030	492±69	---	130±25	---	---	053
0.370	---	----	145	---	---	054
0.070	---	---	130±25	----	---	055
---	540±108	---	144±36	-1.770±0.290	-2.000±0.290	011
0.350	564±106	---	95	---	---	056
0.354	572	---	200±28	-1.940	-3.560	040
0.370	540	---	145	–1.130±1.350	–1.270±1.240	057
0.385±0.049	542	---	144±25	0.014±0.310	-7.416±0.349	016
---	532±11	---	200	−0.970±0.090	−1.660±0.120	018
---	587	---	---	-1.057±0.011	-1.502±0.011	019
---	---	---	---	−0.850	−1.110	058
---	---	---	---	-0.310±0.120	-2.060±0.100	045
0.338	594	---	386	---	---	021
--	---	0.025±0.072	200	---	---	046
---	589±26	0.500	98±6	-1.036±0.329	-1.503±0.304	023
0.207	635	---	363	-1.057±0.253	-1.502±0.236	026
0.354	572	-0.011±0.055	200	-1.057±0.253	-1.502±0.236	027
0.370	587	---	141	-1.057	-1.502	029
---	635	---	363	-1.084±0.214	-1.542±0.218	030
0.401±0.007	596±58	---	200±50	-1.002±0.375	-1.492±0.316	031
---	600±31	---	363	-1.046±0.275	-1.520±0.261	059
0.435	576±5	0.119±0.077	256±110	-1.045±0.283	-1.525±0.271	032
0.206	---	---	363	---	---	060
---	625	---	389	-1.074±0.133	-1.541±0.122	033
0.206	635	-0.057±0.028	360	−1.060±0.250	−1.500±0.240	061
---	---	0.016±0.010	---	---	---	034
---	---	-0.240	---	---	---	049
0.435±0.063	577	---	209±123	-1.091±0.009	-1.531±0.009	037
0.418	565±93	0.003	263	−1.120±0.410	−1.550±0.340	062
0.450 ±0.080	---	0.100±0.230	200 ±48	−1.080 ±0.150	−1.540±0.170	063

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (016) Loktin ve Popova (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ.(2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (034) Fu ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (045) Dias ve diğ. (2018), (046) Zhang ve diğ. (2019), (049) Contursı ve diğ. (2023), (050) Kalirai ve diğ. (2001), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (052) Dias ve diğ. (2006), (053) Paunzen ve Netopil (2006), (054) Ahumada ve Lapasset (2007), (055) Hancock ve diğ. (2008), (056) Guerrero ve diğ. (2011), (057) Kurtenkov ve diğ. (2016), (058) Sánchez ve diğ. (2018), (059) Spina ve diğ. (2021), (060) Jadhav ve Subramaniam (2021), (061) Carrera ve diğ. (2022), (062) Long ve diğ. (2023), (063) Angelo ve diğ. (2023)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 2215						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
0.260	790	-0.400±0.100	708	1.410±0.600	-6.210±0.280	003
---	1293	---	---	0.870±0.800	-4.850±0.600	005
0.300	1293	---	269	2.440±0.380	-5.590±0.490	006
---	---	---	---	3.180± 0.91 0	−7.250±0.930	064
---	1293±259	---	234±58	2.610±0.580	-5.600±0,580	011
0.354	1141	---	355	1.530	-5.570	040
---	---	---	---	1.100±0.100	-5.590±0.910	014
0.260±0.040	790±90	−0.400± 0.100	708±183	1.200±0.400	-5.300±0.400	065
0.230±0.070	830±30	−0.400±0.270	630±80	---	---	066
0.309	1514	---	366	1.410±0.600	-6.210±0.280	016
0.300	1293	---	234	---	---	017
---	763±151	---	---	0.190±0.290	−3.120±0.340	018
---	953^{+2}_{-3}	---	---	0.436±0.015	-3.673±0.016	019
---	---	---	---	0.660±0.100	-2.160±1.850	045
0.278±0.009	624±10	-0.400	611^{+82}_{-151}	---	---	020
0.162	897	---	718	---	---	021
---	986±48	-0.500±0.125	1180±71	0.383±0.292	-3.649±0.274	023
0.152	978	---	692	0.436±0.114	-3.673±0.124	026
0.260	953	---	708	0.436	-3.673	029
---	978	---	692	0.427±0.077	-3.675±0.083	030
---	981±57	-0.087±0.064	692	0.428±0.143	-3.669±0.159	059
0.213	897±25	0.051±0.125	752±55	0.427±0.171	-3.667±0.176	032
0.152	786	---	---	---	---	060
---	959	---	708	0.420±0.047	-3.655±0.053	033
---	---	-0.070±0.100	692	---	---	067
0.187±0.056	925	---	450±281	0.407±0.010	-3.692±0.011	037

(003) Dias ve diğ. (2002), (005) Loktin ve Beshenov (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (014) Dias ve diğ. (2014), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ.(2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (045) Dias ve diğ. (2018), (059) Spina ve diğ. (2021), (060) Jadhav ve Subramaniam (2021), (064) Vicente (2008), (065) Fitzgeraldve diğ. (2015), (066) Akkaya ve diğ. (2015), (067) Ray ve diğ. (2022)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 2264						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	340±72	---	--	-0.520±0.650	-4.470±0.440	001
---	667	---	---	-1.100±2.000	-3.800±2.000	002
0.060	753	---	9.772	---	---	068
0.051	667	-0.150	8.900	-0.460±0.030	-2.870±0.050	003
---	667	---	0	-0.520	-4.470	004
---	667	---	---	-0.630±0.140	-3.880±0.180	051
0.040	660	---	6.400	-2.700±0.250	-3.500±0.260	006
0.050	670	---	10	---	---	069
---	---	−0.080±0.080	---	---	---	010
---	667±133	-0.150	9±2	-1.130±0.380	-3.800±0.380	011
0.146	650	-0.150	5.600	-2.050±0.330	-3.600±0.330	040
---	667	-0.130	9	---	---	070
---	660	---	6.400	-2.700±0.250	-3.500±0.260	015
0.051±0.004	658	---	8.995±0.515	0.359±0.201	-2.034±0.209	016
0.050	667	---	8.912	---	---	017
---	725±58	---	---	−0.510±0.300	−3.680±0.280	018
---	---	---	---	-0.850±1.690	-3.220±1.620	045
0.161	730	---	12.600	---	---	021
---	738^{+23}_{-21}	---	---	−1.760±0.080	−3.720±0.070	071
0.080±0.010	738±27	---	6.200±1.400	-1.796±0.040	-3.651±0.011	072
0.050	742±29	---	6.300±0.840	-1.730±0.090	-3.800±0.100	073
---	723^{+56}_{-49}	---	---	-1.690±0.031	-3.727±0.017	025
0.075	723±57	0.110±0.020	5±4	---	---	074
0.255	707	---	28	-1.690±0.508	-3.727±0.251	026
0.146	723	-0.052±0.343	6.750	-1.690±0.508	-3.727±0.251	027
---	---	-0.170±0.060	10	-1.630±0.120	-3.580±0.100	075
0.030±0.070	710	---	3	---	---	076
---	695	---	28	---	---	077
0.050	723	---	8.912	-1.690	-3.727	029
---	707	---	28	-1.622±0.200	-3.698±0.192	030
---	743±50	---	28	-1.639±0.356	-3.748±0.225	059
0.130±0.026	702±7	-0.184±0.110	7±1	-1.710±0.388	-3.742±0.218	032
---	707	−0.100±0.030	3.161	---	---	079
---	---	-0.151±0.073	27.540	---	---	034
---	710	-0.130	27.500	---	---	080
0.209±0.066	700	---	4.954±1.791	-1.617±0.009	-3.644±0.012	037
---	---	−0 .100	$6.780^{+0.500}_{-0.520}$	---	---	081
0.106±0.035	692±6	0.041±0.046	5.546±1.061	---	---	082

