T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Yüksek Lisans Tezi

CZERNİK 41 ve NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN YER ve UZAY TABANLI GÖZLEMLERİ

Burçin TANIK ÖZTÜRK

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

DANIŞMAN
Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Ocak, 2024

İSTANBUL

Bu çalışma, 26.01.2024 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. Selçuk BİLİR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fakülte

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN
Üniversite
Fakülte

Dr. Öğr. Üyesi Talar YONTAN
Üniversite
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.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-39160 numaralı projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez, 122F109 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.
Bu tez çalışmasında yer tabanlı gözlemler TÜBİTAK Ulusal Gözlemevindeki 18CT100-1396 numaralı Seçilmiş açık kümelerin CCD UBVRI gözlemleri - III isimli gözlem projesiyle desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

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

Tezde kullanılan Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin gözlemlerini yapan, uzun yıllar birlikte çalışmayı temenni ettiğim, değerli hocam Prof. Dr. Tansel AK'a,

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

Teze başlama sürecinde beni cesaretlendiren, deneyimlerinden yaralandığım ve yardımını esirgemeyen, uzun yıllar birlikte çalışmayı istediğim, değerli ve sevgili arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Özgecan ÖNAL TAŞ'a,

Tez çalışmam süresince yardımını esirgemeyen, arkadaşlarım doktora öğrencisi sevgili Remziye CANBAY'a ve lisansüstü öğrencisi sevgili Deniz Cennet DURSUN'a,

Sevgi dolu rehberliği, desteği, sabrı, özverisi, en önemlisi fedakârlığı sayesinde beni büyüten ve bugünlere getiren kıymetli annem Gülümser TANIK'a ve babam Namık TANIK'a, canım, biricik, kıymetli kardeşim Zeynep TANIK KASAPOĞLU'na, koşulsuz sevgiyi onda tattığımız canım yeğenim Alp KASAPOĞLU'na,

Her adımda bana olan sonsuz sevgisini, desteğini ve anlayışını esirgemeden gösteren, bu hayat yolculuğunda birlikte olduğum her anın benim için bir lütuf olduğu, ruh eşim, yol arkadaşım, her şeyim, canım eşim Alpay ÖZTÜRK'e en samimi duygularım ile

Teşekkür ediyorum.

Ocak 2024 Burçin TANIK ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **xi**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1 SAMANYOLU'NUN YAPISI 6
2.1.1 Şişkin Bölge 9
2.1.2 İnce Disk 11
2.1.3 Kalın Disk 12
2.1.4 Halo 14
2.2 AÇIK YILDIZ KÜMELERİ 15
2.2.1 Uzay Dağılımları 19
2.2.2 Temel Parametreler 23
2.2.3 Dinamik Evrimleri 28
2.3 UZAY TABANLI GÖZLEMLER: GAIA UYDUSU 30
3 MALZEME VE YÖNTEM **35**
3.1 FOTOMETRİK GÖZLEMLER 35
3.2 FOTOMETRİK İNDİRGEMELER VE KALİBRASYONLAR 38
3.2.1 Standart Yıldızların Parlaklık Tayinleri 40
3.2.2 Aletsel Parlaklıkların Standart Sisteme Dönüştürülmesi 41
3.2.3 Açık Kümelerin *UBV* ve *Gaia* Kataloglarının Oluşturulması 43
3.3 AÇIK KÜMELERİN ANALİZLERİ 45
3.3.1 Radyal Yoğunluk Profili Analizleri 45
3.3.2 Kümelere Üye Yıldızların Belirlenmesi 46
3.3.3 Kızarma Tayini 48
3.3.4 Fotometrik Metal Bolluğu Tayini 49

3.3.5 Uzaklık ve Yaş Tayini 51
3.4 KÜMELERİN KİNEMATİK VE DİNAMİK ANALİZLERİ 53
3.5 KÜMELERİN IŞIMA GÜCÜ VE KÜTLE FONKSİYONLARI 57
4 BULGULAR 59
4.1 KÜME VERİLERİNİN ANALİZLERİ 60
4.2 KÜMELERİN RADYAL YOĞUNLUK PROFİLLERİ 64
4.3 KÜMELERİN RENK-PARLAKLIK DİYAGRAMLARI 65
4.4 KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN SEÇİMİ 67
4.5 KÜMELERİN ASTROMETRİK PARAMETRELERİ 71
4.6 KÜMELERİN RENK ARTIKLARI 73
4.7 KÜMELERİN METAL BOLLUKLARI 74
4.8 KÜMELERİN UZAKLIK VE YAŞLARI 76
4.9 KÜMELERİN UZAY HIZLARI VE GALAKTİK YÖRÜNGE PARAMETRELERİ 79
4.10 KÜMELERİN IŞIMA GÜCÜ VE KÜTLE FONKSİYONLARI 82
5 TARTIŞMA VE SONUÇ 85
5.1 CZERNİK 41 VE NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALARI 87
5.2 CZERNİK 41 AÇIK KÜMESİNİN LİTERATÜR KARŞILAŞTIRMASI 93
5.3 NGC 1342 AÇIK KÜMESİNİN LİTERATÜR KARŞILAŞTIRMASI 97
5.4 CZERNİK 41 VE NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN KİNEMATİK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI 99
KAYNAKLAR 103
ÖZGEÇMİŞ 117

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: Almanya, Nebra'da bulunan, MÖ 1600 tarihlere ait bir bronz disk. Disk üzerinde Güneş veya dolunay, hilal ve Ülker (Pleiades) açık yıldız kümesi tasvir edilmiştir (sol panel) ve Ülker açık kümesinin optik bölgede alınmış bir görüntüsü (sağ panel). 2

Şekil 1.2: Hyades açık kümesinin Alexander Jamieson's Celestial Atlas'dan (1822) alınmış gökyüzü haritası (sol panel) ile kümenin optik bölgedeki görüntüsü. 3

Şekil 1.3: Samanyolu'nun Karina spiral kolunda, yaklaşık 20,000 ışık yılı uzaklıkta yer alan ve *Hubble Uzay Teleskobu* ile gözlenmiş NGC 3603 açık yıldız kümesinin görüntüsü. 4

Şekil 2.1: Samanyolu'nun ölçeksiz bir tasviri. 6

Şekil 2.2: Samanyolu'nun *Gaia* uydu verileriyle oluşturulmuş dört farklı gökyüzü haritası. *Gaia* uydusu tarafından tespit edilen gök cisimleri (sol üst panel), Galaksi'deki toz dağılımı (sağ üst panel), yıldızların radyal hızları (sol alt panel) ve yıldızların metal bollukları (sağ alt panel)....8

Şekil 2.3: Galaksi'mizin merkez bölgesinde yer alan süper kütleli kara deliğe ait görüntü. 9

Şekil 2.4: Samanyolu'nun COBE uydusuyla çekilmiş kızılötesi dalgaboylarındaki görüntüsü. Galaksi'nin merkez bölgesi görüntünün ortasında yer almaktadır. Galaksi merkezinden itibaren yanlara doğru uzanan parlak sarı-turuncu yapı, yoğun miktarda bulunan yıldızlararası gaz ve tozu göstermektedir 10

Şekil 2.5: NGC 891 Galaksisinin merkez bölgesinin IRAC (Kızılötesi Aralık Kamerası) 4.5μm'lik görüntüsü (Rook ve Bershady, 2013). 10

Şekil 2.6: NGC 4762 galaksisinin kesitten görünüşü (sol panel). Oklar NGC 4762'in ince disk bileşenini göstermektedir (Van Der Kruit ve Freeman, 2011). Galaksi'nin *Hubble Uzay Teleskobuyla* alınmış bir başka görüntüsü (sol panel). 11

Şekil 2.7: NGC 4762 galaksisinin kesitten görünüşü. Dışarı doğru uzanan oklar NGC 4762'in kalın disk bileşenini göstermektedir (Van Der Kruit ve Freeman, 2011). 13

Şekil 2.8: Samanyolu'nun dış ve iç halolarıyla ince diski tasvir eden bir görüntü. 14

Şekil 2.9: *Hubble Uzay Teleskobuna* bağlı geniş alan kamerası 3 (WFC3) ile görüntülenmiş bir açık küme (NGC 2164; sol panel) ve bir küresel küme (NGC 6638; sağ panel). 15

Şekil 2.10: Trumpler (1925; 1930) sınıflamasına göre oluşturulan örnek açık kümeler. Sütunlardaki kümeler merkezi yoğunlaşma derecesini (I, II, III ve IV) ve satırlardaki kümeler de yıldız sayılarına (*r*, *m* ve *p*) göre sınıflandırılmıştır.....18

Şekil 2.11: Monteiro ve diğ. 'nin (2021) *Gaia* DR2 kataloğundan belirledikleri 1,750 açık küme (sol panel) ile t = 50 Myıl'dan genç olan açık kümelerin (sağ panel) Galaktik düzlem (*X*-*Y*) üzerindeki konumları. Panellerin sağ tarafındaki renk ölçeği yıldız yaşlarını göstermektedir. Sol panelde kırmızı artı sembolü Güneş'in Galaksi içindeki konumu (0, 8.3 kpc) ifade ederken, sağ paneldeki gri kesikli çizgiler sıfır yaş kollarını göstermektedir. 20

Şekil 2.12: 3,794 açık kümenin Samanyolu'ndaki konumları. İçi dolu mavi daireler yaşı t = 20 Myıl'dan daha genç kümeleri gösterir (a). Panelde Galaksi merkezi ve Güneş'in konumları, sırasıyla, kırmızı yıldız ve beyaz daire sembolleriyle gösterilmiştir. Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8.15 kpc'dir (Reid ve diğ., 2015). Küme yaşları $20 < t \leq 200$ Myıl (b), $200 < t \leq 1000$ Myıl (c) ve $1000 < t$ Myıl (d) aralığında bulunan açık kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki konumları (Hao ve diğ., 2021). 22

Şekil 2.13: Üç farklı yaş grubunda bulunan yaklaşık 2,000 açık kümenin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla (R_{gc}) sayılarının dağılımı (üst panel). Kümelerin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemden dik uzaklıkları (z) arasındaki dağılım (alt panel). Kümelerin yaşları şeklinde sağ yanında verilen renk ölçeğiyle ifade edilmiştir. Güneş, Samanyolu merkezinden 8,34 kpc uzaklıkta bulunmaktadır. Bu uzaklık iki panelde gri kesikli çizgiyle gösterilmiştir.....23

Şekil 2.14: NGC 6811 açık kümesinin $V \times B$-V CMD'si (Yontan ve diğ., 2015). 26

Şekil 2.15: NGC 6811 açık kümesinin merkezinden itibaren üç farklı yarıçap için oluşturulan $V \times B$-V CMD'leri. 26

Şekil 2.16: *Gaia* fotometrik verilerinden oluşturulan, Czernik 2 kümesinin $G \times G_{BP}$-G_{RP} CMD. İçi dolu daireler, kümeye ait olması muhtemel yıldızları, gri noktalar ise alan yıldızlarını, sağ tarafta verilen renk paleti kümeye üye yıldızlarının olasılıklarını temsil etmektedir (Akbulut ve diğ., 2021).....27

Şekil 2.17: *UBV* TCD üzerine işaretlenen farklı sıcaklık ve farklı ışıma gücü sınıfındaki yıldızların konumlarıyla kızarma ve kara cisim doğruları. 28

Şekil 2.18: *Gaia* uydusunun uzaydaki temsili görüntüsü. 31

Şekil 2.19: 31 Aralık 2021 tarihine kadar *Gaia* görevi çerçevesindeki farklı zamanlarda astronomlar ile paylaşılmış *Gaia* DR1, DR2 ve EDR3 veri sürümlerinden (Gaia işbirliği, 2016; 2018; 2021) üretilmiş makalelere alınmış aylık ortalama atıf sayıları (Cantat-Gaudin, 2022). 31

Şekil 2.20: *Gaia* DR3 sürümünde kullanılan G (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı) filtrelerinin geçirgenlikleri.....33

Şekil 3.1: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan, standart yıldız alanlarıyla açık küme gözlemlerinin yapıldığı 100-cm ayna çaplı T100 teleskobu. 35

Şekil 3.2: T100 ile gözlemleri yapılan Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin *V* filtresinde uzun pozlamalarda birleştirilmiş görüntüleri. Görüntüler negatif olup, iki küme için de *V* bandındaki toplam poz süresi 1200 sn'ye karşılık gelmektedir. 38

Şekil 3.3: CCD kalibrasyonlarının indirgeme algoritması. 40

Şekil 4.1: Czernik 41 (a paneli) ile NGC 1342 (b paneli) açık kümelerinin ekvatoral koordinat sistemindeki yıldız alanları. Kırmızı sınırlar T100'den alınan alanları ifade etmektedir. Şekillerin üst kısımları Kuzey, sol tarafları Doğu yönünü göstermektedir. 61

Şekil 4.2: Czernik 41 (a ve b) ile NGC 1342 (c ve d) doğrultusunda tespit edilen yıldızların *V* ve *G* görünen parlaklıklarına göre histogramları. Kırmızı kesikli çizgiler *V* ve *G* görünen parlaklıklarındaki fotometrik tamlık sınırlarını göstermektedir. 62

Şekil 4.3: Czernik 41 (a) ve NGC 1342'nin (b) King profilleri. Siyah katı eğri en iyi çözümü veren King modelini, taralı kırmızı ve gri alanlar, sırasıyla, modelin ve zemin yıldız yoğunluğunun güvenilirlik bölgelerini göstermektedir. Kesikli dikey çizgiler kümelerin limit yarıçaplarını belirtmektedir. 65

Şekil 4.4: Czernik 41 (a-b-c) ve NGC 1342 (d-e-f) alanlarında tespit edilen yıldızların *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemlerinde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları. 67

Şekil 4.5: Czernik 41 (a-b) ve NGC 1342 (c-d) alanlarında tespit edilen yıldızlar ile birlikte en muhtemel küme üyelerinin *UBV* (panel a ve c) ve *Gaia* (panel b ve d) fotometrik sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları. Gri daireler olasılığı $P < 0.5$ ve farklı renkteki daireler de üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızları göstermektedir. Sürekli ve kesikli mavi çizgiler kümelerin anakollarının seçiminde kullanılan ZAMS eğrileridir (Sung ve diğ., 2013). 70

Şekil 4.6: *Gaia* sisteminde Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) küme alanlarında tespit edilen tüm yıldızların kümeye üyelilik olasılığını (içi dolu gri histogramlar) ve $r_{\rm lim} \leq 11'$ içinde kalan yıldızların üyelik olasılıklarını (içi dolu yeşil histogramlar) göstermektedir. 71

Şekil 4.7: Czernik 41 (a-b) ve NGC 1342 (c-d) açık küme alanlarındaki yıldızların *Gaia* DR3 öz hareket bileşenlerine ait grafikleri ve ekvatoral koordinatlarındaki gökyüzü yönelim vektörleri. Farklı renklerdeki daire ve vektörler üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan, gri daireler de üyelik olasılıkları $0 \leq P < 0.5$ olan yıldızları belirtmektedir. Sağ taraftaki renk ölçeği üyelik olasılığının bir fonksiyonu olup $P \geq 0.5$ için ölçeklendirilmiştir. (a) ve (c) panellerindeki kesikli mavi çizgilerin kesişim noktaları kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini, (b) ve (d) panellerindeki siyah artı işareti de kümelerin merkezi ekvatoral koordinatlarını göstermektedir. 72

Şekil 4.8: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerine en olası üye ve limit yarıçapı içinde kalan yıldızların ($P \geq 0.5$, $r_{\rm lim} \leq 11'$) rölatif paralaks hatalarına $\sigma_\varpi/\varpi < 0.2$

sınırlaması getirilerek oluşturulan trigonometrik parlakas histogramları. Dağılıma uygulanan Gauss fonksiyonu kesikli kırmızı çizgi ile gösterilmiştir. 73

Şekil 4.9: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin U-B × B-V iki-renk diyagramları. Yüksek olasılıklı anakol yıldızları ($P \geq 0.5$) gri daireler ile işaretlenmiştir. Kırmızı kesikli çizgi ile yeşil sürekli çizgiler, sırasıyla, gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayan ZAMS eğrisini ve $\pm 1\sigma$ içindeki yıldızları göstermektedir. 75

Şekil 4.10: NGC 1342 açık kümesine yüksek olasılıklı üye dokuz F-G tayf türü yıldızın $(U\text{-}B)_0 \times (B\text{-}V)_0$ iki-renk diyagramı (üst panel). Üst paneldeki mavi eğri Hyades açık kümesinin anakolunu gösteririr. Alt panel normalize edilmiş ($\delta_{0.6}$) morötesi artıklarının histogramını, mavi eğri, histograma uygulanan Gauss fonksiyonunu göstermektedir. 76

Şekil 4.11: Czernik 41 (a, b ve c) ve NGC 1342 (d, e ve f) açık kümelerinin $V \times U\text{-}B$, $V \times B\text{-}V$ ve $G \times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramlarıyla gözlemsel veriyi en iyi ifade eden PARSEC eş-yaş eğrileri. Renkli daireler kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ ve gri daireler de $0 < P < 0.5$ olan yıldızları temsil etmektedir. Mavi düz çizgi kümelerin uzaklık modülünü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrilerini, yeşil düz çizgiler de yaş değerlerindeki belirsizliklerini temsil etmektedir. 78

Şekil 4.12: Czernik 41 (a, b) ve NGC 1342 (c, d) açık kümelerinin Galaksi merkezinden uzaklıkları ve Galaktik düzlemden dik doğrultudaki yörüngeleri. Sarı içi dolu daire ve üçgenler kümelerin, sırasıyla, bugünkü ve doğdukları zamandaki konumlarını, kırmızı oklar da kümelerin hareket vektörlerini göstermektedir. 81

Şekil 4.13: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin ışıma gücü dağılımları. 83

Şekil 4.14: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümeleri için elde edilen kütle dağılımları (kırmızı noktalar) ve bu dağılıma uygulanan doğrusal bağıntı (mavi çizgi). Yeşil çizgiler doğrusal bağıntının bir standart sapma sınırlarını göstermektedir. 84

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Kümeler ile birlikte gözlemi yapılan Landolt (2009) standart yıldız alanları. Kolonlar, sırasıyla, gözlem tarihi, standart yıldız alanı, bu alanlarda bulunan yıldız sayısı, gözlem tekrarı ve hava kütlesini göstermektedir. 37

Tablo 3.2: Czernik 41 ve NGC 1342'nin ekvatoral ve Galaktik koordinatları, gözlem tarihleri ve kullanılan filtreler ile görüntülerin poz süreleri ve sayıları. Kümelerin koordinat verileri Cantat-Gaudin ve diğ.'den (2020) alınmıştır. 38

Tablo 3.3: Standart yıldız alanı gözlemlerinden hesaplanan birinci ve ikinci mertebe fotometrik sönümleme katsayıları, standart sisteme dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler. 42

Tablo 4.1: V ve G görünen parlaklıkların bir fonksiyonu olarak tayin edilen fotometrik hatalar. N; V ve G parlaklık aralığına düşen yıldız sayılarını, σ_V, σ_{U-B}, σ_{B-V}, σ_G, $\sigma_{GBP-GRP}$, sırasıyla, V, $U-B$, $B-V$, G ve G_{BP}-G_{RP} parlaklık ve renk indekslerindeki ortalama hataları göstermektedir. 63

Tablo 4.2: İki açık kümenin King (1962) modeliyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen yapısal parametreleri. f_0 ve f_{bg}, sırasıyla, kümelerin merkezi ve zemin yıldız sayı yoğunluklarını, r_c ile r_{lim}, sırasıyla, kümelerin kor ve gözlemsel olarak belirlenen yarıçapları, R^2 de King modelinin korelasyon katsayısını ifade etmektedir. 65

Tablo 4.3: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Galaktik yörünge parametrelerinin hesabında kullanılan girdi parametreleri. Burada; α, δ, sırasıyla, kümelerin 2000 epoğundaki ekvatoral koordinatları, $\mu_\alpha \cos\delta$ ve μ_δ öz hareket bileşenleri, d ve V_R de, sırasıyla, uzaklık ve ortalama radyal hızlarıdır. 80

Tablo 4.4: Czernik 41 ve NGC1342 açık kümelerinin hesaplanan Galaktik yörünge parametreleri ve uzay hız bileşenleri. 80

Tablo 5.1: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin literatür verileriyle tez çalışmasında elde edilen sonuçları. 88

Tablo 5.2: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yapısal, astrofizik ve astrometrik parametreleri. 89

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

A_V : *V* bandındaki sönümleme miktarı (kadir)
A_G : *G* bandındaki sönümleme miktarı (kadir)
b : *b* bandı âletsel kadiri
b : Galaktik enlem (derece)
d : Güneş'e uzaklık (pc)
e^- : Elektron
B-V : *B-V* renk indeksi (kadir)
C : Gecelik sabit
E(B-V) : *B-V*'nin renk artığı (kadir)
$E(G_{BP}-G_{RP})$: G_B-G_R renk indeksindeki renk artığı
E(U-B) : *U-B*'nin renk artığı (kadir)
$G_{BP}-G_{RP}$: G_B-G_R renk indeksi (kadir)
k : Parlaklık ve renklerdeki birinci mertebe sönümleme katsayıları
k' : Parlaklık ve renklerdeki ikinci mertebe sönümleme katsayıları
l : Galaktik boylam
$M_\odot$: Güneş kütlesi
[Fe/H] : Fotometrik ve/veya tayfsal metal bolluğu
M_V : Mutlak parlaklık (kadir)
r : Küme merkezinden uzaklık
r_c : Kümenin etkin yarıçapı
t : Küme yaşı (yıl)
u : *u* bandı âletsel kadiri
(U, V, W) : Uzay hızı bileşenleri (km/sn)
U-B : *U-B* renk indeksi (kadir)
B-V : *B-V* renk indeksi (kadir)
$(U-B)_H$: Hyades kümesine ait *U-B* renk indeksi (kadir)
$(U-B)_M$: Metalce fakir zarfa ait *U-B* renk indeksi (kadir)
V : Görünen parlaklık (kadir)
G : *Gaia* görünen parlaklığı (kadir)
v : *v* bandı âletsel kadiri
X : Hava kütle değeri
X, Y : CCD görüntüsü üzerindeki kaynakların piksel koordinatları
$(X, Y, Z)_\odot$: Güneş merkezli kartezyen koordinat sistemi
Z : Ağır element bolluğu
z_{max} : Galaktik düzlemden olan dik uzaklık
T_P : Yörünge periyodu
Å : Angström
α : Standart sisteme dönüşüm katsayısı
α_{2000} : Sağ açıklık
δ_{2000} : Dik açıklık
δ(U-B) : Morötesi fazlalık (kadir)
$\delta(U-B)_{0.6}$: U-B=0.6 için normalize edilen morötesi fazlalık (kadir)
σ_c : Küme üyesi yıldızların gerçek öz hareket dispersiyonu

σ_V : V bandındaki ortalama hata
σ_{U-B} : U-B rengi için ortalama hata
σ_{B-V} : B-V rengi için ortalama hata
λ : Dalgaboyu
$\Delta\lambda$: Bant genişliği
μ : Uzaklık modülü
$\mu_\alpha \cos\delta$: Sağ açıklıktaki öz hareket bileşeni
μ_δ : Dik açıklıktaki öz hareket bileşeni
m_i : Aletsel parlaklık
N : Açıklık içindeki piksel sayısı
T : Toplam poz süresi
f_0 : Merkezi yıldız yoğunluğu
f_{bg} : Zemin yıldız yoğunluğu
F_t : Açıklık içindeki toplam akı
ξ : Gözlenen yıldız alan merkezinin zenit uzaklığı
χ : Ki-kare değeri
ρ : Yıldız yoğunluğu
P : Bir yıldızın kümeye üyelik olasılığı
$Zort$: Akı değerinin ortalaması
ϖ : Trigonometrik paralaks (mas)

Kısaltmalar	Açıklama
BSS	: Blue Struggler Star
CCD	: Charge Coupled Device
COBE	: Cosmic Background Explorer
COCD	: Catalog of Open Cluster Data (Açık Küme Veri Kataloğu)
CMD	: Renk-parlaklık diyagramı
DIONYSOS	: Disc Optical Near-Infrared Stellar Object Spectroscopy
ESO	: Europen Southern Observation
EHT	: Olay Ufku Teleskobu
Gaia	: Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
Gyıl	: Milyar yıl
GSE	: Gaia-Sausage-Enceladus
HR	: Hertzprung-Russell
IDL	: Interactive Data Language (Etkileşimli Veri Dili)
IRAF	: Image Reduction and Analysis Facility (Görüntü İndirgeme ve Analiz Programı)
IMF	: Başlangıç kütle fonksiyonu
TCD	: İki-renk diyagramı
ZAMS	: Sıfır Yaş Anakolu
km	: Kilometre
kpc	: Kiloparsek
mas	: Mili yay saniyesi
Myıl	: Milyon yıl
NGC	: New General Catalogue
PARSEC	: Padova And Trieste Stellar Evolution Code
pc	: Parsek
PPMXL	: Position and Proper Motion Extended-L
PSF	: Point Spread Function (Nokta Yayılım Fonksiyonu)
Python	: Python Programlama Dili
SExtractor	: Software for source extraction
SIMBAD	: Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data
SDSS	: Sloan Digital Sky Survey (Sloan Sayısal Göktüzü Taraması)
sn	: Saniye
S/N	: Sinyal/Gürültü değeri
TUG	: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
T100	: TUG yerleşkesindeki 100 cm ayna çaplı teleskop
UCAC	: USNO CCD Astrograph Catalog
ZAMS	: Zero Age Main Sequence (Sıfır Yaş Anakolu)
2MASS	: Two Micron All-Sky Survey (İki Mikron Gökyüzü Taraması)
VLT	: Very Large Telescope
WEBDA	: Açık kümeler için elektronik veri tabanı

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CZERNİK 41 ve NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN YER ve UZAY TABANLI GÖZLEMLERİ

Burçin TANIK ÖZTÜRK

İstanbul Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Yüksek lisans tez çalışmasında ayrıntılı analizleri yapılan Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin CCD *UBV* gözlemleri, sırasıyla, 21.07.2020 ile 29.09.2019 tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki 1m ayna çaplı T100 teleskobuyla yapılmıştır. Gözlem görüntülerinin sayısal değerlere dönüştürülmesinin ardından *UBV* sisteminde her iki kümenin fotometrik katalogları oluşturulmuştur. Ayrıca merkezi koordinatlar göz önünde bulundurularak 40×40 yay dakika^2 küme alanları için *Gaia* DR3 verileri derlenmiş, böylece her iki kümenin *Gaia* sisteminde astrometrik, fotometrik ve tayfsal katalogları da oluşturulmuştur. Czernik 41 ve NGC 1342 kümelerinin incelenmesinde *UBV* ve *Gaia* sisteminde oluşturulan iki ayrı katalog kullanılmıştır. Analizler sonucunda incelenen iki açık kümenin yapısal, astrometrik ve temel astrofizik parametreleriyle birlikte kinematik ve dinamik yörüngeleri de hesaplanmıştır. Czernik 41 açık kümesinin kinematik incelemesi ilk defa bu çalışmada gerçekleştirilmiştir. Metal bolluğu ve kızarma tayininde *UBV* sisteminde derlenen kataloglar kullanılmış olup, analizlerde literatürden farklı olarak bağımsız yöntemler kullanılmıştır. Böylece, parametreler arasındaki olası dejenerasyonluğun önüne geçilmiş ve temel astrofizik parametreleri daha doğru ve duyarlı bir şekilde tayin edilmiştir. Temel parametreler üzerine yapılan analizler sonucunda Czernik 41 açık kümesinin kızarma değeri $E(B\text{-}V) = 1.500\pm0.030$ kadir, uzaklığı $d = 2485\pm151$ pc ve yaşı da $t = 69\pm10$ Myıl elde edilmiştir. Fotometrik metal bolluğu tayini için kümede F-G tayf türünden anakol yıldızı belirlenemediğinden, Czernik 41'in metal bolluğu Güneş bolluğunda [Fe/H] = 0 dex kabul edilmiştir. NGC 1345 kümesinin bu tez çalışmasında kızarma değeri $E(B\text{-}V) = 0.270\pm0.043$ kadir, fotometrik metal bolluğu [Fe/H] = -0.14± 0.07 dex, uzaklığı $d = 645\pm42$ pc ve yaşı $t = 1000\pm150$ Myıl hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmada, Czernik 41 ile NGC 1342 kümelerinin ışıma gücü ve bugünkü kütle fonksiyonları elde edilmiş ve kütle fonksiyonu sonuçlarının Güneş civarı ile uyumlu olduğu görülmüştür. Kinematik ve dinamik yörünge analizleri iki kümenin de Samanyolu'nun ince disk popülasyonuna ait olduğunu göstermiştir.
Ocak 2024, 135 sayfa.