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (021) Kounkel ve Covey (2019), (025) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (034) Fu ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (045) Dias ve diğ. (2018), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (059) Spina ve diğ. (2021), (068) Lata ve diğ. (2002), (069) Clariá ve diğ. (2007), (070) Marsakov ve diğ. (2016), (071) Kuhn ve diğ. (2019), (072) Dias ve diğ. (2019), (073) Hetem ve Gregorio-Hetem (2019), (074) Baratella ve diğ. (2020), (075) Donor ve diğ. (2020), (076) Jackson ve diğ. (2020), (077) Tarricq ve diğ. (2021), (079) Randich ve diğ. (2022), (080) Netopil ve diğ. (2022), (081) Jeffries ve diğ. (2023), (082) Almeida ve diğ. (2023)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 2281						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	1333±1173	---	--	-2.780±0.740	-7.590±0.500	001
---	558	---	---	-4.500±1.500	-7.900±1.500	002
0.063	558	0.130±0.110	358	-2.480±0.100	-6.760±0.120	003
0.063	558	0.130	350	-2.780	-7.590	004
---	558	---	---	-3.690±0.220	-7.400±0.180	051
0.060	558	---	501	-4.130±0.180	-7.740±0.250	006
0.080±0.020	488±48	---	431±105	---	---	053
---	---	−0.070±0.100	---	---	---	010
---	558±112	0.130±0.110	358±90	-4.490±0.250	-7.900±0.250	011
0.065	500	0.130±0.110	610±31	-3.750±0.240	-7.000±0.240	040
0.060	558	---	355	–3.920±0.910	–8.210±0.920	057
0.064±0.013	563	---	360±16	-0.756±0. 121	-2.204±0.120	016
0.093±0.019	419±19	−0.140±0.110	708±68	−3.960±0.140	−8.050±0.140	018
---	519+28-26	---	---	-2.946±0.015	-8.321±0.015	019
---	550	0.110	500	---	---	083
---	---	---	---	-0.890±2.830	-4.750±3.430	045
$0.044^{+0.009}_{-0.005}$	463±10	0.130	601^{+35}_{-93}	----	----	020
0.150	416	0.000	631	---	---	084
0.114	517	---	275	---	---	021
	522±12	---	---	−2.947±0.014	−8.344±0.014	085
0.029	544	---	617	-2.946±0.274	-8.321±0.257	026
0.044	519	-0.085±0.112	878	-2.946±0.274	-8.321±0.257	027
0.115±0.011	420	−0.100±0.080	513±40	---	---	086
0.060	519	---	355	-2.946	-8.321	029
---	544	---	617	-2.979±0.193	-8.281±0.213	030
---	537	0.013	630	---	---	087
---	---	0.119	603	---	---	088
0.109±0.007	530±41	---	617±294	-2.954±0.297	-8.316±0,266	031
0.137	518±2	-0.037±0.061	590±89	-2.953±0.299	-8.309±0.301	032
0.030	522	---	617	---	---	060
---	537	---	631	-2.974±0.122	-8.275±0.137	033
0.029	544	0.020±0.183	620	−2.950±0.270	−8.320±0.260	061
---	---	-0.015±0.007	---	---	---	034
---	---	-0.250	---	---	---	049
0.137	426	-0.037	590	-2.953	-8.309	036
0.070±0.040	509	---	274±220	-2.980±0.010	-8.278±0.010	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (016) Loktin ve Popova (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (034) Fu ve diğ. (2022), (036) Cordoni ve diğ. (2023), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (045) Dias ve diğ. (2018), (049) Contursı ve diğ. (2023), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (053) Paunzen ve Netopil (2006), (057) Kurtenkov ve diğ. (2016), (060) Jadhav ve Subramaniam (2021), (061) Carrera ve diğ. (2022), (083) Velčovský ve Janík (2018), (084) Siegel ve diğ. (2019), (085) Gao (2019), (086) Niu ve diğ. (2020), (087) Casamiquela ve diğ. (2021), (088) Zhang ve diğ. (2021)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 2423						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	294±133	---	--	2.590±1.310	-4.790±1.100	001
---	766	---	---	0.600±1.900	-2.600±1.900	002
0.097	766	0.140±0.060	736	-1.340±0.100	-0.910±0.180	003
---	---	0.070±0.072	575	---	---	089
0.097	766	0.200	730	2.590	-4.790	004
---	766	---	---	0.850±0.290	-2.830±0.320	051
0.100	766	---	955	-0.300±0.220	-2.280±0.190	006
---	766	---	736	−0.700 ± 0.400	−3.000± 0.400	008
---	766±153	0.140±0.060	736±184	0.505±0.280	-2.500±0.280	011
	766	0.140	740	---	---	090
0.100±0.010	790	0.110±0.100	1000	---	---	091
0.062	824	0.068±0.103	1059±34	-0.600±0.200	-2.890±0.200	040
---	---	0.080±0.070	---	---	---	092
---	---	0.080± 0.050	790±320	---	---	041
0.062	824	---	1059±35	---	---	042
---	766	0.080	736	---	---	070
---	766	---	955	-0.300±0.220	-2.280±0.190	015
0.099±0.020	785	---	732±1	-1.400±0.430	-3.021±0.485	016
0.090	---	0.060	---	---	---	043
0.100	766	---	741	---	---	017
---	935±32	---	1072	−0.820±0.110	−3.540±0.090	018
---	---	0.040±0.050	---	---	---	093
---	931-80+95	--	---	-0.735±0.008	-3.632±0.008	019
---	824	---	1059	---	---	044
---	---	---	---	-1.450±0.910	-1.110±2.710	045
0.094±0.004	814±10	0.080	979±3	---	---	020
0.100	891	0.100	955	---	---	084
0.114	850	---	928	---	---	021
---	961±44	0.500±0.125	912±55	-0.733±0.215	-3.629±0.199	023
---	931	---	---	-0.735±0.008	-3.632±0.008	025
0.116	943	---	1096	-0.735±0.124	-3.632±0.149	026
---	756±44	0.068 ± 0.103	1000	---	---	094
---	923	---	1122	---	---	077
---	943	---	1096	-0.747±0.114	-3.586±0.113	030
0.100	790	0.150	1000	---	---	095
---	---	---	979	---	---	048
0.095	924±14	0.122±0.038	1089±85	-0.729±0.166	-3.642±0.171	032
0.116	798	---	1096	---	---	060
---	923	---	1122	-0.753±0.070	-3.576±0.074	033
---	---	0.100±0.100	1096	---	---	067
---	910	0.080±0.050	1000	---	---	080
---	---	---	---	− 0.700	− 3.500	096
0.061	930	0.080	1174	−0.751 ±0.006	−3.579 ±0.006	035
0.095	806	0.122	1089	-0.729	-3.642	036
0.038±0.024	909	---	1183	-0.746±0.006	-3.582±0.006	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (008) Frinchaboy ve Majewski (2008), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ.(2019), (025) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (030) Poggio ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (035) Bhattacharya ve diğ. (2022), (036) Cordoni ve diğ. (2023), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (041) Netopil ve diğ. (2016), (042) Joshi ve diğ. (2016), (043) Netopil (2017), (044) Dib ve diğ. (2018), (045) Dias ve diğ. (2018), (048) Hu ve diğ. (2021), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (060) Jadhav ve Subramaniam (2021), (067) Ray ve diğ. (2022), (070) Marsakov ve diğ. (2016), (077) Tarricq ve diğ. (2021), (080) Netopil ve diğ. (2022), (089) Hou ve diğ. (2002), (090) Zhou ve diğ. (2012), (091) Netopil ve Paunzen (2013), (092) Heiter ve diğ. (2014), (093) Blanco-Cuaresma ve Fraix-Burnet (2018), (094) Glaser ve diğ. (2020), (095) Jadhav ve diğ. (2021), (096) Flynn ve diğ. (2021)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 2527						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
0.080	610	---	850	---	---	097
---	671±518	---	--	-6.450±0.600	7.180±0.840	001
---	601	---	---	-4.100±2.900	6.400±2.900	002
0.038	601	-0.100±0.040	446	-1.950±0.200	0.650±0.240	003
---	---	-0.085±0.090	1000	---	---	089
0.038	601	-0.090	440	---	---	004
---	601	---	---	-4.950±0.360	7.210±0.320	051
0.040	601	---	708	-5.360±0.320	6.610±0.290	006
0.070±0.030	581±29	---	619±163	---	---	053
0.040	---	---	447	---	---	054
---	601	---	446	-3.900±1.400	6.500±1.200	008
---	---	-0.060±0.040	---	---	---	010
---	601±120	-0.090	446±111	-4.090±0.550	6.400±0.550	011
---	601	-0.060	446	---	---	098
0.040	642	0.208±0.110	813±60	-5.320±0.390	5.940±0.390	040
---	---	-0.100±0.040	650±170	---	---	041
0.040	642	---	813±60	---	---	042
---	601	-0.100	446	---	---	070
0.050±0.070	630±77	-0.100	---	---	---	099
---	601	---	708	-5.360±0.320	6.610±0.290	015
0.037	638	---	451	-4.116±0.908	5.046±0.888	016
0.040	601	---	447	---	---	017
0.077±0.016	499±10	−0.260 ± 0.110	1072±102	−5.380±0.080	7.370±0.080	018
0.077	639^{+82}_{-39}	−0.260 ±0.110	1000	-5.549±0.015	7.275±0.012	019
---	---	---	---	-3.500±1.320	3.750±2.630	045
0.063±0.005	523±10	-0.100	830^{+44}_{-19}	---	---	020
0.080	667	---	668	---	---	021
---	649±18	0.250±0.125	871±52	-5.598±0.235	7.288±0.203	023
---	---	-0.100±0.050	---	---	---	100
0.116	664	---	692	-5.549±0.229	7.275±0.212	026
0.130	642±30	---	630	---	---	101
0.060±0.010	572±6	---	830±48	---	---	102
0.060	639	---	813	-5.549	7.275	029
---	664	---	692	-5.561±0.168	7.331±0.154	030
0.068±0.009	649±51	---	692±330	-5.571±0.214	7.296±0.210	031
0.074	630±8	-0.019±0.045	800±166	-5.554±0.273	7.282±0.221	032
0.116	562	---	692	--	---	060
---	654	---	724	-5.564±0.104	7.311±0.113	033
---	---	-0.110±0.160	692	---	---	067
0.046	532	−0.100±0.040	938±57	---	---	103
---	570	-0.110±0.040	832	---	---	080
0.062	572	-0.100	829	−5.543 ±0.010	7.319 ±0.009	035
0.075	566	-0.019	800	-5.554	7.282	036
0.035±0.024	624	---	820	-5.569±0.009	7.331±0.010	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (008) Frinchaboy ve Majewski (2008), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ. (2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (035) Bhattacharya ve diğ. (2022), (036) Cordoni ve diğ. (2023), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (041) Netopil ve diğ. (2016), (042) Joshi ve diğ. (2016), (045) Dias ve diğ. (2018), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (053) Paunzen ve Netopil (2006), (054) Ahumada ve Lapasset (2007), (060) Jadhav ve Subramaniam (2021), (067) Ray ve diğ. (2022), (070) Marsakov ve diğ. (2016), (080) Netopil ve diğ. (2022), (089) Hou ve diğ. (2002), (097) Dutra ve Bica (2000), (098) Gozha ve diğ. (2012), (099) Raddi ve diğ. (2016), (100) Reddy ve Lambert (2019)), (101) Shah ve diğ. (2020), (102) Nardiello ve diğ. (2020), (103) Li ve Shao (2022)

Tablo EK 1 (devam):