Anahtar kelimeler: Yöntemler: gözlemsel, iki-renk diyagramları, renk-parlaklık diyagramları, Açık kümeler: Czernik 41 ve NGC 1342

SUMMARY

M.Sc. THESIS

GROUND-AND SPACE-BASED OBSERVATIONS OF OPEN CLUSTERS CZERNIK 41 AND NGC 1342

Burçin TANIK ÖZTÜRK

İstanbul University
Institute of Graduate Studies in Sciences
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

The CCD *UBV* observations of the Czernik 41 and NGC 1342 open clusters, which were analysed in detail in the thesis, were performed on 21.07.2020 and 29.09.2019, respectively, with the 1m diameter T100 telescope at the TÜBİTAK National Observatory. After converting the observation images to numerical values, photometric catalogues of both clusters were constructed in the *UBV* system. In addition, considering the central coordinates *Gaia* DR3 data were compiled for 40×40 arc minute^2 cluster area, and thus the astrometric, photometric and spectroscopic catalogues of both clusters were compiled in the *Gaia* system. Czernik 41 and NGC 1342 clusters were analysed by considering two separate catalogues constructed in the *UBV* and *Gaia* systems. As a result of the analyses, the structural, astrometric and fundamental astrophysical parameters as well as the kinematic and dynamical orbits of the two open clusters were calculated. The kinematic analysis of the Czernik 41 open cluster was performed for the first time in this thesis. The catalogues that compiled in the *UBV* system were used for the determination of metallicity and reddening, and unlike the literature studies, independent methods were used in the analyses. Thus, the possible degeneracy among the parameters was avoided and the fundamental astrophysical parameters were determined more accurately and reliable. Analyses of the basic parameters yielded a reddening value was to be estimated $E(B\text{-}V)$ = 1.500±0.030 mag, the distance d = 2485±151 pc, age t = 69±10 Myr, for Czernik 41 open cluster. Because of no main-sequence F-G spectral type star was identified in the cluster for photometric metallicity calibration, the metallicity of Czernik 41 was adopted to be Solar metallicity [Fe/H] = 0 dex. In this study, the reddening of the NGC 1342 was estimated as $E(B\text{-}V)$ = 0.270±0.043 mag, photometric metallicity as [Fe/H] = -0.14±0.07 dex, distance as d = 645±42 pc and age as t = 1000±150 Myr. We also obtained the luminosity and present-day mass functions of the Czernik 41 and NGC 1342 clusters and found that the mass function results are consistent with Solar neighbourhood. Kinematic and dynamical orbit analyses have shown that both clusters are the member of thin disk population of the Milky Way.

January 2024, 135 pages.

Keywords: Observational, two-colour diagrams, colour-magnitude diagrams, open clusters: Czernik 41 and NGC 1342

1. GİRİŞ

"Ay battı ve Ülker; gece yarısı, zaman geçiyor ve ben yalnız uyuyorum."
(Wharton, 1887:68)

İnsanlığın var oluşundan çağımıza kadar uzay bir bilinmezlik ve merak konusu olmuştur. Geceleri gökyüzüne bakıp devasa karanlık içindeki yapıları düşünerek, uzayı ve hatta yaşamı anlama yolundaki dürtüler, insanlığın olağanüstü keşifler yapmasına fırsat vermiştir. Gelişen teknolojiyle birlikte uzay araştırmaları ve buna bağlı keşiflerin gerçekleştirilmesi bilinen problemlerin çözümlenmesine ve yeni soruların doğmasına neden olmuştur.

Gökyüzünde merak uyandıran yapılardan biri de yıldız kümeleridir. Gözlemleri kadim çağlara kadar uzanmaktadır. En iyi örneklerinden bilinen biri, kuzey yarı küreden çıplak göz ile görülebilen ve çok eski zamanlardan beri bilinen ünlü Ülker (Pleiades) açık yıldız kümesi (Şekil 1.1), Boğa takımyıldızında bulunmaktadır. Güneş'e uzaklığı yaklaşık 440 ışık yılı olan ve Pleiades ismiyle bilinen küme, "yelken açmak, denize açılmak" anlamına gelen Yunanca "pleio" kelimesinden türetildiği düşünülmektedir (Andrews, 2004). Yunan mitolojisinde adı geçen yedi kız kardeş olarak bilinen bu kümedeki en parlak dokuz yıldızın isimleri Atlas (27 Tau; $V = 3^{m}.62$) ile eşi Pleione'in (28 Tau; $V = 5^{m}.09$), Alcyone (25 Tau; $V = 2^{m}.86$), Merope (23 Tau; $V = 4^{m}.17$), Electra (17 Tau; $V = 3^{m}.70$), Sterope (21-22 Tau; $V = 5^{m}.64$), Celaeno (16 Tau; $V = 5^{m}.44$), Maia (20 Tau; $V = 3^{m}.86$) ve Taygeta (19 Tau; $V = 4^{m}.29$) adlı yedi kızına aittir. Ülker açık yıldız kümesi dünyanın birçok yerinde çeşitli kadim kültürler tarafından bilinmektedir. Örneğin, Ülker açık kümesi Hindu mitolojisinde altı bilgenin altı karısı olarak bilinirken, Yeni Zelanda'da yaşayan Maori'lerin dilinde Matariki ismiyle bilinen küme, altı kızı olan bir anneyi tasvir etmektedir (Sparavigna, 2008).

Ülker, gökyüzündeki zarafetiyle Hoomeros'un derlediği ünlü destan Odesa'ya şahitlik etmiş, eski çağlarda da denizcilere yön bulmasında yardımcı olmuştur. Güney bölgelerde, özellikle Akdeniz'de toprağı sürmek ve ekmek için bir zaman kavramı olarak insanlık tarihine katkıda bulunmuştur. Çok eski zamanlardan beri yine dikkat çeken bir başka açık yıldız kümesi de Hyades'tir (Şekil 1.2). Güneş'e 151 ışık yılı uzaklıkta bulunan Hyades bilinen en yakın açık yıldız kümesidir. Yunan mitolojisinde Hyades ismi, Plioni ve Atlas'ın ağlayan kız kardeşleri

olarak bilinmektedir. Yunanistan'ın başkenti Atina'da bulunan büyük antik Yunan tiyatrosu Dionysos'un yapıldığı yerin konumu, Hyades kümesinin gökyüzündeki konumu temel alınarak inşa edildiği düşünülmektedir (Pantazis, 2017).



Şekil 1.1: Almanya, Nebra'da bulunan, MÖ 1600 tarihlere ait bir bronz disk. Disk üzerinde Güneş veya dolunay, hilal ve Ülker (Pleiades) açık yıldız kümesi tasvir edilmiştir (sol panel)[1] ve Ülker açık kümesinin optik bölgede alınmış bir görüntüsü (sağ panel)[2].

Kütleçekim kuvvetiyle birbirine bağlı olan yıldız topluluklarından oluşan açık kümeler, Samanyolu Galaksisi'nin geniş dokusu içinde astrofizik biliminin büyüleyici bir yönü olarak ortaya çıkar. Açık kümeler Samanyolu'nun disk bölümünde yoğunlaşmalarına karşın, Galaktik düzlem başta olmak üzere sarmal kollarda bulunmaktadır. Küme içindeki dinamik etkileşimlerin sonucunda oluşan bu yapılar, diğer gök cisimlerinden farklı olmalarını sağlayan özelliklere sahiptir. Açık kümeleri oluşturan yıldızlar birkaç milyondan birkaç milyar yıla kadar uzanan geniş bir yaş aralığı sergiler ve çoğunlukla Galaksi'nin genç popülasyonunu temsil eder (Şekil 1.3). Bu zamansal çeşitlilik yalnızca uzun ömürlülüklerini vurgulamakla kalmaz, aynı zamanda onların evrimini yöneten kozmik güçlerin karmaşık etkileşimine de işaret eder. Birkaç düzineden birkaç bine kadar farklı sayıda yıldız içeren açık kümeler, devasa molekül bulutların kütleçekimsel çöküşüyle oluşurlar. Yıldızlararası gaz ve tozdan oluşan molekül bulutları, yıldız oluşumunun gerçekleştiği bölgeleri temsil eder. Açık kümelerdeki yıldızların oluşumu, molekül bulutların kütleçekimsel çöküşüyle yıldız doğumunu başlatır. Böylece açık kümenin Galaksi

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Nebra_sky_disc
[2] https://esahubble.org/images/heic1309c/

içerisindeki doğumu gerçekleşmiş olur. Genel olarak açık kümeler, Samanyolu Galaksi'sinin dinamik çerçevesi içinde yıldızların doğuşu ve evrimine doğrudan bağlıdır.



Şekil 1.2: Hyades açık kümesinin Alexander Jamieson's Celestial Atlas'dan (1822) alınmış gökyüzü haritası (sol panel)[3] ile kümenin optik bölgedeki görüntüsü[4].

Açık kümeler uzun yaşayan gök cisimleri kategorisinde yer almaz. Küme yıldızlarının yıldızlararası ortama karışmaları incelendiğinde, Samanyolu Galaksi'sinin uyguladığı çekim kuvvetleri, küme iç dinamiği ve yıldız evriminin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu kümeler dağıldıkça, onları oluşturan yıldızlar aşamalı olarak birbirinden uzaklaşarak Galaksi'deki farklı yıldız popülasyonlarıyla zaman ile bütünleşir. Açık kümelerin zamansal evrimi, özellikle genç bileşimleri nedeniyle, yıldız oluşumu ve evriminin detaylarına bağlıdır. Gökbilimciler, yıldız oluşumunu destekleyen süreçlere ilişkin kanıtlar toplamak için açık yıldız kümeleri çalışmalarını gerçekleştirmektedir. Bu kümelerin özelliklerinin araştırılması başlangıç kütle fonksiyonu (IMF) gibi olguların incelenmesine olanak verir. IMF, belirli bir yıldız oluşum bölgesindeki yıldız kütlelerinin dağılımını temsil eder ve yıldız oluşum dinamiklerinin inceliklerini anlaşılmasında önemli bir parametredir. Sonuç olarak, açık kümelerin analizi araştırmacılara yıldız oluşumunun temel yönlerini araştırmak için eşsiz bir fırsat sunar ve daha geniş kozmik hikâyenin anlaşılmasına dikkate değer katkı verir.

Açık kümeler astronomide iyi bir uzaklık göstergesi olarak kullanılmaktadır. Açık kümenin parlaklığını diğer yıldızların parlaklığıyla karşılaştırarak kümenin uzaklığı tayin edilebilir.

[3] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alexander_Jamieson_Celestial_Atlas-Plate_14.jpg
[4] https://esahubble.org/images/heic1309c/

Bu, doğrudan ölçülemeyecek kadar uzakta olan yıldızlara ve galaksilere olan mesafeleri belirlemek için kullanışlı bir tekniktir. Dahası, açık yıldız kümeleri Samanyolu Galaksi'sinin kimyasal bileşimini incelemek için sıklıkla kullanılan bir gök cismidir. Astronomlar açık küme yıldızlarının tayfsal analizlerini yaparak, kümenin yıldız oluşum sürecinde yer alan gaz ve tozun kimyasal bileşimi ve miktarı hakkında bilgi sahibi olur. Bu bilgi, Samanyolu'ndaki yıldız oluşumunun tarihsel sürecini incelemek için önemli bir delildir.



Şekil 1.3: Samanyolu'nun Karina spiral kolunda, yaklaşık 20,000 ışık yılı uzaklıkta yer alan ve *Hubble Uzay Teleskobu* ile gözlenmiş NGC 3603 açık yıldız kümesinin görüntüsü[5].

Açık yıldız kümelerinin kinematik analizleri de Galaksi diskinin karmaşık etkileşimlerinin açıklanması ve Galaksi evrimi açısından son derece önemlidir. Açık yıldız kümesinin uzay hızının belirlenmesi aşamasında uzay hızları birden farklı faktörden etkilenir. Bu faktörler, kümenin yaşı, Galaktik merkeze olan uzaklığı ve diğer nesnelerin kütleçekimsel etkileri gibi önemli parametreleri içerir. Genç açık kümelerin, daha yaşlı olanlarıyla karşılaştırıldığında daha büyük uzay hızlarına sahip olduğu ortaya çıkar. Ayrıca, Galaktik merkeze yakın konumlanan açık kümeler, Galaksi çekirdeğine yakın nispeten yoğun ve kütleçekimsel olarak dinamik ortamdan geçmelerinin bir sonucu olarak, artan uzay hızları sergileme eğilimindedir.

Açık yıldız kümelerinin uzay hızlarını değerlendirmek için kullanılan metodoloji, kümeleri oluşturan üyelerin sergilediği öz hareket ve radyal hız verilerine dayanmaktadır. Bir yıldızın

[5] https://hive.blog/space/@dspace/web-2018-3-5-15-8-10

yıllar içerisinde gökyüzü zeminine göre konumundaki değişimi olarak açıklanan öz hareket, Galaksi içerisindeki hareketinin bir göstergesidir. Gökbilimciler, açık küme doğrultusundaki yıldızların öz hareket bileşenlerini inceleyerek küme üyesi yıldızları kolaylıkla belirleyebilirler. Ayrıca gelişen teknolojiye bağlı olarak çoklu fiber optik tayfçekerler ile küme doğrultusundaki yıldızların tayfsal analizleri de yıldızların radyal hızlarının hesaplanmasına olanak vermek ile birlikte kümenin ortalama radyal hızının belirlenmesini sağlar. Astrometrik ve tayfsal yöntemlerin bir arada incelenmesi küme üyesi yıldızların ortaya çıkarılmasında önemli rol oynar. Açık yıldız kümelerinin tek tek kinematik analizlerinin yapılması kümenin dinamik evrimi hakkında bir fikir verir. Ayrıca, çok sayıda kümenin homojen yöntemler kullanılarak kinematik analizlerinin gerçekleştirilmesi ise Galaksi'nin dinamiğine ve evrimine doğrudan katkı sağlar. Özellikle açık kümelerin uzay hızları, Samanyolu'ndaki çubuk yapısının varlığı gibi yapısal özellikleri hakkında da bilgi edinilmesine yardımcı olur.

Uzay hızları, açık yıldız kümeleri ile Galaksi'deki diğer nesneler arasındaki etkileşimleri incelemek için yararlıdır. Kümelerin dev moleküler bulutlarla, Galaksi'deki diğer tedirginlik hareketlerinin etkileşimi sonucu yok edilebileceği ayrıca kümeden kaçan yıldızları tanımlamak için kullanılır. Kaçan yıldızlar, diğer yıldızlarla etkileşimleri veya Galaksi'deki diğer nesnelerle yerçekimi etkileri nedeniyle ana kümelerinden fırlatılan yıldızlardır. Genel olarak, açık yıldız kümelerinin uzay hızları Galaksi dinamiklerini ve yıldız oluşum tarihini incelemek için değerli bir araçtır.