NGC 6281						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	540±248	---	--	-3.410±0.880	-5.100±0.510	001
---	479	---	---	-3.400±2.500	-3.600±2.500	002
0.148	479	0.000	314	-2.140±0.340	-2.970±0.450	003
---	479	---	---	-3.250±0.150	-5.030±0.140	051
0.150	494	---	324	-2.960±0.230	-3.750±0.230	006
---	---	0.000±0.060	---	---	---	010
---	479±96	0	314±79	-3.430±0.550	-3.600±0.550	011
0.192	512	0	316±49	-2.960	-3.750	040
---	---	0.060± 0.060	---	---	---	092
---	479	0.060	314	---	---	070
0.150	479	---	316	–1.920± 2.400	–2.510±3.400	057
---	494	---	324	-2.960±0.230	-3.750±0.230	015
0.149±0.028	497	---	313±1	-6.478±1.367	-3.407±1.594	016
0.203±0.023	325±10	−0.380±0.070	631±145	−2.040±0.260	−2.810±0.320	018
---	---	---	---	-1.500±0.530	-3.440±0.140	045
0.203	584	---	117	---	---	021
---	531±20	0.250±0.125	269±16	-1.897±0.430	-3.989±0.363	023
0.097	539	---	513	-1.856±0.297	-4.017±0.236	026
0.140	526	---	309	-1.856	-4.017	029
---	539	---	513	-1.886±0.256	-4.048±0.216	030
0.162±0.007	532±41	---	300±100	-1.861±0.261	-4.009±0.274	031
0.204	523±7	0.042±0.058	328±72	-1.871±0.332	-4.005±0.282	032
---	532	---	513	-1.899±0.169	-4.049±0.130	033
---	539	−0.040±0.030	513	---	----	079
---	---	−0.060±0.100	513	---	---	067
---	540	0.060±0.060	251	---	---	080
---	---	-0.160	---	---	---	049
0.118±0.050	521	---	274	-1.881±0.011	-4.049±0.100	037

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (010) Paunzen ve diğ. (2010), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (018) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ. (2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (045) Dias ve diğ. (2018), (049) Contursı ve diğ. (2023), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (057) Kurtenkov ve diğ. (2016), (067) Ray ve diğ. (2022), (070) Marsakov ve diğ. (2016), (079) Randich ve diğ. (2022), (080) Netopil ve diğ. (2022), (092) Heiter ve diğ. (2014)

Tablo EK 1 (devam):

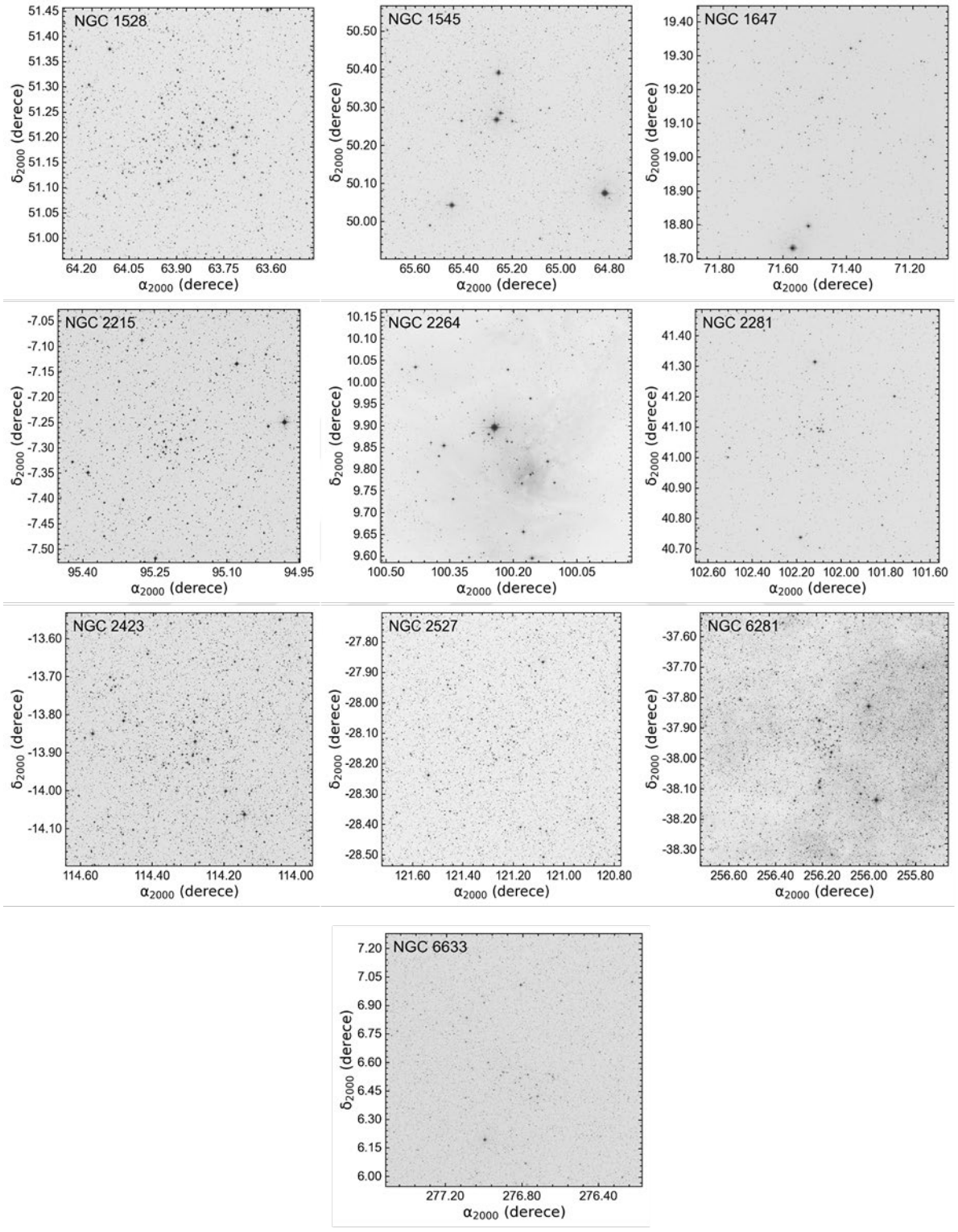
NGC 6633						
***E*(*B-V*)** **(kadir)**	***d*** **(pc)**	**[Fe/H]** **(dex)**	***t*** **(Myıl)**	**$\mu_\alpha \cos\delta$** **(mas/yıl)**	**μ_δ** **(mas/yıl)**	**Kaynak**
---	375±105	---	--	−0.010±0.660	−0.510±0.540	001
---	376	---	---	−0.200±1.500	−1.600±1.500	002
0.160	485	---	457	---	---	050
0.182	376	0.060±0.010	426	-2.270±0.080	−4.950±0.140	003
---	---	−0.010±0.064	660	---	---	089
---	---	−0.050±0.060	630±100	---	---	104
0.182	376	-0.010	420	-0.010	−0.510	004
---	376	---	---	0.230±0.110	−1.540±0.130	051
0.180	385	---	575	0.100±0.220	−2.000±0.240	006
---	---	−0.100	600	---	---	105
0.170	285	−0.110	631	---	---	007
0.180	388	+0.080	447	---	---	106
---	376±75	0.060±0.010	426±106	−0.210±0.310	−1.600±0.310	011
0.179	385	0.060±0.010	575	−0.300	−2.650	040
---	---	−0.080±0.120	---	---	---	092
---	---	---	---	-2.270±2.46	-4.950±4.07	014
---	---	-0.071±0.040	600	---	---	107
---	376±75	0.000±0.070	426	−0.210±0.310	−1.600±0.310	108
---	---	-0.080	520	---	---	041
---	376	-0.080	426	---	---	070
---	385	---	575	0.100±0.220	−2.000±0.240	015
---	414±7	---	---	1.450±0.060	-1.780±0.050	109
0.177±0.030	412	---	471±336	-3.982±0.305	-5.701±0.316	016
0.200	---	−0.040±0.060	---	---	----	043
0.180	376	---	427	---	----	017
---	411±11	−0.010±0.110	540^{+132}_{-102}	1.325±0.038	−1.698±0.029	110
---	---	---	---	1.158±0.020	−1.737±0.020	111
---	---	0.010±0.010	---	---	---	093
---	392±15	---	---	1.198±0.026	−1.811±0.020	019
---	---	−0.010±0.110	520±100	---	----	112
---	----	----	---	1.120±0.230	−1.750±0.100	113
0.180	384	−0.080	426	---	----	114
0.145±0.007	304±10	−0.080	773^{+10}_{-55}	---	---	020
0.151	406	---	626	---	---	021
---	398±9	0.500±0.125	501±30	1.200±0.374	−1.775±0.319	023
---	---	0.033±0.014	---	---	---	115
0.097	424	---	692	1.198±0.325	−1.811±0.297	026
0.145	392	−0.104±0.051	888	1.198±0.325	−1.811±0.297	027
---	---	−0.010±0.170	---	---	---	116
0.190	396	−0.100	600	1.198	−1.811	117
0.170	310	---	575	---	---	076
0.180	392	---	417	1.198	−1.811	029
---	424	---	692	1.267±0.329	−1.892±0.299	030
---	420	−0.043±0.005	710±80	---	---	087
0.180	394±2	---	426	---	---	118
0.173±0.013	392±38	---	692±330	1.110±0.497	-1.755±0.480	031
0.247	391±2	-0.094±0.064	607±60	1.195±0.361	-1.795±0.276	032
---	---	---	773	---	---	119
---	424	---	690	1.280±0.310	−1.860±0.270	120
---	420	---	708	1.237±0.198	-1.812±0.229	033
---	---	-0.030	692	---	---	121
0.145	301	-0.100	708	---	---	122
---	---	-0.097±0.014	---	---	---	034
---	394	---	426	1.242	−1.800	123
---	420	-0.020±0.100	692	---	---	080

Tablo EK 1 (devam):

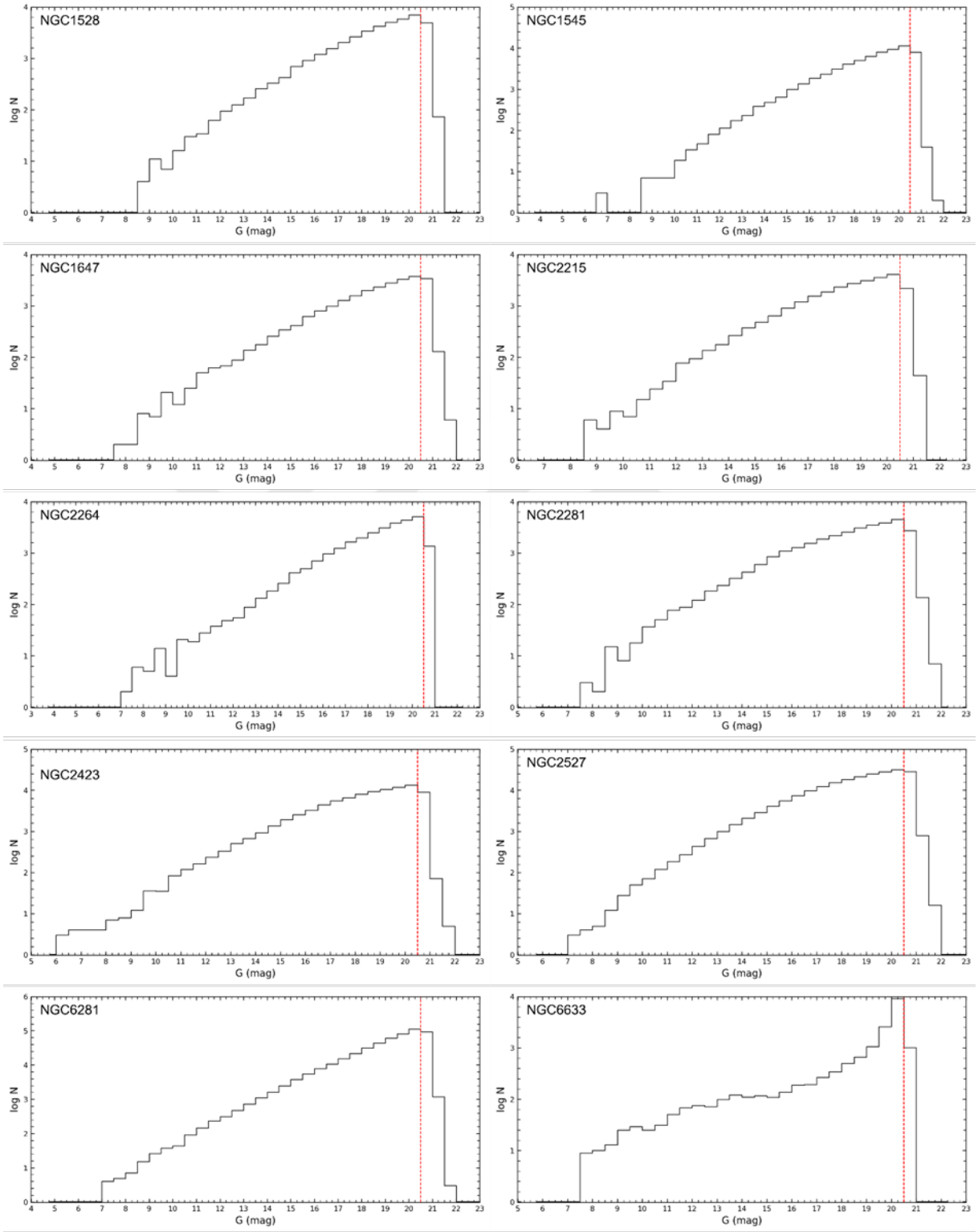
$E(B-V)$ (kadir)	d (pc)	[Fe/H] (dex)	t (Myıl)	$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	μ_δ (mas/yıl)	Kaynak
0.150±0.040	---	---	575±79	---	---	124
---	---	-0.240	---	---	---	049
0.125±0.046	390	---	472	1.204±0.017	-1.804±0.017	037
0.170	394±9	---	708	1.240±0.330	-1.810±0.280	125
---	---	0.100	631±76	---	---	126

(001) Baumgardt ve diğ. (2000), (002) Dias ve diğ. (2001), (003) Dias ve diğ. (2002), (004) Chen ve diğ. (2003), (006) Kharchenko ve diğ. (2005), (007) Xin ve diğ. (2007), (011) Vande Putte ve diğ. (2010), (014) Dias ve diğ. (2014), (015) Conrad ve diğ. (2017), (016) Loktin ve Popova (2017), (017) Sampedro ve diğ. (2017), (019) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (020) Bossini ve diğ. (2019), (021) Kounkel ve Covey (2019), (023) Liu ve diğ. (2019), (026) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (027) Zhong ve diğ. (2020), (029) Rain ve diğ. (2021), (030) Poggio ve diğ. (2021), (031) Richer ve diğ. (2021), (032) Dias ve diğ. (2021), (033) Tarricq ve diğ. (2022), (034) Fu ve diğ. (2022), (037) Hunt ve Reffert (2023), (040) Kharchenko ve diğ. (2013), (041) Netopil ve diğ. (2016), (043) Netopil (2017), (049) Contursı ve diğ. (2023), (050) Kalirai ve diğ. (2001), (051) Loktin ve Beshenov (2003), (070) Marsakov ve diğ. (2016), (076) Jackson ve diğ. (2020), (080) Netopil ve diğ. (2022), (087) Casamiquela ve diğ. (2021), (089) Hou ve diğ. (2002), (092) Heiter ve diğ. (2014), (093) Blanco-Cuaresma ve Fraix-Burnet (2018), (104) Jeffries ve diğ. (2002), (105) Sestito ve Randich (2005), (106) Smiljanic ve diğ. (2009), (107) Somers ve Pinsonneault (2014), (108) Reddy ve diğ. (2015), (109) Gaia işbirliği (2017), (110) Randich ve diğ. (2018), (111) Gaia işbirliği (2018), (112) Magrini ve diğ. (2018), (113) Chelli ve Duvert (2018) (114) Leão ve diğ. (2018), (115) Casamiquela ve diğ. (2019), (116) Gutiérrez Albarrán ve diğ. (2020), (117) Sandquist ve diğ. (2020), (118) Pang ve diğ. (2021), (119) Hu ve diğ. (2021), (120) Carrera ve diğ. (2022), (121) Bragaglia ve diğ. (2022), (122) Nguyen ve diğ. (2022), (123) Pang ve diğ. (2022), (124) Jackson ve diğ. (2022), (125) Qin ve diğ. (2023), (126) Fürnkranz ve diğ. (2024)

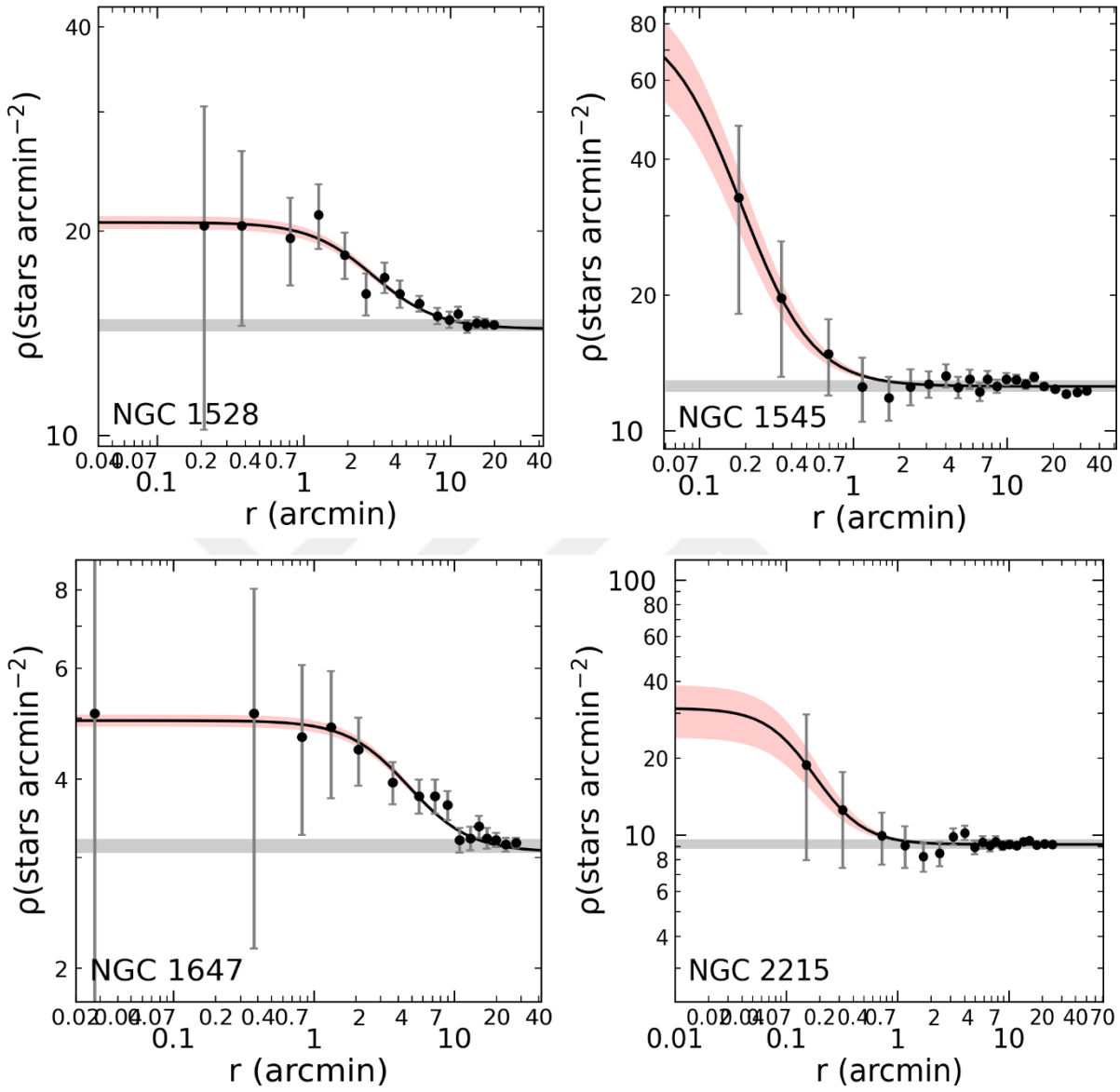
Şekil EK 1: 10 açık kümenin ekvatoral koordinat sistemindeki konumları. Görüş alanı, Tablo 3.2'de verildiği gibi yay dakikası olup kuzey yönü şekil üst kısmına ve doğu yönü de şekillerin sol kısmına doğrudur.