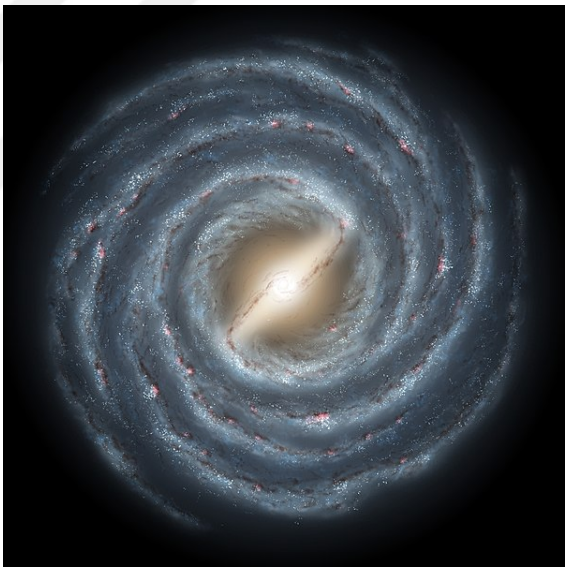
Yüksek lisans tezinde, TÜBİTAK'ın Antalya Bakırlıtepe'de bulunan Ulusal Gözlemevi (TUG) 1-m'lik teleskop (T100) ile CCD *UBV* fotometrik gözlemleri yapılan Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu veriler uzay tabanlı *Gaia* uydu verileriyle birlikte değerlendirilmiştir. Bu sayede küme üyeliği yüksek yıldızların belirlenmesi ve parlak üyelerin radyal hız verilerine ulaşılması söz konusu olmuştur. Çalışmada kümelerin renk artıkları, metal bollukları ve uzaklıkları farklı yöntemler ile belirlendiği için küme yaşlarındaki parametre dejenerasyonu mümkün olduğunca en alt seviye indirilmiştir. Kümelerin ışıma gücü ve kütle fonksiyonları belirlenmiştir. Kümelerin fotometrik, tayfsal ve astrometrik verileri ile bir arada incelenmesi iki açık kümenin yapısal, astrofiziksel ve dinamik parametreleri hesaplanmasına olanak vermekle birlikte, Czernik 41 ve NGC 1342'nin kinematik ve dinamik yörünge analizlerinin yapılmasına fırsat vermiştir. Böylece kümelerin doğum yarıçapları ve Galaktik popülasyonları hakkında da bilgiye ulaşılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 SAMANYOLU'NUN YAPISI

Samanyolu, içinde bulunduğumuz evrende sarmal bir galaksi olarak bilinir. İsmini, üzerinde bulunduğumuz Güneş Sistemi'nin de dâhil olduğu geniş yıldız topluluğundan almıştır. Samanyolu, milyarlarca yıldızı, gaz bulutlarını, toz parçacıklarını ve karanlık maddeyi içeren büyük bir disk yapısına sahip bir galaksidir. Galaksinin merkezinde, yoğunlaşmış bir yıldız kümesi ve süper kütleli bir kara delik bulunmaktadır. Galaksi diski, merkezi çubuklu bir yapıya sahip olup, geniş bir çapta dönmektedir. Samanyolu'nun genişliği, 100,000 ile 120,000 ışık yılı arasında değişir ve yüz binlerce ışık yılı uzaklıktaki diğer galaksiler ile etkileşimde bulunabilir. İçerdiği milyarlarca yıldız ve Galaktik nesneyi araştıran astronomlar başta Samanyolu'nun yapısı olmak üzere Galaksinin oluşumu ve evrimi üzerine araştırmaları sürdürmektedirler.

Samanyolu 30 kpc çapında bir spiral galaksidir. Galaksi'nin merkez bölgesinde süper kütleli karadelik yer almaktadır. Bu karadeliğin çekim kuvveti etkisiyle Galaksinin merkez bölgesi etrafında dönen 400 milyar Güneş kütleli yıldız bulunmaktadır. Galaksi merkezinden 3 kpc'lik uzaklığa kadar etkin olan şişkin bölge farklı metal bolluklarında ve yaşlarda bulunan Galaktik nesnelerden oluşmaktadır. Ayrıca bu bölgede Galaksi merkezinden 5 kpc uzaklığa kadar yıldızlardan oluşmuş bir çubuk yapı bulunmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Samanyolu'nun ölçeksiz bir tasviri[6].

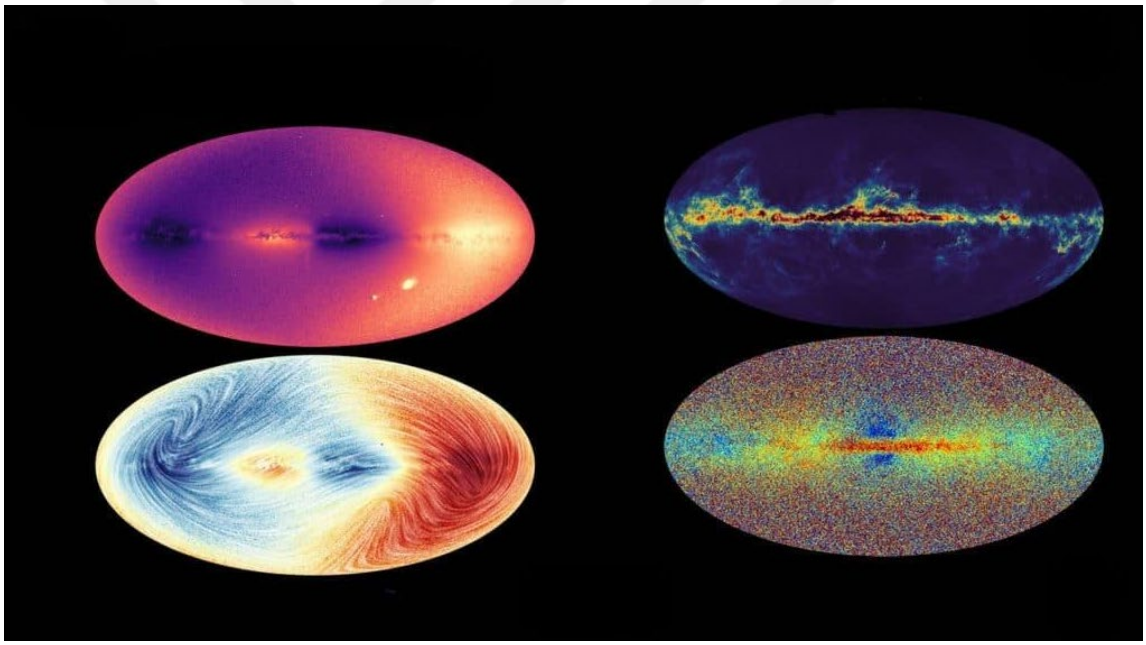
Galaksi merkezinden dışa doğru uzanan spiral kollar, Galaksi diski boyunca genellikle 400 pc genişliğinde ve birkaç bin pc uzunluğundadır. Spiral kollar, yıldız oluşumu, gaz ve tozun yoğunlaştığı bölgeleri içermektedir. Samanyolu'nun Galaksi diskini çevreleyen halo bölgesi, genellikle daha seyrek olan yaşlı yıldızları, küresel yıldız kümelerini ve karanlık maddeyi barındırır. Galaksi'nin halo bileşeni iç (yıldız içerikli) ve karanlık (görünmeyen madde) olmak

[6] https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Milky_Way_2005.jpg

üzere iki kısımdan oluşmakta olup Galaksi merkezinden 30 kpc uzaklığa kadar uzanır. Samanyolu'nun gözlemleri antik çağlara kadar uzanmaktadır. Bu gözlemler diğer yüzyıllarda da devam etmiştir. 1600'lü yıllarda gözlemsel astronomide yeni bir çığır açan Galileo Galilei'nin gökyüzüne duyduğu aşırı merak, onu teleskop imalatına yönlendirmiştir. Teleskoplarından birini Samanyolu'na çevirdiğinde, galaksinin insan gözüyle görülemeyecek kadar sönük ve başka türlü görülemeyen birçok yıldız içerdiğini ilk fark eden Galileo'dur (Galilei, 1610). 18. yüzyılın ortalarına doğru, Immanuel Kant ve Thomas Wright Samanyolu'nun, kütleçekim etkisiyle bir arada tutan çok sayıda yıldızdan oluşan bir yıldız diski olması gerektiğini iddia etmişlerdir. Bu diskin içinde Güneş Sistemi'nin yalnızca bir bileşen olduğunu öne sürmüşlerdir. Ayrıca Kant, gözlemlenmiş bazı bulutsuların Samanyoluna benzeyen başka galaksiler olabileceğini belirterek, bu bulutsuları "ada evrenler" olarak isimlendirmiştir (Kant, 1755).

18. yüzyılının sonlarına doğru William Herschel, Samanyolu'nun şeklini ve boyutunu belirlemek için farklı doğrultularda gözlemlenen yıldızları *yıldız sayım* yöntemine göre değerlendirmiştir. Elde ettiği bulgulardan merkezinde Güneş bulunan bir Samanyolu haritası oluşturmuştur (Herschel, 1785). 20. yüzyılın ilk çeyreğine gelindiğinde, Curtis (1917), spiral bulutsuların Galaksi dışındaki yıldız sistemleri olduğunu ileri sürmüştür. Küresel kümelerin Samanyolu'ndaki konumları ve mesafelerini tayin eden Shapley (1919), Galaksi'nin boyutunu ~100 kpc olarak belirlemiş, ayrıca Güneş'in Samanyolu'nun merkezine olan uzaklığını da ~15 kpc vermiştir. Bu sonuç, Samanyolu'nun tahmin edilenden daha büyük olduğunu ortaya koyan ilk öngörünün oluşmasına neden olmuştur. Kapteyn (1922), Galaksi'nin farklı doğrultularındaki yıldız yoğunluklarını hesaplayarak Samanyolu'nun yaklaşık 15 kpc büyüklüğünde, disk kalınlığının ~3 kpc olduğunu ve Güneş'in de Galaksi merkezine yakın bir konumda olduğunu göstermiştir. Kapteyn, hesaplamalarında yıldızlararası tozun etkilerini dikkate almadığından Güneş'in Galaksi merkezinde olduğu düşüncesinin yanlış olduğunu fark etmemiştir. Edwin Hubble (1923) ilk kez Mount Wilson teleskobunu kullanarak Andromeda galaksisinde bulunan sefeid yıldızlarını gözlemleyerek bu galaksinin Samanyolu'na olan uzaklığını yaklaşık 300 kpc olarak tayin etmiştir. Gözlemlerden elde edilen bulgular gökyüzünde görülen spiral bulutsuların Samanyolu gibi birer galaksi olduğunu ispatlamakla birlikte Samanyolunun büyüklüğü hakkında yapılan tartışmalara son verilmesini sağlamıştır.

Yirmi birinci yüzyıla gelindiğinde, Samanyolu'nun yapısı ve evrimine yönelik araştırmalar hız kazandı. Bilim ve teknolojideki hızlı gelişmişler sayesinde oluşturulan simülasyonlar birçok soruya açıklık getirdi. Samanyolu'nun 10 Gyıl önce Gaia-Sausage-Enceladus (GSE) adı verilen daha küçük bir galaksiyle son büyük birleşmesine ilişkin yeni deliller elde edilmiştir (Gallart ve diğ., 2020). Bu keşif, Samanyolu'nun evrimi hakkındaki anlayışımızı köklü olarak değiştirmiştir. 2022 yılının haziran ayında, Avrupa Güney Gözlemevi'nin (ESO) *Gaia* uydusuyla alınan görüntülerinin analizlerinden, Samanyolu'ndaki yıldızların üç boyutlu devasa bir atlasını yayınlamıştır (Şekil 2.2; üst sol panel). *Gaia* konsorsiyumu yıldızların fotometrik, astrometrik ve tayfsal verileri analiz ederek yıldızların konum, radyal hız, sönükleşme ve metal bolluklarını hesaplayarak oluşturdukları atlas üzerinde bu parametreleri farklı renkler ile göstermişlerdir (Bkz. Şekil 2.2).

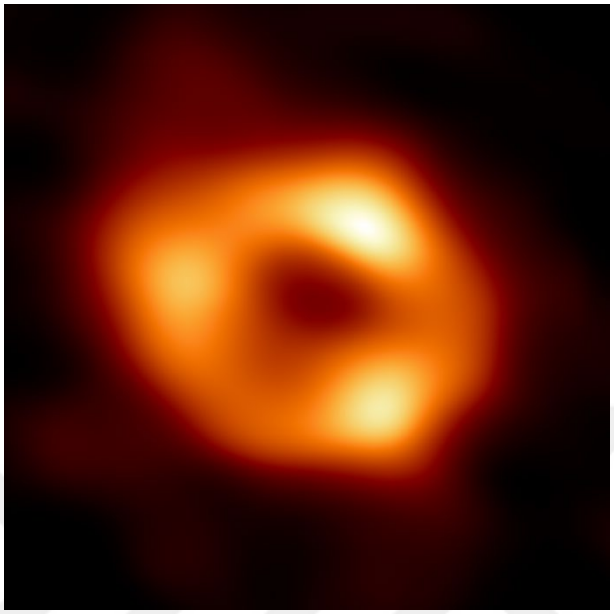


Şekil 2.2: Samanyolu'nun *Gaia* uydu verileriyle oluşturulmuş dört farklı gökyüzü haritası[7]. *Gaia* uydusu tarafından tespit edilen gök cisimleri (sol üst panel), Galaksi'deki toz dağılımı (sağ üst panel), yıldızların radyal hızları (sol alt panel) ve yıldızların metal bollukları (sağ alt panel).

2022 yılının devamında Olay Ufku Teleskobu (EHT) Konsorsiyumu, Şekil 2.3'de gösterilen, Galaksimizin merkez bölgesinde süper kütleli bir kara delik olan Sagittarius A*'nın ilk fotoğrafını yayınladı (The Event Horizon Telescope işbirliği, 2022). Bu görüntü, Einstein'ın genel görelilik teorisini destekleyen önemli bir kanıt olarak kabul edilmiştir.

[7] https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/06/Gaia_Exploring_the_multi-dimensional_Milky_Way

Böylece, Samanyolu yapısının açıklığa kavuşturulmasında yeni ve önemli bir adım daha atılmıştır.



Şekil 2.3: Galaksi'mizin merkez bölgesinde yer alan süper kütleli kara deliğe ait görüntü[8].