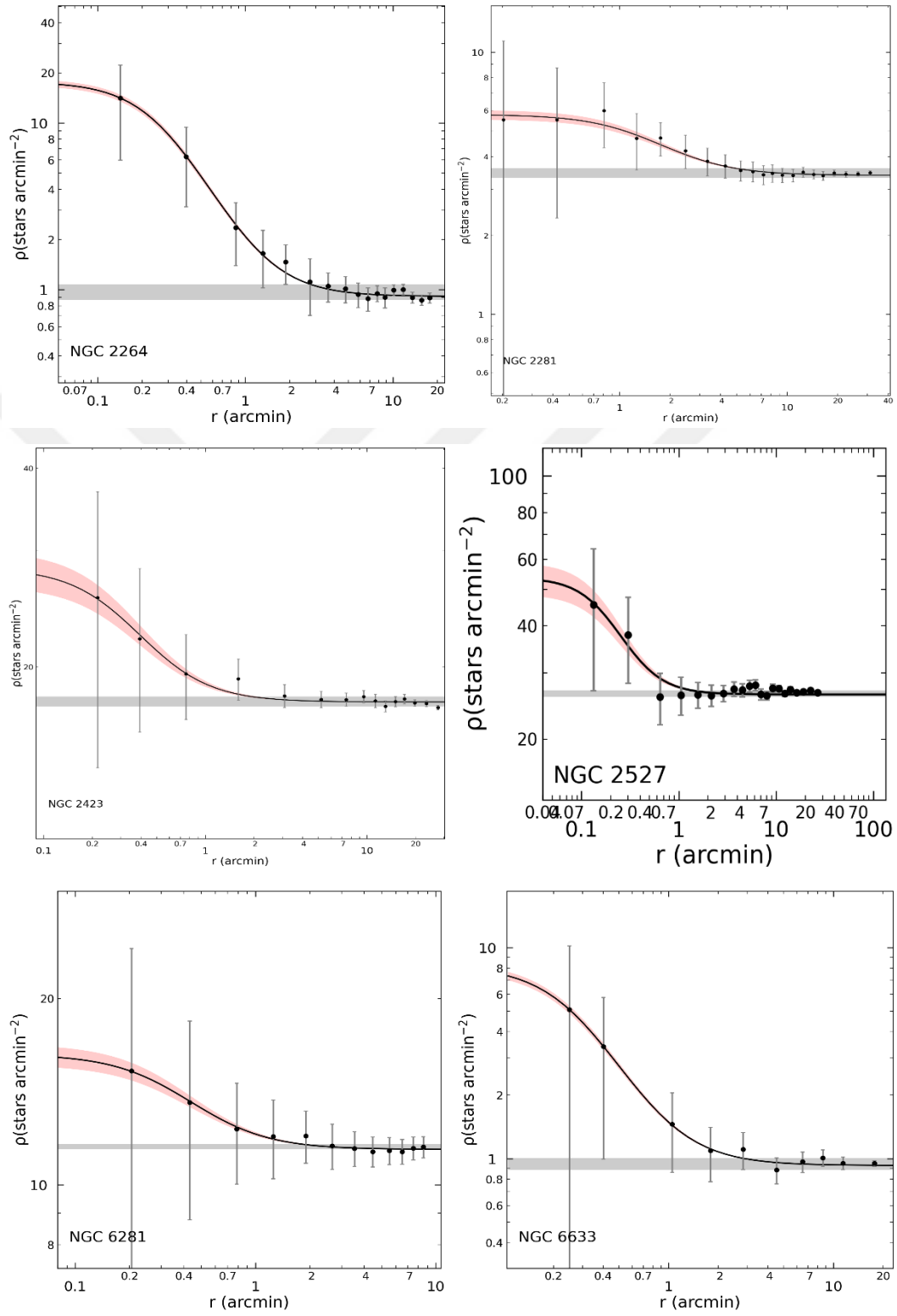
Şekil EK 2: 10 açık küme doğrultusunda gözlenen kaynakların *G* bandı histogramları. Kırmızı kesikli çizgi sönük tamlık sınırını göstermektedir.



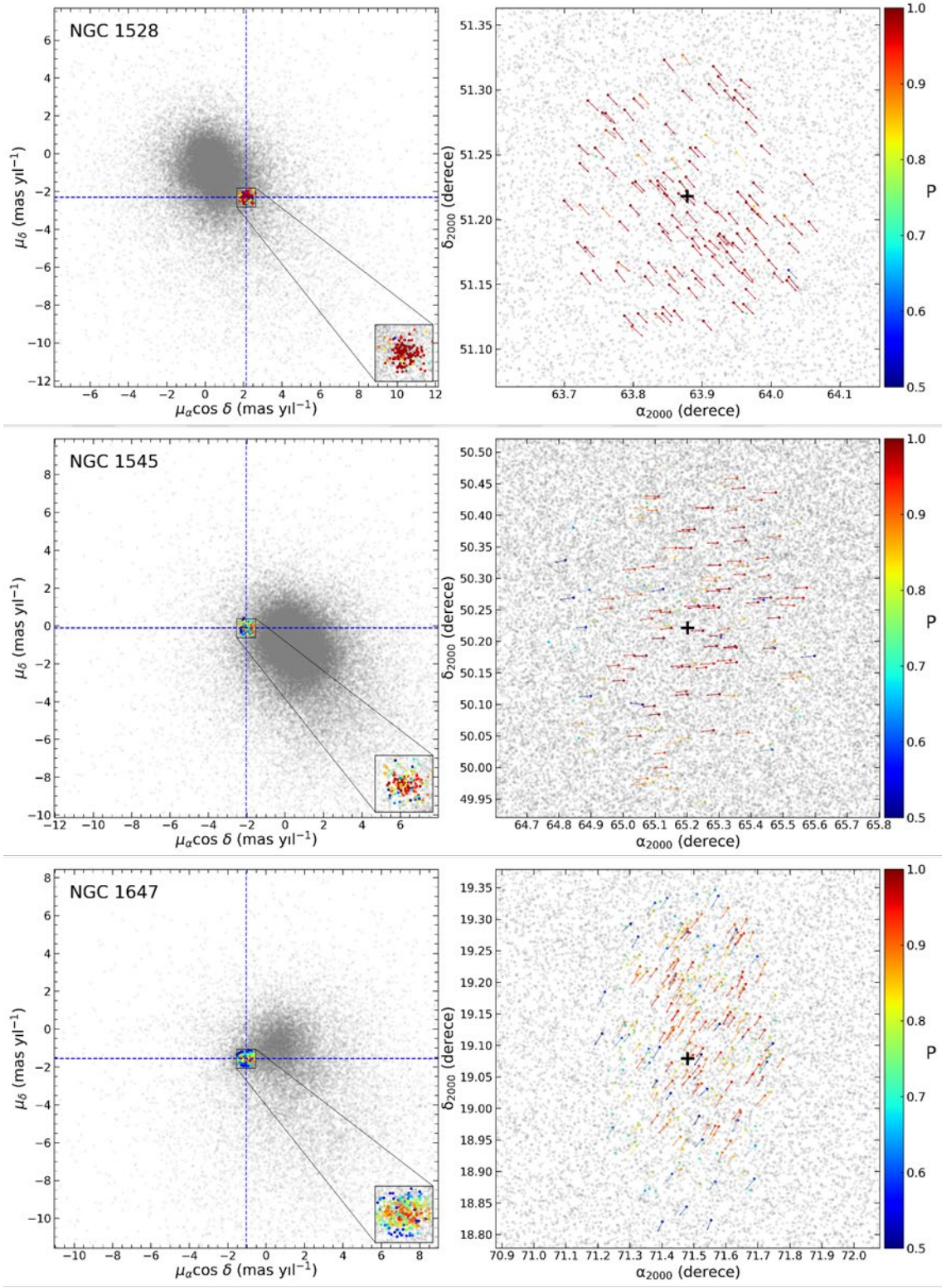
Şekil EK 3: 10 açık küme için oluşturulan yıldız sayı yoğunluk profili. Siyah eğri King modeli (1962) fitini, gri yatay band zemin yoğunluğunu, pembe band da King model fitinin güvenilirlik sınırını göstermektedir.



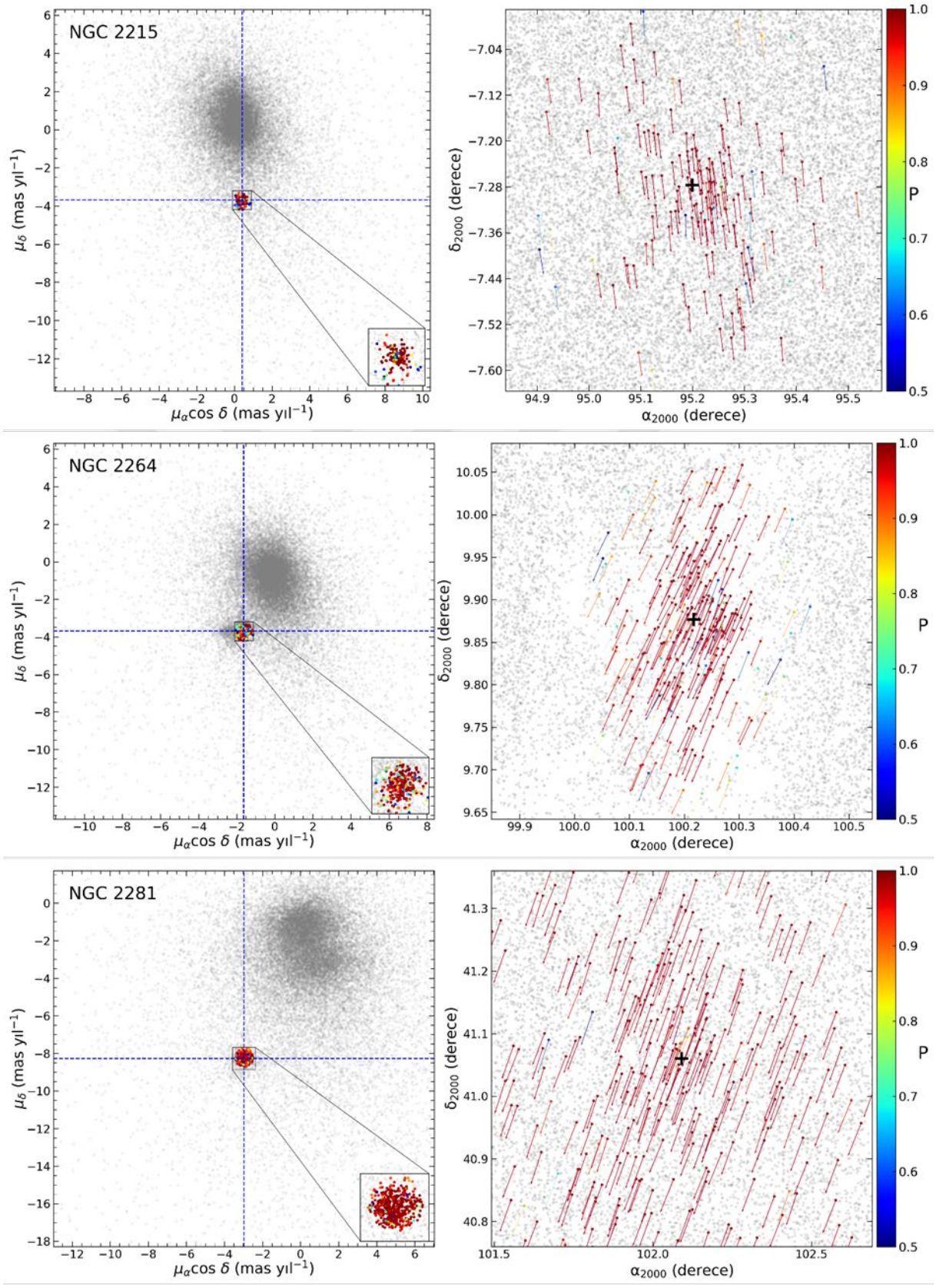
Şekil EK 3 (Devam):



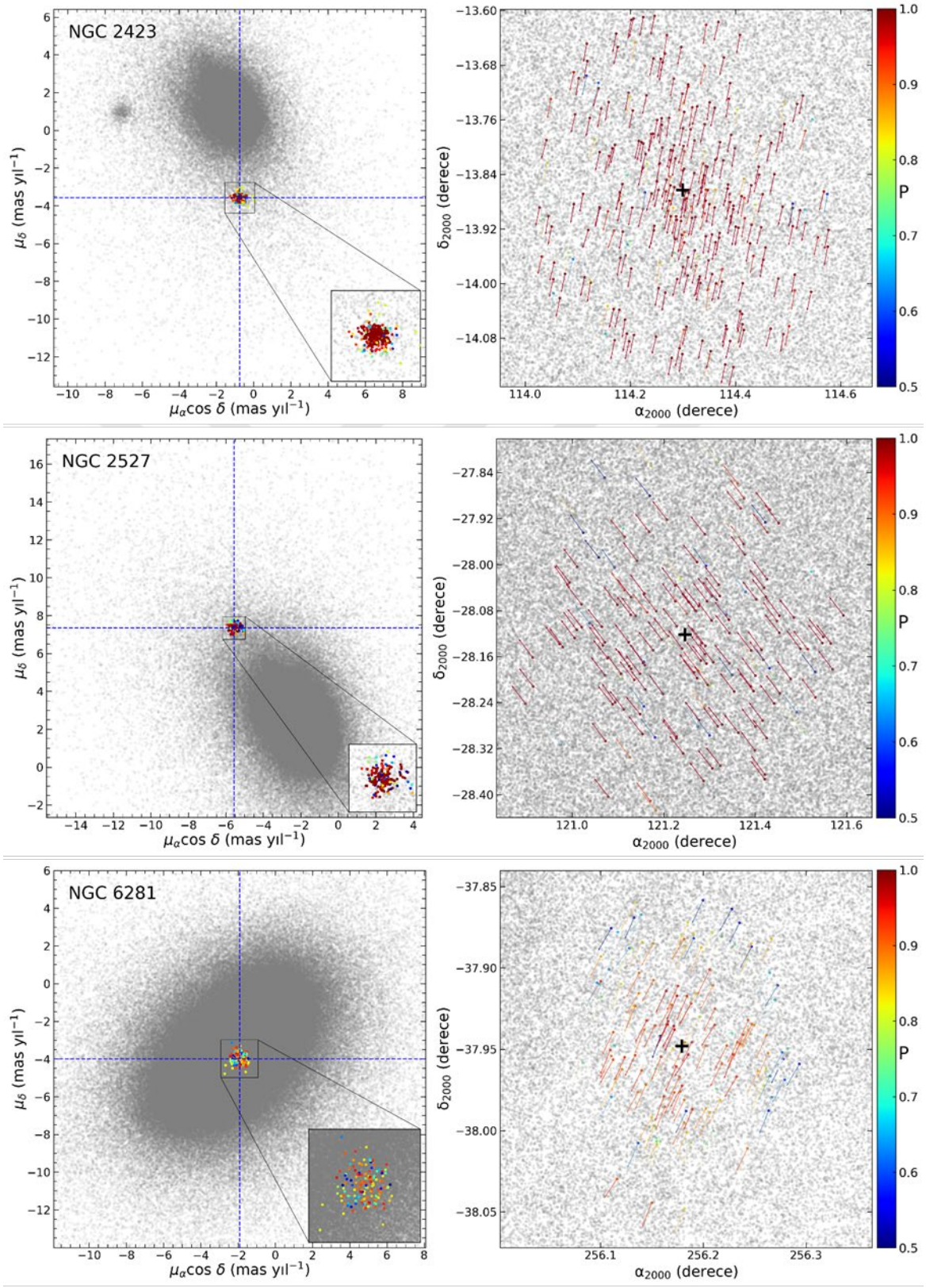
Şekil EK 4: Tez çalışması kapsamında incelenen 10 açık kümenin VPD'leri.



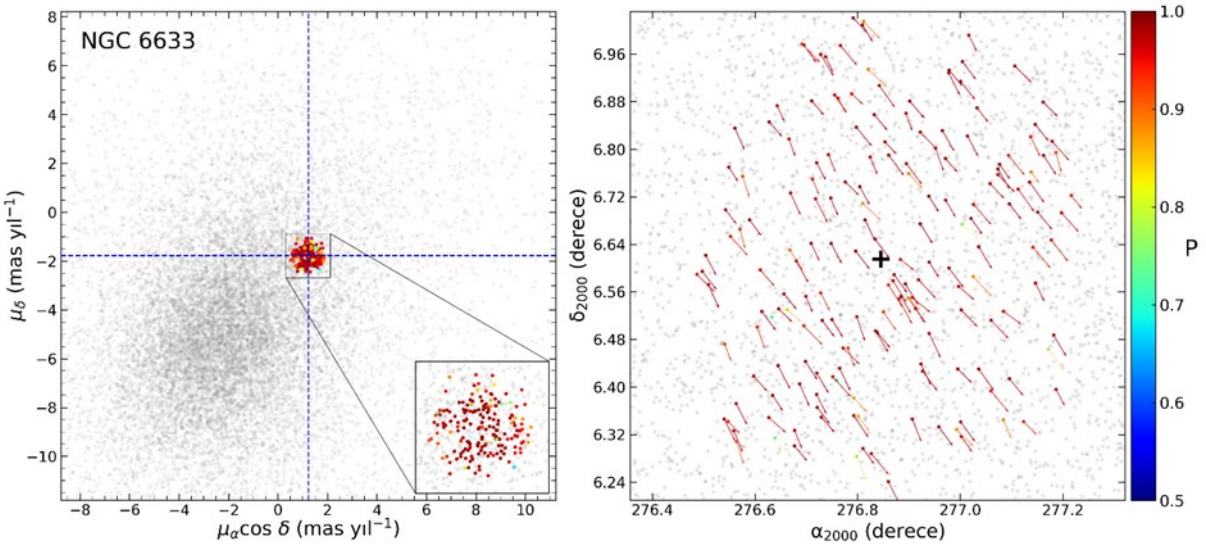
Şekil EK 4 (Devam):