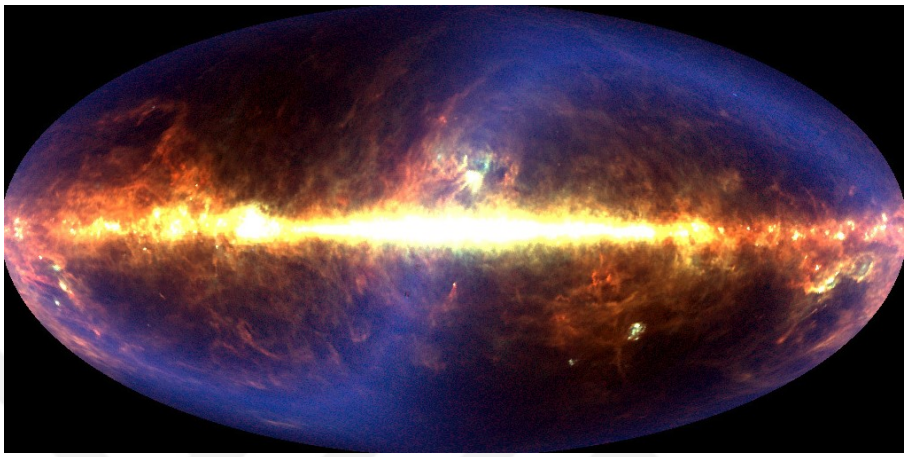
2.1.1 Şişkin Bölge

Şişkin bölge, Galaksi diskinden sonra Samanyolu'nun en büyük ikinci önemli bileşenidir (Vasquez ve diğ., 2013). Bu Galaktik bileşene ait bilgiler çoğu bölge üzerinde gerçekleştirilen MACHO (Popowski ve diğ., 2005), EROS (Hamadache ve diğ., 2006) ve OGLE (Sumi ve diğ., 2006) gibi mikro-mercekleme gözlemleri sonucu ortaya çıkmıştır. Yıldızların bir çubuk biçimdeki yapı içinde toplanmaları sonucunda Samanyolu'nun çubuklu bir galaksi olduğunun ortaya konmasıyla birlikte, yapılan hesaplamalar şişkin bölge kütlesinin $1.6\times10^{10}\ M_{\odot}$ olduğunu göstermiştir (Gerhard, 2015). Şişkin bölgenin incelenmesinde yıldızlararası maddenin geçirgen olduğu Baade penceresinde gerçekleştirilen RR Lyr yıldızlarının incelenmesiyle bu bölgede bulunan yıldızların ortalama metal bolluklarının [Fe/H]=-1 dex olduğu tespit edilmiştir (Walker ve Terndrup, 1991).

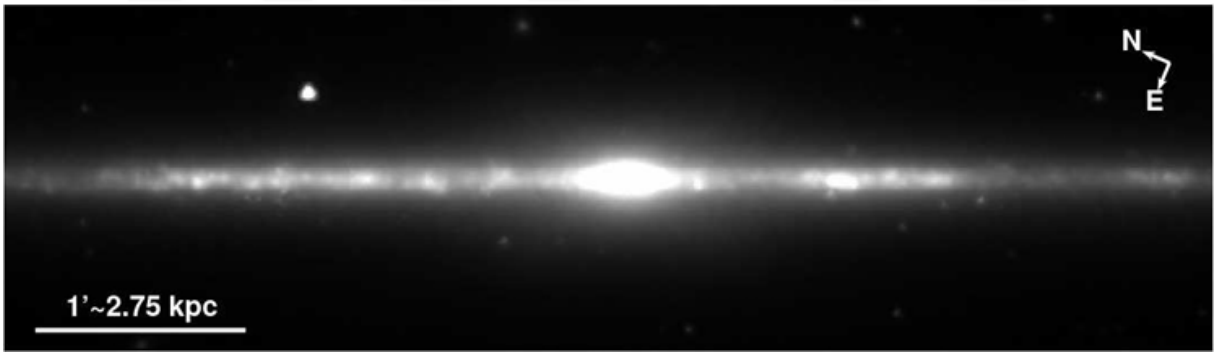
ESO'nun VLT teleskoplarına takılı yakın kızılötesi detektörler ile gerçekleştirilen gözlemler sonucunda Samanyolu'nun şişkin bölgesi araştırılmış ve bu bileşenin yapı, yaş, kinematik ve kimyasal içeriği hakkında önemli bilgilere ulaşılmıştır (Minniti ve Zoccali, 2008).

[8] https://eventhorizontelescope.org/blog/astronomers-reveal-first-image-black-hole-heart-our-galaxy

Şişkin bölgede çok sayıda yıldız, yıldızlararası soğuk gaz ve toz bulunmaktadır (Şekil 2.4). Bu nedenle, şişkin bölge doğrultusunda sönükleşme fazladır. Gözlemler kızılötesi ve radyo bölgesinde yapılmaktadır. Ayrıca Samanyolu haricindeki diğer galaksilerin merkez yapılarında da şişkin bölge oluşumları gözlenmiştir (Bkz. Şekil 2.5).



Şekil 2.4: Samanyolu'nun COBE uydusuyla çekilmiş kızılötesi dalgaboylarındaki görüntüsü. Galaksi'nin merkez bölgesi görüntünün ortasında yer almaktadır. Galaksi merkezinden itibaren yanlara doğru uzanan parlak sarı-turuncu yapı, yoğun miktarda bulunan yıldızlararası gaz ve tozu göstermektedir [9].



Şekil 2.5: NGC 891 Galaksisinin merkez bölgesinin IRAC (Kızılötesi Aralık Kamerası) 4.5μm'lik görüntüsü (Rook ve Bershady, 2013).

Samanyolu'nun merkezi yapısında sadece şişkin bölgenin bulunmadığı, buraya eşlik eden çubuk benzeri bir bar yapının olduğu saptanmıştır. Yakın kızılötesi gözlemler yardımıyla Galaktik çubuklu bar yapının, yakındaki sarmal galaksilerin yaklaşık üçte ikisinin merkezlerinde de bulunduğu gözlenmiştir (Eskridge ve diğ., 2000). Ayrıca şişkin bölgenin gaz kinematiği ve yakın kızılötesi fotometrisinden basık küresel bir yapıdan çok üç eksenli bir

[9] https://hubblesite.org/contents/media/images/1998/01/582-Image.html

yapıya ev sahipliği yaptığı görülmüştür (Binney ve diğ., 1991; Weiland ve diğ., 1994). Samanyolu yapısıyla ilgili araştırmalar sürerken, yakın zamanda Galaktik düzlemin yaklaşık 400 pc üzerinde, şişkin bölgedeki yoğunluk dağılımının X şeklinde bir yapı sergilediği keşfedilmiştir (Wegger ve Gerhard, 2013).

2.1.2 İnce Disk

Samanyolu diski ince ve kalın olmak üzere iki farklı bileşenden oluşmaktadır (Gilmore ve Reid, 1983). İki bileşen, uzaysal dağılımları, metal bollukları ve kinematik parametreleri bakımından farklılıklar gösterir. Samanyolu'nun ince disk bileşeninde başta Güneş Sistemi olmak üzere yıldız oluşum bölgeleri, açık yıldız kümeleri, gaz ve toz yapı yer almaktadır. Bu bileşen yeni yıldız oluşumlarının sürdüğü dinamik bir popülasyondur (Şekil 2.6). İnce disk bileşenin incelenmesinde açık kümelerin önemli bir rolü vardır. Özellikle Galaksi diskinin yapı, oluşum ve evriminin araştırmasında kullanılan en önemli gökcismidir.



Şekil 2.6: NGC 4762 galaksisinin kesitten görünüşü (sol panel). Oklar NGC 4762'in ince disk bileşenini göstermektedir (Van Der Kruit ve Freeman, 2011). Galaksi'nin *Hubble Uzay Teleskobuyla* alınmış bir başka görüntüsü (sol panel)[10].

Galaktik düzleme yakın yıldızların yaklaşık %85'inin ince disk bileşeninde bulunduğu düşünülmektedir (Prieto, 2009). İnce diskin kimyasal (metal bolluğu) ve kinematik (hız

[10] https://apod.nasa.gov/apod/ap141105.html

dispersiyonu) özellikleri incelenen gök cisimlerinin yaşlarına duyarlıdır. İnce disk yıldızlarının yaş aralıkları incelendiğinde çoğu gökcisminin t = 5 Gyıl'dan daha genç olduğu bilinmesine karşın t = 10 Gyıl'a varan nesnelerin de ince disk popülasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir (Reddy ve diğ., 2006). Güneş civarındaki yıldızları Geneva-Copenhagen gökyüzü tarama programıyla inceleyen araştırmacılar (Haywood, 2008 ve Holmberg ve diğ., 2009) ince disk içinde 13–14 Gyıl yaşındaki gök cisimlerinin bulunduğunu göstermişlerdir.

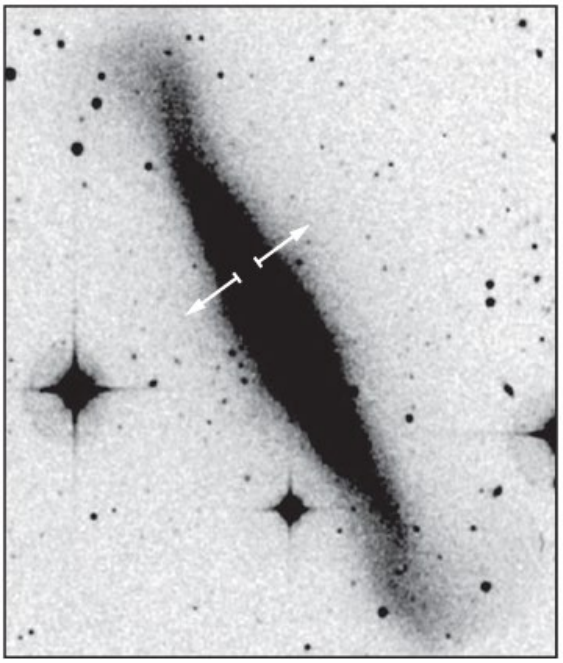
Juric ve dig. (2008) Sloan Sayısal Gökyüzü Tarama (Sloan Digital Sky Survey; SDSS) fotometrik verilerini kullanarak, Samanyolu diski için yıldız sayı yoğunluk haritasını elde etmiştir. Araştırmacılar yıldız sayım yöntemi kullanarak ince disk bileşeni için yükseklik ölçeğini H = 300 pc ve uzunluk ölçeğini de h = 2600 pc olarak tayin etmişlerdir. Galaksi diski üzerine literatürde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda ise ince diskin yükseklik ve uzunluk ölçekleri, sırasıyla, 200-369 pc ve 1-3.7 kpc şeklinde verilmektedir (Du ve diğ., 2003; 2006; Bilir ve diğ., 2006; 2008; Karaali ve diğ., 2007; Yaz ve Karaali, 2010; Jia ve diğ., 2014; Chen ve diğ., 2017; Wan ve diğ., 2017).

2.1.3 Kalın Disk

Samanyolu dışındaki diğer disk galaksilerinin çoğunda, ince diski saran yükseklik ölçeği H = 1 kpc'den daha büyük ikinci bir sönük disk bileşeni görünmektedir (Freeman ve Hawthorn, 2002). Bu bileşen kalın disk olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.7). Galaksimizde kalın disk popülasyonunun varlığına yönelik ilk çalışmalar Yoshii (1982) ve Gilmore ve Reid'a (1983) aittir. Gilmore ve Reid (1983) güney Galaktik kutup civarında SA57 yıldız alanın doğrultusundaki yıldızların mutlak parlaklıklarını tayin ederek yıldız alanı doğrultusunda $4 < M_V < 5$ kadir mutlak parlaklık aralığındaki anakol yıldızlarından yıldız yoğunluk profilini oluşturmuştur. 1980'li yılların başında literatürde geçerli olan iki bileşenli (disk+halo) Galaksi modelini fit eden araştırmacılar Galaksi modelinin $1 < d < 3$ kpc uzaklık aralığındaki gözlemsel yoğunluk profilini iyi temsil etmediğini tespit etmişlerdir. Bu yoğunluk farkını ortadan kaldırabilmek için Gilmore ve Reid (1983) kalın disk adı verilen bileşeni çalışmalara eklemişlerdir. Bu bileşen için uzunluk ve yükseklik ölçek değerleri, sırasıyla, 1.45 ve 4 kpc ve popülasyonun Güneş civarındaki yoğunluk değeri için de %2 olarak vermiştir. Yaklaşık 40 yıl önce literatüre kazandırılan kalın disk bileşeni üzerine yapılan araştırmalarda bu popülasyona ait model parametrelerinin tam olarak belirlenememiştir (Bilir ve diğ., 2008). Araştırmalarda kullanılan nesne türlerinin farklılığı, kullanılan verilerin farklı görünen kadir aralıklarında

olması ve istatistiksel açıdan parametre dejenerasyonluğunun oluşması kalın diskin Galaksi model parametrelerinin tam olarak bilinmesine bir sınırlama getirmiştir (Oswalt ve Gilmore, 2013). Güncel çalışmalar, kalın disk popülasyonunun metalce fakir, yaşlı ve kinematik açıdan yavaş dönen bir Galaktik bileşen olduğu bilmektedir (Freeman, 2012). Bu bakımdan ince diske göre daha sıcak, yaşlı (~12 Gyıl) ve kimyasal bakımdan demirce fakir ve α-elementleri bakımından daha zengindir (Bensby ve Feltzing 2010; Masseron ve Gilmore, 2015). [Fe /H] = -0.6 dex'tir. Kalın diskin yapısında belirgin bir metal bolluğu gradyenti bulunmamaktadır (Bilir ve diğ., 2012; Önal Taş ve diğ., 2016; Recio-Blanco ve diğ., 2014). Bu bileşende tespit edilen nesneler geri tayf türünden anakol yıldızları (K-M), evrimleşmiş değişen yıldızlar (RR Lyrae ve mira), gezegenimsi bulutsular, beyaz cüceler ve Galaksi'mizdeki küresel kümelerdir.

Kalın disk yıldız popülasyonunun, ince disk yıldız popülasyonuna kıyasla, kinematik olarak daha sıcak bir yapı gösterdiği, daha yavaş döndüğü, yıldız halosu kadar yaşlı bir yıldız popülasyonu olduğu ve özellikle yüksek [α/Fe] element bolluğu oranlarına sahip olması nedeniyle farklı kimyasal özellikler taşıdığı görülmüştür (Bensby ve diğ., 2003; 2005; 2007; Fuhrmann, 2008).



Şekil 2.7: NGC 4762 galaksisinin kesitten görünüşü. Dışarı doğru uzanan oklar NGC 4762'in kalın disk bileşenini göstermektedir (Van Der Kruit ve Freeman, 2011).

2.1.4 Halo

Samanyolu'nun en dış kısmında bulunan bileşeni halodur. Galaktik haloyu oluşturan gök cisimleri yaşlı alan yıldızları ve metalce fakir küresel kümelerdir. Söz konusu yaşlı gök cisimleri Galaksi merkezi etrafında basık yörüngelerde dolanır. Halo yıldızları metal bolluğu açısından Galaksi'nin en fakir bileşenidir. Samanyolu'nun yıldız halosu, Carollo ve diğ. (2007) tarafından iç halo ve dış halo olarak iki bileşene ayrılmıştır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Samanyolu'nun dış ve iç halolarıyla ince diski tasvir eden bir görüntü[11].