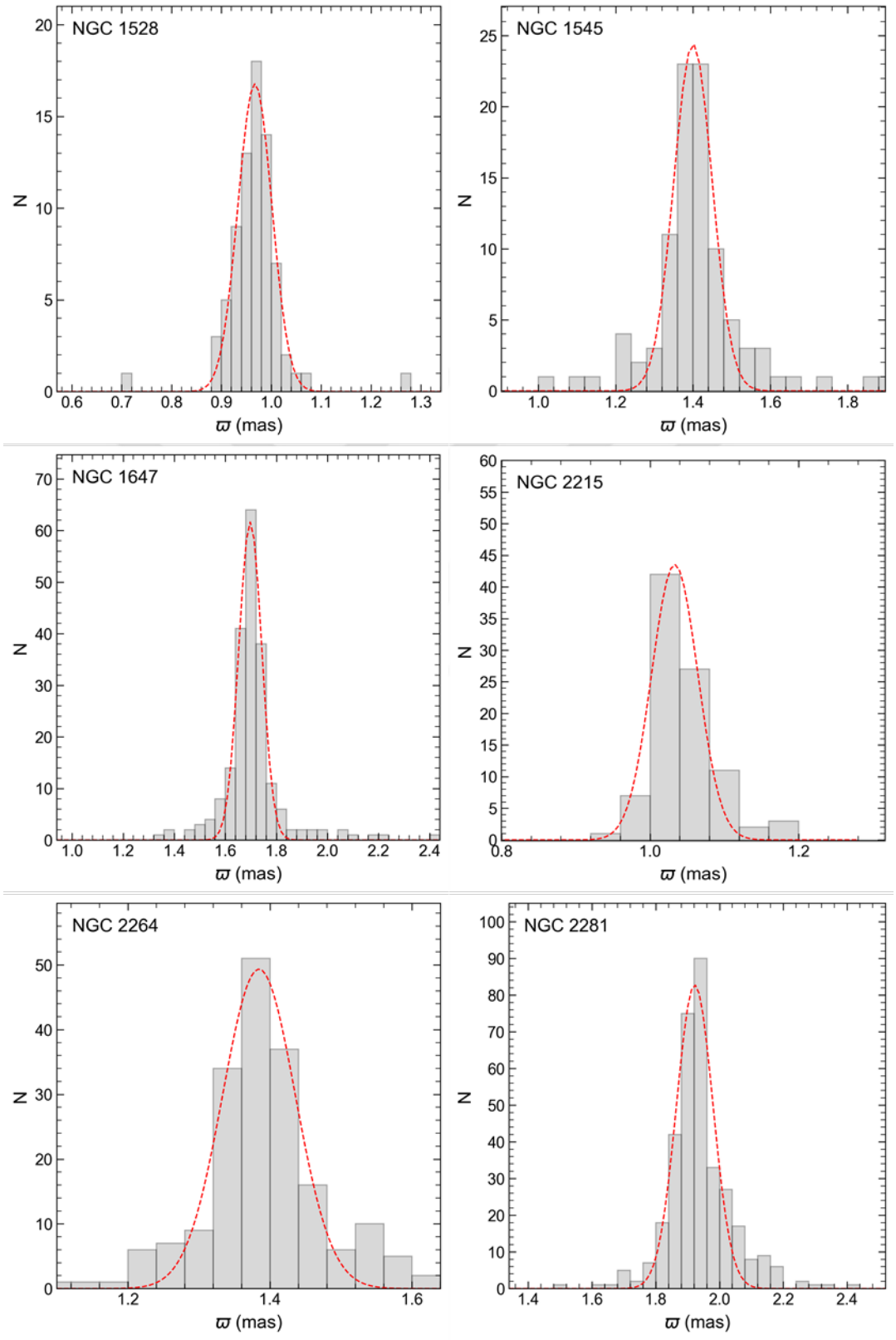
Şekil EK 4 (Devam):



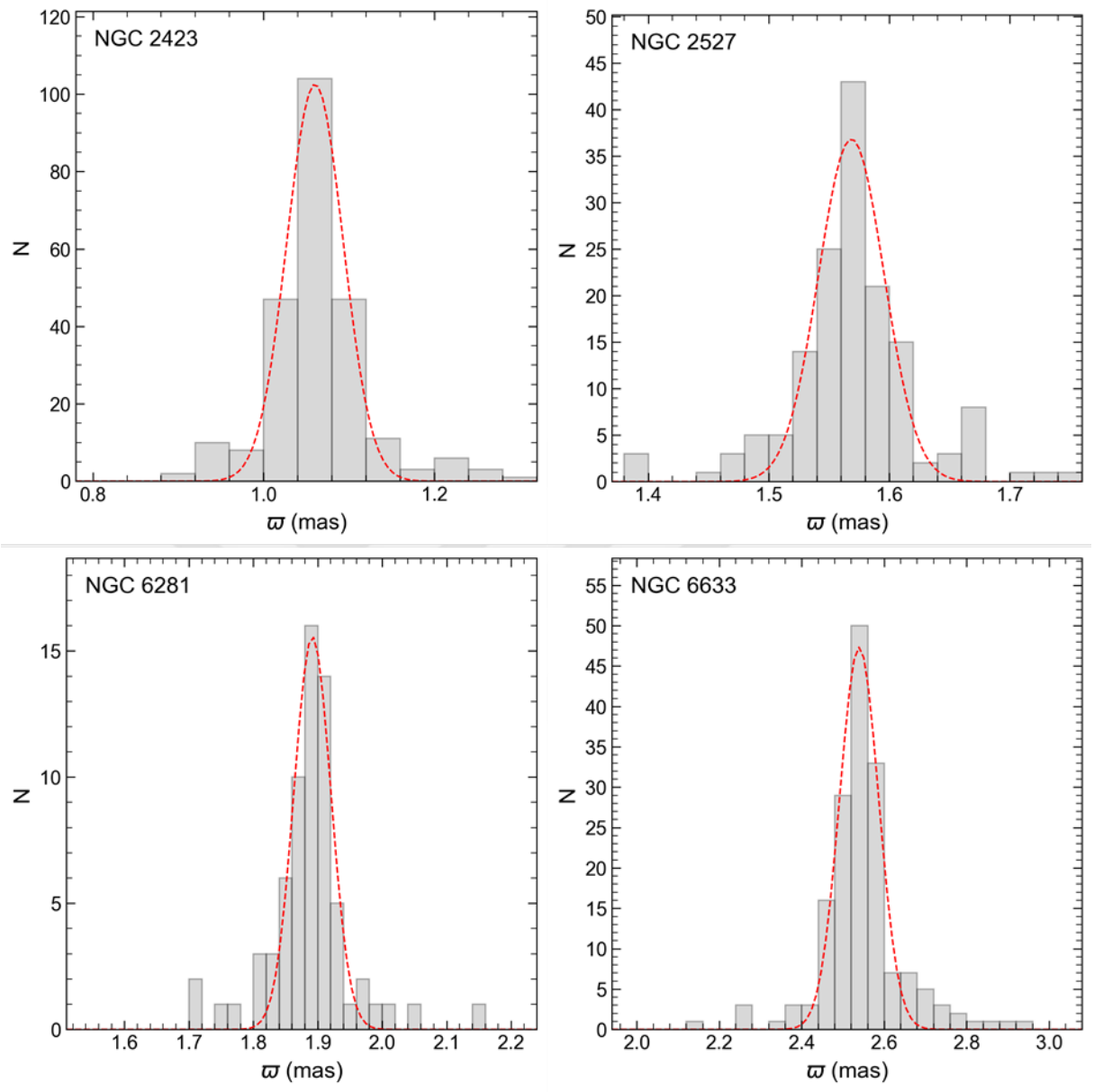
Şekil EK 4 (Devam):