Gökadamızın metalce fakir halosu, yaşlı olduğu için Samanyolu'nun oluşumu ve evrimi açısından çok dikkat çekicidir. Halo yıldızlarının çoğu yaklaşık 12 Gyıl'dan daha yaşlıdır ve muhtemelen oluşan ilk gök cisimleri içindedir (Freeman ve Hawthorn, 2002). Halonun oluşumu üzerine yapılan çalışmalar, Samanyolu'nun metalce fakir uydu galaksilerin gelgit etkisiyle ve birikmelerinden dolayı oluştuğu sonucuna varılmıştır (Searle ve Zinn, 1978; Freeman 1987).

Halonun diğer bileşeni karanlık halodur. Nesneleri doğrudan gözlenemeyen ancak Samanyolu'nun rotasyon eğrisine yaptığı kütleçekimsel etkiyle açıklanabilen bir yapıdır (Robinson ve diğ., 2022). Soğuk karanlık madde modelinde, karanlık madde, evrenin madde içeriğinin %80'inden fazlasını oluşturur. Bu nedenle, evrendeki büyük ölçekli yapının oluşumunda ve evriminde büyük bir rol oynar. Gökadaların birçoğu karanlık madde parçacıkları halosuyla çevrilidir. Galaksilerin içinde bulunduğu karanlık madde haloları, daha küçük kütleli halolar ile daha büyük haloların birleşmesiyle bir araya gelmiştir.

[11] https://hubblesite.org/contents/news-releases/2012/news-2012-25.html

2.2 AÇIK YILDIZ KÜMELERİ

Samanyolu'nun görünen maddesi çoğunlukla yıldızlar, gaz ve tozdan oluşur. Yıldız topluluklarının farklı biçim ve özelliklerine göre değerlendirildiğinde açık kümeler ve küresel kümeler olmak üzere iki sınıfta gruplanmaktadır (Şekil 2.9). Açık ve küresel küme yıldızları birbirlerine kütleçekim ve gelgit etkileşimleriyle bağlıdır. Kümelere üye yıldızların uzay hareketleri, ortalama metal bollukları ve uzaklıkları birbirine çok benzerdir. Bununla birlikte, kümeler yaş, kimya, oluşum mekanizması, yıldız sayısı, zamana bağlı dinamik evrim ve Galaksi'deki konumları bakımından birbirlerinden belirgin olarak farklılıklar içermektedir.



Şekil 2.9: *Hubble Uzay Teleskobuna* bağlı geniş alan kamerası 3 (WFC3) ile görüntülenmiş bir açık küme (NGC 2164; sol panel[12]) ve bir küresel küme (NGC 6638; sağ panel[13]).

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. Küresel kümelerin yörünge basıklıkları halo ve şişkin bölgede görünmelerine neden olurken, bu kümelerin aslında Samanyolu'nun geçmişteki cüce galaksilerin kalıntıları olduğu düşünülmektedir; yani gaz, toz ve yıldızları çalınmış cüce galaksilerden arta kalan yapılar olduğudur. Küme yıldızlarının yaşı Galaksi'nin yaşıyla karşılaştırılabilecek düzeyde olup Samanyolu'nun popülasyon II grubuna üyedirler. Küresel küme yıldızlarının yaşları ve metal

[12] https://esahubble.org/images/potw2134a/
[13] https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/hubble_ngc6638_potw2231a.jpg

bollukları hemen hemen birbirine benzemektedir. Küme yıldızların ağır element bollukları Güneş bolluğunun yüzde biri kadardır.

Samanyolu Galaksi'sinin açık yıldız kümeleri veya diğer adıyla Galaktik kümeler, oluşumlarından sonra küresel kümelere kıyasla oldukça kısa bir süre içerisinde yıldızlarını Galaksi içerisinde saçarak dağılırlar. Açık kümeler farklı boyutlara ve biçimlere sahiptirler. Bu kümedeki yıldızlar zayıf çekim kuvvetinden dolayı dağınık, çoğunlukla gaz bulutlarıyla çevrilidir; başka bir deyişle görünümleri yuvarlak ve yoğun olan küresel kümelere kıyasla "açık" olarak isimlendirilirler. Açık yıldız kümeleri, seyrek dağılımları ve merkezi yoğunlaşmalarının küçük olması nedeniyle çıplak göz ile kolaylıkla görünmezler. Açık küme yıldızları aynı molekül bulutunun çökmesiyle oluşur (McKee ve Ostriker, 2007) . Bu kümelere üye olan yıldızlar birbirlerine zayıf kütleçekim ve gelgit etkileşimleriyle bağlıdırlar. Bundan ötürü kümeler daha sonra buharlaşıp zaman ile bozularak yıldızlararası ortama karışırlar. Samanyolu'nda görünen maddenin en baskın olduğu yer olan Galaktik düzleme yakın konumlarda bulunurlar. Galaktik düzlemde yeni yıldız oluşumu en çok spiral kollarda görülür; dolayısıyla açık yıldız kümeleri spiral kollardaki baskın yapılardır. Açık kümeler Galaktik düzlemde bulundukları için yıldızlararası gaz ve toz tarafından yoğun bir şekilde sönükleşmeye maruz kalırlar ve çok sayıda alan yıldızından kolayca ayırt edilemezler. Açık küme üyesi yıldız sayıları birkaç on ile birkaç yüz yıldız arasında değişim gösterir (Friel, 1995). Genç ve orta yaşlı yıldızların baskın olduğu yapılardır (Lada ve Lada, 2003). Kümelere üye yıldızları yaklaşık aynı mesafededir. En yaşlı açık yıldız kümelerinin yaşı 10 Gyıl (NGC 6791; Gao, 2020 ve Berkeley 17; Rao ve diğ., 2023) olsa da açık küme yaşı birkaç ile birkaç milyon yıl aralığında değişmektedir. Güncel çalışmalar Samanyolu'nda bulunan açık kümelerinin sayısı yaklaşık 7,200 olduğunu göstermektedir (Hunt ve Reffert, 2023). Açık kümeler popülasyon I yıldızlarından oluşurlar; yani yıldızlar genç ve metal bolluğu yönünden zengindir. En genç açık kümeler, Güneş'e yakınlıklarından farklı olarak Perseus sarmal kolu gibi bölgelerde daha fazla görülürken, en yaşlı açık kümeler ise Galaktik düzleminin çok ötesinde yaygın olarak görülmektedir.

Birçok açık yıldız kümesinin çevresinde görülen dağınık emisyon bulutsularının varlığı, kümedeki toz taneciklerinden yansıyan yıldız ışığından kaynaklanır. Özellikle genç ve oluşmakta olan açık kümelerini çevresinde yoğun gaz ve toz yapı gözlenmektedir. Bu tür açık

kümelerde parlak, mavi yıldızlar bulunur. Bu da kümelerin, Galaktik zaman ölçeğinde, kısa bir süre önce oluştuğunu gösteren önemli bir delildir.

Son 10 yılda literatürdeki açık küme araştırmalarında büyük artış olmuştur. Uzay tabanlı teleskoplar ile gökyüzündeki yıldızların astrometrik ve fotometrik yöntemler ile incelenmeye başlanmasıyla açık küme sayılarında büyük bir artış olması ve bilinen açık kümelerin analizlerinin yeniden ele alınarak incelenmesi, açık küme parametrelerinin güncellenmesini sağlamıştır(Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Dias ve diğ., 2021). Açık küme parametrelerinin 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 yıldız kümeleri Samanyolu'nun yapısını ve Galaktik yapının haritalanmasını, Galaksi'deki yıldız popülasyonlarını, yıldız oluşum dinamiklerini, tekli ve çoklu yıldız evrimini incelemek adına önemlidir. Açık kümeler, Galaksi disk yapısını ve kimyasal evrimini araştırılmasını mümkün kılar. Ayrıca bu kümeler Galaktik dönme eğrisinin değişkenlerini, kinematik ve geometrik özelliklerini tahmin etmek için de kullanılırlar. Açık küme üye yıldızlarının fotometrik ve astrometrik verilerden oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarıyla (CMD), yıldız evrim modellerinin sınanması yıldız astrofiziği açısından son derece önemlidir.

Açık küme keşiflerinin artmasıyla birlikte farklı boyut ve şekillerde bulunan kümeler için bir sınıflama ihtiyacı doğmuştur. Öncül sınıflama kümelerdeki yıldızların merkezi yoğunlaşmasına, parlaklıklarına ve kümedeki yıldız sayısına bağlı olarak üç temel parametre üzerinden yapılmıştır (Trumpler, 1925; 1930). Bu sınıflamaya göre

- **Merkezi yoğunlaşma kriteri:** Küme merkezi yoğunlaşması Romen rakamlarıyla (I-IV) gösterilir. Sınıflamada büyük rakamdan (IV), küçük rakama (I) doğru merkezi yıldız yoğunlaşma derecesi artar.
- **Parlaklık kriteri:** Yıldızların parlaklıkları dikkate alınarak üç grupta sınıflanmıştır:

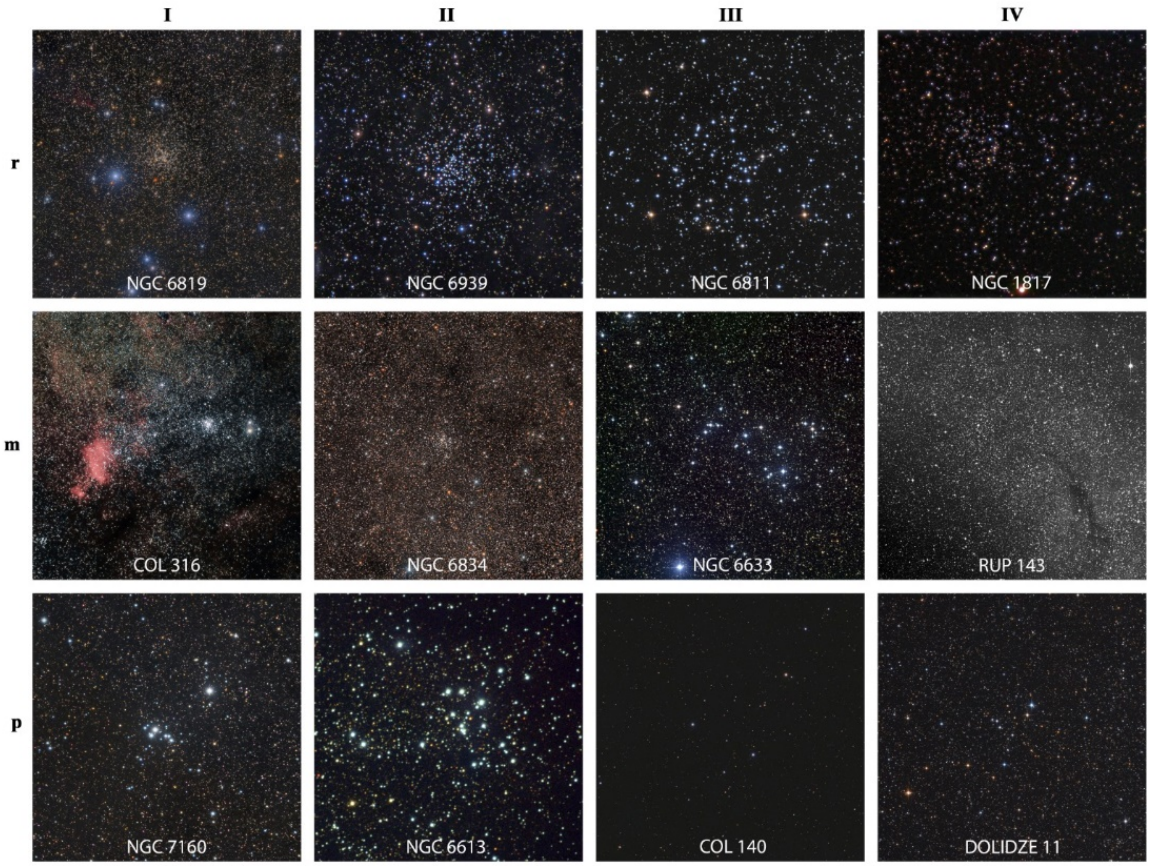
  1– Küme üyesi yıldızların çoğu aynı parlaklıktadır.
  2– Küme üyesi yıldızların çoğu orta parlaklıktadır
  3– Küme üyeleri parlak ve sönük yıldızlardan meydana gelmektedir.

- **Yıldız sayısı zenginlik kriteri:** Küme üyesi yıldızların sayıları hakkında fikir vermekte olup *p*, *m*, *r* harfleri ile gösterilir:

***Fakirlik (p)*:** Küme 50 yıldızdan daha az yıldız içermektedir.
***Orta Zenginlik (m)*:** Küme 50 ile 100 yıldız içermektedir.
***Zenginlik (r)*:** Küme 100 yıldızdan daha fazla yıldız içermektedir.

Bu kriterlere ek olarak, küme çevresinde yoğun gaz ve toz ortamın bulunması durumunda sınıflamaya *n* harfi de eklenmektedir.

Trumpler tarafından geliştirilen sınıflamayı daha iyi anlayabilmek için farklı parametrelere sahip kümelerin bir görseli Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Sınıflama bir örnek teşkil etmesi adına Şekil 2.10'da NGC 6939 açık kümesi dikkate alındığında küme üyesi yıldızlarının benzer parlaklıkta, belirgin merkezi yoğunlaşmaya sahip ve yıldız sayısı bakımından zengin oluşu kümenin Trumpler sınıflamasına göre II, 1, *r* sembolleriyle ifade edilmesini gerektirmektedir (Bkz. Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Trumpler (1925; 1930) sınıflamasına göre oluşturulan örnek açık kümeler. Sütunlardaki kümeler merkezi yoğunlaşma derecesini (I, II, III ve IV) ve satırlardaki kümeler de yıldız sayılarına (*r*, *m* ve *p*) göre sınıflandırılmıştır.

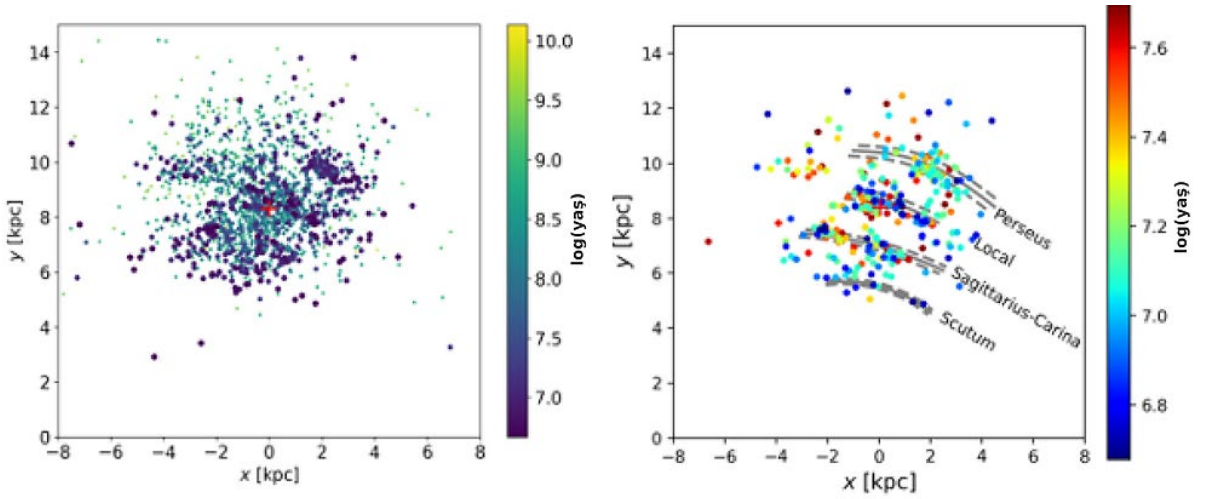
2.2.1 Uzay Dağılımları

Açık kümelerin uzay dağılımı ve bu topluluklarının Samanyolu'nun uçsuz bucaksız alanı boyunca dizilişi, Galaksi'nin yapısı ve tarihi hakkında çok önemli ipuçları barındırır. Açık kümelerin uzay dağılımının anlaşılması, Samanyolu'nun biçimini şekillendiren karmaşık süreçleri ve evrimini yöneten dinamik mekanizmaları ortaya çıkarmaktadır.

Samanyolu içinde genç ve yaşlı olarak sınıflandırılmış açık kümelerin konumlarının farklı olduğu uzun zamandır bilinmektedir (Van den Bergh, 1958). Çeşitli araştırmalarda, yaşı 200 Myıl'dan genç açık kümelerin Galaktik düzleme çok yakın konumlarda bulunduğu, yaşlı açık kümelerin ise bu düzlemden daha uzakta yer aldıkları güncel çalışmalarda gösterilmiştir (Cantat-Gaudin ve diğ., 2020; Hao ve diğ., 2021). Yaşlı açık kümelerin Galaktik merkezden çok uzak mesafelere kadar ulaştığı ve daha dağınık bir dağılıma sahip olduğu, genç açık kümelerin ise Galaksi merkezine yakın konumlarda yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, genç açık kümeler, Samanyolu'nun şişkin bölgesi ve ince diskteki ortalama popülasyona göre daha parlak ve mavidir. Bu özelliklerinden dolayı yaşlı açık kümelere göre daha kolay tespit edilebilir.

Samanyolu'nun Galaksi merkezi doğrultusundaki yıldız alanları ve düşük Galaktik enlemlerdeki aşırı yıldız yoğunluğu açık kümelerin uzun süre hayatta kalmasını zorlaştırmaktadır. Galaksi'nin dinamik merkezi bölgesi açık kümelerin oluşumlarına katkı vermek ile birlikte, kümelerin molekül bulutları ve spiral kollar ile etkileşimlerini arttırmaktadır. Kütleçekimsel etkileşimlerinin artmasıyla küme üyesi yıldızların kümelerden ayırılması (buharlaşma) kolaylaşmakta ve kümenin kısa bir sürede yıldız alanlarına dağılması söz konusu olmaktadır. Galaksi merkezinden uzaklaştıkça ve yüksek Galaktik enlemlere gidildikçe, Galaksi'nin iç 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). 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 izcileridir (Martinez-Garcia ve Puerari, 2014). Bu nedenle, genç kümeler

Samanyolu'nun spiral yapısını ortaya çıkartılmasında kullanılan önemli nesnelerin başında gelir (Joshi ve Malhotra, 2023). Sonuç olarak, genç açık kümeler spiral kolların yapısının (Şekil 2.11), yaşlı olanlar ise Galaktik düzleminin incelenmesine olanak verirler. Galaktik düzlem ile spiral kolların yapısı ve evrimi, astronomide temel ancak uzun süredir devam eden bir sorudur. Bu duruma yeterince açıklık getirilememiştir. Açık kümeler, özel yapılarından dolayı bu konuların anlaşılmasında önemlidir.



Şekil 2.11: Monteiro ve diğ. 'nin (2021) *Gaia* DR2 kataloğundan belirledikleri 1,750 açık küme (sol panel) ile $t = 50$ Myıl'dan genç olan açık kümelerin (sağ panel) Galaktik düzlem (X-Y) üzerindeki konumları. Panellerin sağ tarafındaki renk ölçeği yıldız yaşlarını göstermektedir. Sol panelde kırmızı artı sembolü Güneş'in Galaksi içindeki konumu (0, 8.3 kpc) ifade ederken, sağ paneldeki gri kesikli çizgiler sıfır yaş kollarını göstermektedir.

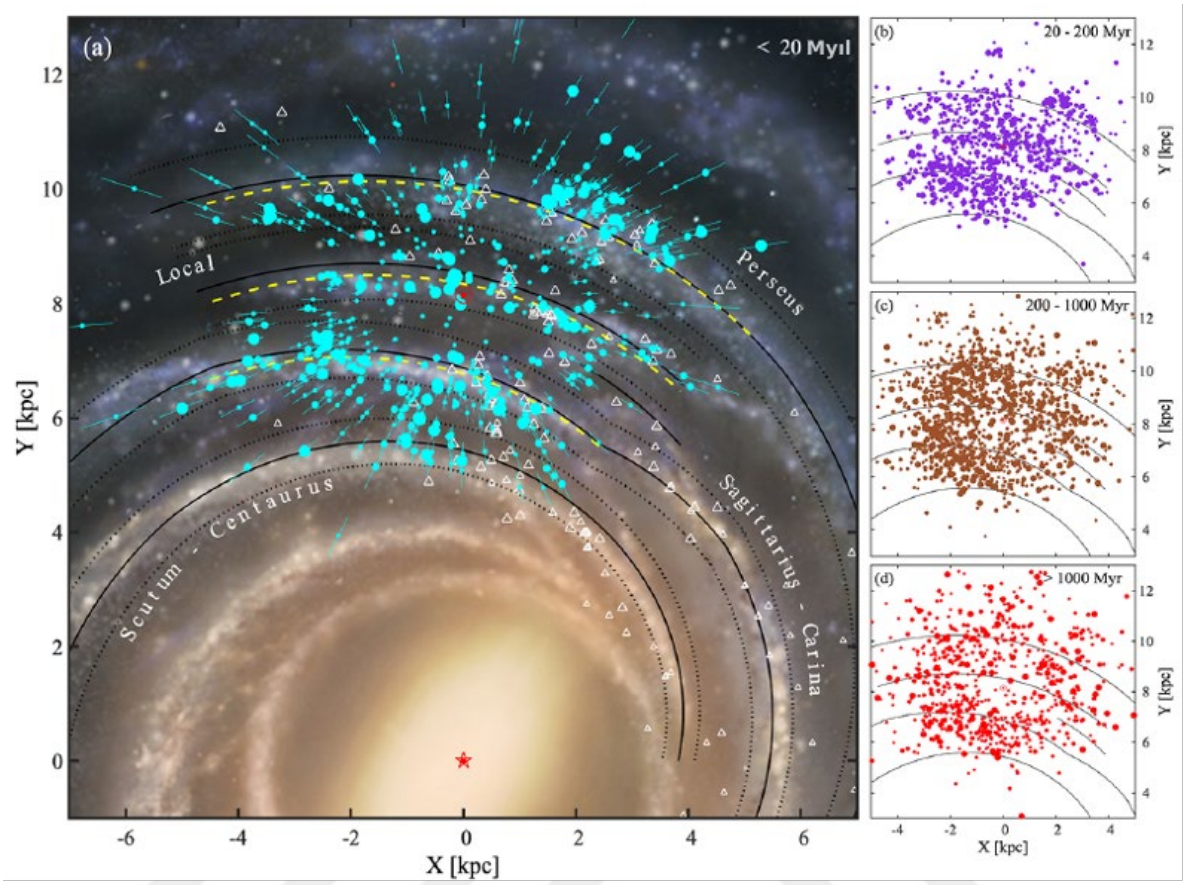
Monteiro ve diğ. (2021), *Gaia* DR2 kataloğunda (Gaia işbirliği, 2018) tespit edilmiş 1,750 açık kümeyi Galaktik düzlem (X-Y) üzerinde incelenmişlerdir. Araştırmacı açık kümeleri yaşlarına göre analiz ederek Güneş komşuluğundaki spiral yapıyı daha detaylı ortaya çıkartmıştır. Şekil 2.11'in sağ panelinde gösterildiği gibi yaşı t = 50 Myıl daha genç olan 566 açık küme Galaksi'nin spiral kollarının çok iyi bir göstergeci olmuştur. Bununla birlikte, genç açık yıldız kümelerinin Sagittarius-Carina koluna öncülük ettiği, yerel kolda merkezlendiği ve Perseus kolunun gerisinde kaldığı görülmüştür (Monteiro ve diğ., 2021).

Hao ve diğ. (2021) *Gaia* DR2 kataloğundaki açık yıldız kümelerinin ortalama radyal hızlarını, öz hareketlerini, uzaklıklarını ve yaş parametrelerini tayin etmişlerdir. Bu analizlerin yanı sıra açık kümelerin yükseklik ölçeğini ve Samanyolu'ndaki konumlarını yaşın bir fonksiyonu olarak incelemiştir. Araştırmacıların inceledikleri açık kümelerin ortalama yaşı yaklaşık 1.5 Myıl'dan 850 Myıl'a kadar uzananların yükseklik ölçekleri H = 42 pc'ten H = 180 pc'ye

arttığını tespit etmişlerdir. Hao ve diğ. (2021) göre yaşı t = 20 Myıl'dan genç kümeler için yükseklik ölçeğini H = 70.5±2.3 pc verirken, yaşı 20 < t < 100 Myıl arasında olan açık kümelerin yükseklik ölçeğini H = 87.4±3.6 pc olarak tayin etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında, t = 1 Gyıl'dan daha yaşlı açık kümelerin yükseklik ölçeğinde önemli bir artış olduğunu da göstermiştir.

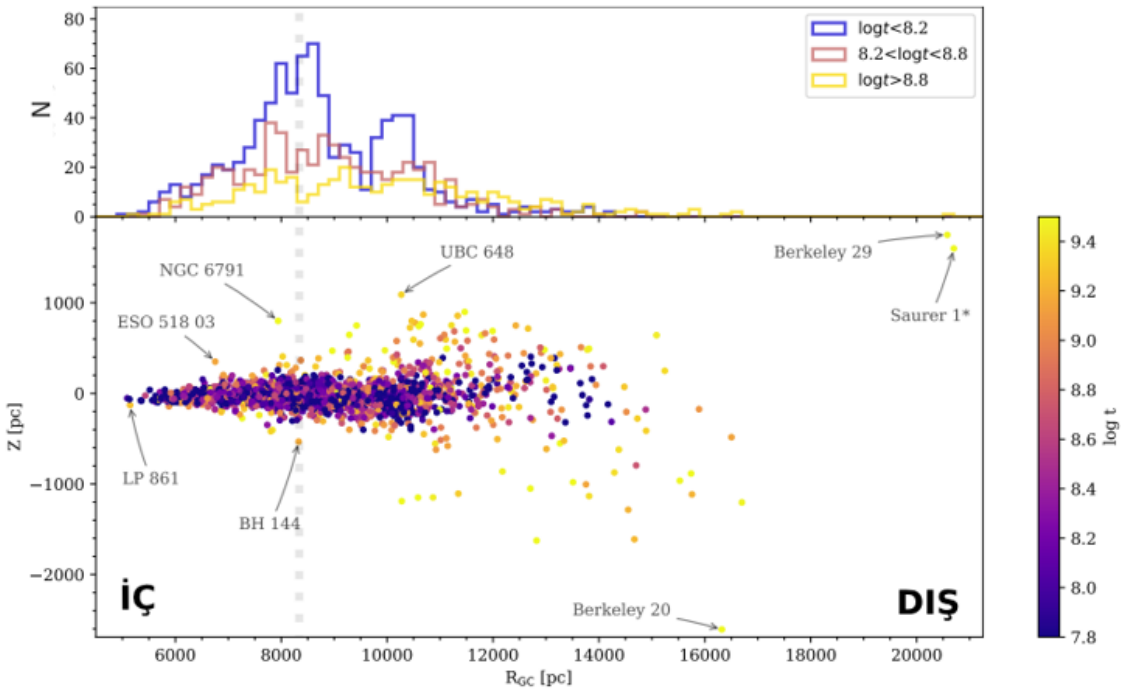
Hao ve diğ.'nin (2021) oluşturdukları katalogda yaşları ve uzaklıkları bilinen 3,794 açık kümeyi dikkate alarak kümelerin Samanyolu içindeki dağılımlarını yaşlarının bir fonksiyonu olarak incelenmişlerdir (Şekil 2.12). Analiz edilen açık kümelerin yaşları 20 < t < 1000 Myıl aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar inceledikleri açık kümeleri 20 < t ≤ 200 Myıl (genç), 200 < t ≤ 1000 Myıl (orta) ve 1000 < t Myıl (yaşlı) olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Farklı yaş gruplarına göre, kümelerin Galaktik düzlemdeki dağılımları incelendiğinde, genç (a paneli) ve orta (b paneli) yaş grubunda bulunanların ağırlıklı olarak Samanyolu'nun spiral kolların üstünde ve yakınında yer aldıkları, yaşlı açık kümelerin ise daha çok spiral kollar arasında bulundukları ve Güneş komşuluğundan uzak mesafelere kadar yayıldıkları görülmüştür (Şekil 2.12).

Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), yaklaşık 2,000 açık kümenin yaş, uzaklık ve sönükleşme değerlerini tayin edebilmek için açık kümelerin *Gaia* DR2 (Gaia işbirliği, 2018) astronomik ve fotometrik verilerini analiz etmiştir. Çalışmalarında açık küme yaşlarını 160 Myıl'dan (log t < 8.2, genç), 160-630 Myıl (8.2 < log t < 8.8, orta) ve 630 Myıl'dan (8.8 < log t, yaşlı) yaşlı olmak üzere üç gruba ayırmışlardır. Oluşturulan listedeki açık kümeler Galaksi merkezine göre radyal doğrultuda ve Galaktik düzleme göre dik mesafelerde oluşturulan grafik küme yaşlarının bir fonksiyonu olarak gösterilmiştir (Şekil 2.13). Araştırmacılar inceledikleri genç ve orta yaşlı açık kümelerin çoğunlukla Güneş çemberi içinde yaklaşık z = 250 pc'lik uzaklık içinde kümelendiklerini, yaşlı olanlar ise Güneş çemberi dışında ve z = 250 pc'nin ötesinde konumlandıklarını tespit etmişlerdir. Galaksi merkezine göre radyal doğrultudaki (R_{gc} > 13 kpc) yaşlı açık kümelerin Galaktik düzlemden çok uzakta (z > 1.5 kpc) bulundukları ve güney Galaktik yarı küreye doğru uzandıkları görülmüştür (Bkz. Şekil 2.13). Bu bulgu Samanyolu'ndaki burulmayı gösteren önemli delillerden biridir.