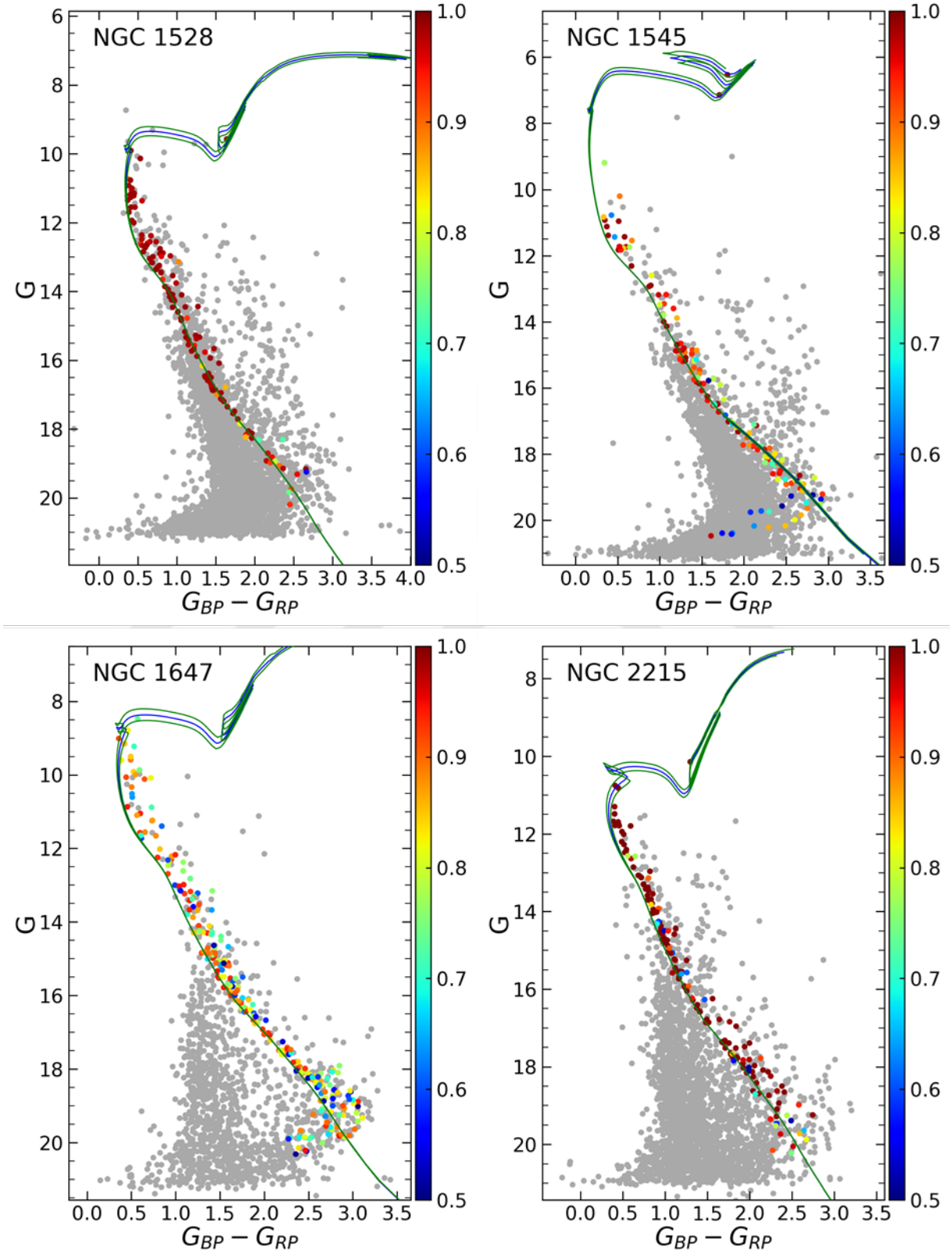
Şekil EK 5: 10 açık kümedeki üye yıldızların trigonometrik paralakslarından oluşturulan histogramları ve bu histogramlara yapılan Gauss fitleri**.**



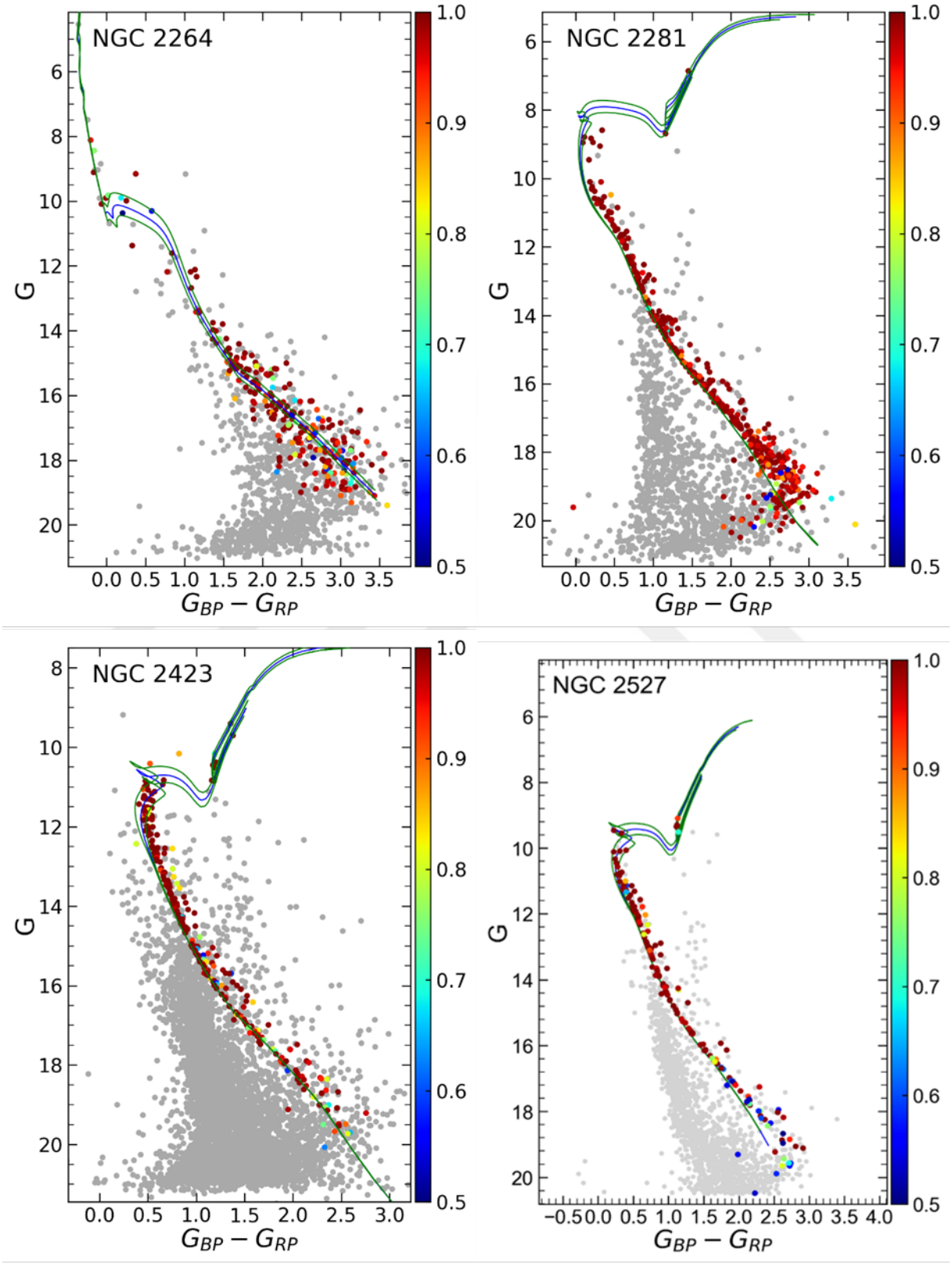
Şekil EK 5 (devam):



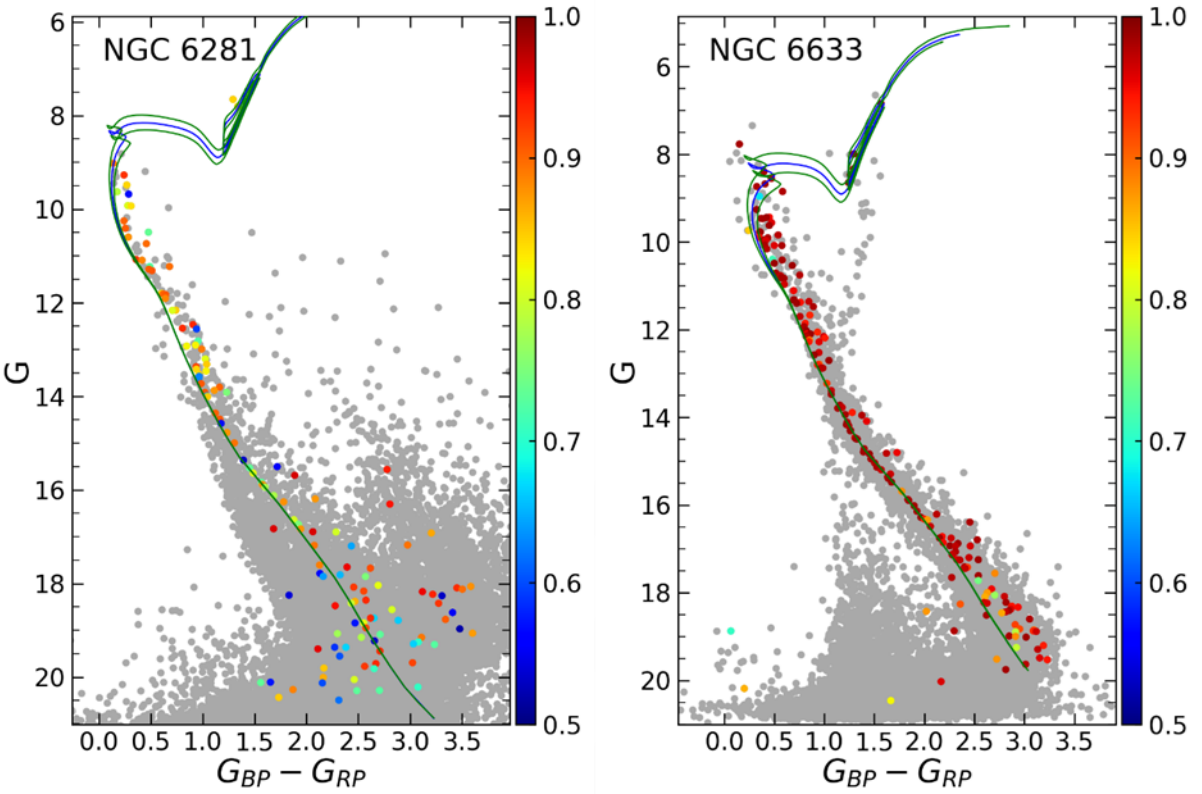
Şekil EK 6: 10 açık kümenin $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları.



Şekil EK 6 (Devam):



Şekil EK 6 (Devam):



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Songül ÖZIRMAK
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokunun.
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
E-Posta Adresi	
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri
Mezuniyet Yılı	23.06.2011

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı
Programı	Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Makale ve Bildiriler
Ökten, A., Canbay, R., Özırmak, S., 2012, Asteroidlerin Konum ve Yörünge Elemanlarının Belirlenmesi, XVIII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi, 1-8.
Canbay, R., Özırmak, S., 2012, Asterroidlerin Güneş Sistemi'ndeki Yeri ve Önemi, XVIII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi, 565-570.