Şekil 2.12: 3,794 açık kümenin Samanyolu'ndaki konumları. İçi dolu mavi daireler yaşı $t = 20$ Myıl'dan daha genç kümeleri gösterir (a). Panelde Galaksi merkezi ve Güneş'in konumları, sırasıyla, kırmızı yıldız ve beyaz daire sembolleriyle gösterilmiştir. Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8.15 kpc'dir (Reid ve diğ., 2015). Küme yaşları $20 < t \leq 200$ Myıl (b), $200 < t \leq 1000$ Myıl (c) ve $1000 < t$ Myıl (d) aralığında bulunan açık kümelerin Galaktik düzlem üzerindeki konumları (Hao ve diğ., 2021).

Samanyolu'ndaki açık kümelerin dağılımı görecelidir; çünkü Galaktik düzlemde hâlâ keşfedilmeyi bekleyen çok sayıda açık küme bulunmaktadır (Castro-Ginard ve diğ., 2021). Galaktik düzleme gömülü ve yıldızlararası ortam ile etkileşen bu türden açık kümeleri keşfetmek oldukça güçtür. *Gaia* uydusu, 3,000 – 10,000 Å dalgaboyu aralığında gökyüzündeki çok sayıda kaynağın çok hassas trigonometrik paralaks ve öz hareket bileşenlerini ölçmek ile birlikte, astrometrik uzayda alan yıldızlarıyla küme yıldızlarını ayırabilmiştir. Bununla birlikte, Samanyolu'nda yaklaşık 1,500 açık küme keşfedilmiştir (Castro-Ginard ve diğ., 2018; 2020; 2021).



Şekil 2.13: Üç farklı yaş grubunda bulunan yaklaşık 2,000 açık kümenin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla (R_{gc}) sayılarının dağılımı (üst panel). Kümelerin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemden dik uzaklıkları (z) arasındaki dağılım (alt panel). Kümelerin yaşları şeklinde sağ yanında verilen renk ölçeğiyle ifade edilmiştir. Güneş, Samanyolu merkezinden 8,34 kpc uzaklıkta bulunmaktadır. Bu uzaklık iki panelde gri kesikli çizgiyle gösterilmiştir.

2.2.2 Temel Parametreler

Açık kümelerin temel astrofizik parametrelerinin tayini, Samanyolu'nun disk yapısı başta olmak üzere Galaksi diskinin oluşumu ve evriminin aydınlatmasında anahtar rol oymaktadır. Kümelerin büyüklükleri, üye sayıları, uzaklıkları, metal bollukları ve yaşları gibi yapısal ve astrofizik parametrelerinin belirlenmesi Galaksi'nin araştırılmasında önemli olsa da elde edilen verilerin homojen yöntemler ile tayin edilmemesi analizlerden elde edilecek sonuçlarda yanlılıklar içerecektir. Bununla birlikte, her küme parametre uzayında tek bir nokta üzerinden katkıda bulunduğundan, açık küme verilerinin toplanması geleneksel olarak uzun bir süreç almaktadır. *Gaia* uydusunun bilimsel görevine başlamasıyla birlikte, G=21 kadirden daha parlak bir milyardan fazla yıldız için doğru ve duyarlı astronomik ve fotometrik verilerin kullanımıyla açık kümelerin daha duyarlı temel parametreleri elde edilmeye başlanmıştır. Bu da, Samanyolu'nun homojen veriler ile araştırılmasında yeni bir dönemi başlatmıştır.

İçerdikleri yıldız sayısına bağlı olarak açık kümeler, farklı yapısal özellikler gösterirler. Birkaç yıldız ile düzensiz şekilde olabilecekleri gibi binlerce yıldız içeren yoğun ve nispeten küresel bir yapıda da görülebilirler. Kümelerdeki düşük veya yüksek yıldız sayı yoğunluğu, açık kümelerin dinamik gelişimini, fiziksel boyutunu ve merkezi yıldız yoğunluğu gibi yapısal parametrelerin belirlenmesini doğrudan etkilemektedir. Yaklaşık aynı kütleye ve farklı boyutlara sahip iki açık küme evrimleştikçe, dağılma süreçleri de bu durumdan etkilenir. Küçük boyutlu açık kümelerde bulunan üye yıldızlar, evrimsel süreçleri ve kümenin diğer üyeleriyle olan etkileşimleri nedeniyle büyük boyutlu kümelere göre daha kolay kümeden atılabilir veya buharlaşabilir. Büyük boyutlu açık kümelerdeki yıldızlar ise Galaksi'nin gelgit alanı, dev moleküler gaz bulutları ve spiral kollardaki şok dalga etkileri gibi dış kuvvetler ile dağılabilir (Patat ve Carraro, 1995; Andersen ve Nordström, 2000; Carraro, 2006).

Açık yıldız kümelerinin gelişim süreçlerini anlamak ve yapısal parametrelerini yüksek hassasiyet ile tayin etmek için, küme merkezinden farklı radyal uzaklıktaki yıldızların sayı yoğunluklarının incelenmesi 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 parametrelerinin tayininde ise, küme doğrultusundaki yıldızlardan fotometrik olarak belirlenmiş üye yıldızların, renk-parlaklık diyagramları üzerindeki konumlarıyla teorik eş-yaş eğrileri karşılaştırılarak belirlenir. Bu yöntemde, kümeye ait üye yıldızların seçimindeki duyarlılık yeterli olmayıp ana parametrelerin eş-zamanlı olarak tayin edilmesi de sonuçları 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 çalışmalarda bir arada değerlendirilmesi, kümenin temel astrofizik parametrelerinin tayin edilmesinde daha etkindir (Kharchenko ve diğ., 2005). Uzay tabanlı gözlemlerin

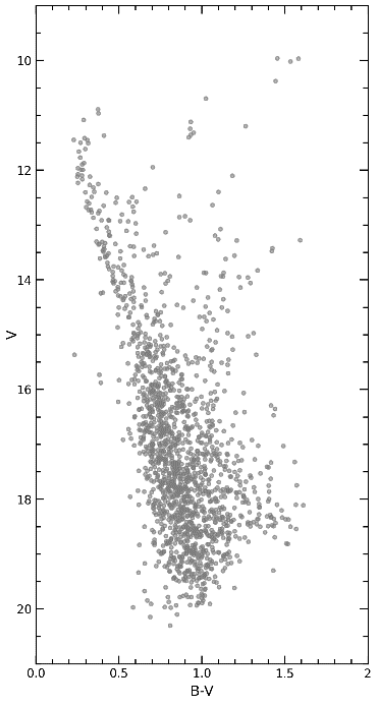
artmasıyla birlikte kümelere ait parametrelerin doğrulukları ve duyarlılıkları da artmıştır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; 2020).

Hyades ve Pleiades yıldız kümelerinin ilk renk-parlaklık diyagramları 20. yy başlarında oluşturulmuştur (Hertzsprung, 1911). Bunun ile birlikte, açık kümelerin yaş, metal bolluğu, uzaklık ve renk artığı gibi parametreleri doğrudan renk-parlaklık (CMD) ve iki-renk diyagramlarından (TCD) tayin edilebilir. Ayrıca CMD'ler, herhangi bir yaştaki yıldızların ve yıldız popülasyonlarının fiziksel özelliklerini, basit yıldız kümelerinden galaksilere kadar kimyasal bileşimi ve boyutunun anlaşılmasında kullanılan önemli bir araçtır. Ayrıca bu temel diyagramlar, küme bölgesindeki yıldızların renk uzaylarındaki konumlarının yanı sıra kümelerin evrimi, çift yıldızların ve aykırı yıldızların tespiti için de kullanılabilir.

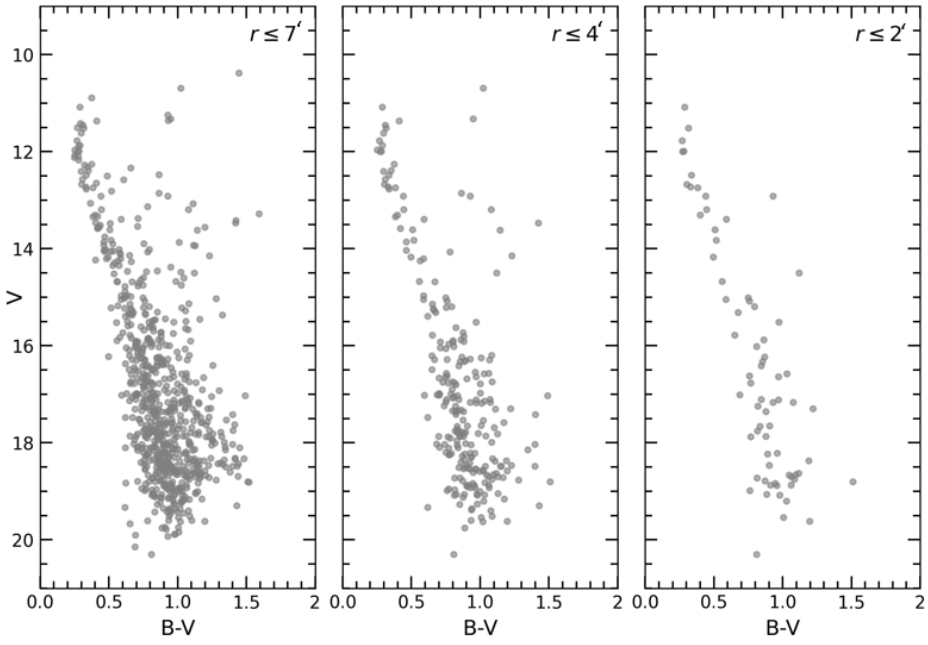
Bir açık kümenin temel parametrelerini tayin etmeden önce küme yıldızları teşhis edilmelidir. Gözlem verileriyle istatistiksel analizlerden elde edilen parametreler (öz hareket, trigonometrik paralaks, radyal hız ve fotometrik veri gibi) dikkate alınır. Yıldız kümelerinin teşhisinde kümenin önünde ve arkasında kalan alan yıldızlarının etkisi büyüktür. İstatistiksel yaklaşımlar, CMD'deki yıldızların konumlarını, öz hareketlerini ve radyal hızları dikkate alınarak kümenin yıldızları alan yıldızlarından ayrılır. Alan yıldızları, az sayıda üye yıldıza sahip kümedeki yıldızlar üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Uzay tabanlı uyduların duyarlı astrometrik, fotometrik ve tayfsal gözlemlerinden elde edilen veriler ile küme üyesi yıldızlar daha kolay belirlenmektedir.

NGC 6811 açık kümesinin $V \times B\text{-}V$ CMD'si dikkate alındığında, $V<15$ kadirden daha parlak anakol yıldızlarının küme üyesi olduğu kolaylıkla görülmektedir (Şekil 2.14). NGC 6811 açık kümesi literatür verileri dikkate alındığında t = 1000±50 Myıl, [Fe/H] = -0.10±0.01 dex ve d = 960±70 pc olduğu belirlenmiştir (Yontan ve diğ., 2015). Şekil 2.14'deki NGC 6811 açık kümesinin CMD diyagramında kümenin anakolu, dönüm noktası ve kırmızı dev koluyla birlikte küme doğrultusundaki alan yıldızları kolaylık ile ayırt edilebilmektedir. Kümedeki çift yıldızların anakol bandını genişlettiği bilinmektedir. Kümenin çift yıldızları en fazla 0.75 kadir üstünde kalırken, sönük parlaklıklara doğru alan yıldızlarının etkisi artmaktadır.

NGC 6811 açık kümesinin $V \times B\text{-}V$ CMD'sinde, anakol yıldızları kolayca ayrıt edilebilmesine karşın küme doğrultusundaki alan yıldızları tüm parlaklıklara etki etmektedir. Bu durum, kümenin yapısının ortaya çıkarılmasının ve üye yıldızlarının tespitini zorlaştırmaktadır.



Şekil 2.14: NGC 6811 açık kümesinin *V*×*B*-*V* CMD'si (Yontan ve diğ., 2015).

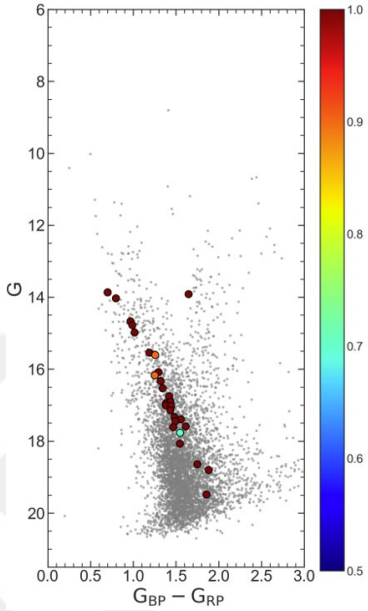


Şekil 2.15: NGC 6811 açık kümesinin merkezinden itibaren üç farklı yarıçap için oluşturulan *V*×*B*-*V* CMD'leri.

Kümenin olası üyeleri ve küme doğrultusundaki alan yıldızlarının etkisi bazı istatiksel kısıtlamalar ile ortadan kaldırılmaktadır. Bu amaçla, açık küme merkezinden farklı konumlarda bulunan yıldızların CMD'si oluşturulmaktadır. Bu diyagram incelenerek küme doğrultusundaki

alan yıldızlarının etkisi ortadan kaldırılır. Bu nedenle, NGC 6811'in küme merkezinden itibaren çeşitli yarıçap uzaklıklardaki $V \times B\text{-}V$ CMD'si incelenmiştir (Şekil 2.15). Böylece, kümenin yapısı ($r \leq 2'$) belirginleşmiş ve küme doğrultusundaki alan yıldızlarının etkisi azalmıştır.

Küme üyeliğini belirlemede kullanılan astrometrik bir yöntemin uygulaması Czernik 2'nin açık kümesi için gerçekleştirilmiştir (Akbulut ve diğ., 2021). Bu çalışmada kümeye üye 28 yıldız tespit edilmiş olup kümenin küçük kütleli yıldızlarının bulunmadığı bunun da buharlaşma yoluyla kaybettiğini gösteren bir delildir (Şekil 2.16). Temel açık küme parametrelerinin belirlenmesi ve küme doğrultusundaki yıldızların farklı renk uzaylarındaki dağılımının incelenmesinde, fotometrik analizlerinde CMD ile birlikte, TCD de kullanılmaktadır. TCD, çeşitli fotometrik sistemlerin bantlarından oluşturulurken, ancak genellikle elektromanyetik tayfın optik bölgesinde tanımlı *UBV* filtreleri kullanılmaktadır. Gözlem verilerinden elde edilen kızarma, mutlak parlaklık ve metal bolluğu gibi parametrelerin hesaplanmasında *UBV* TCD'si kullanılır.

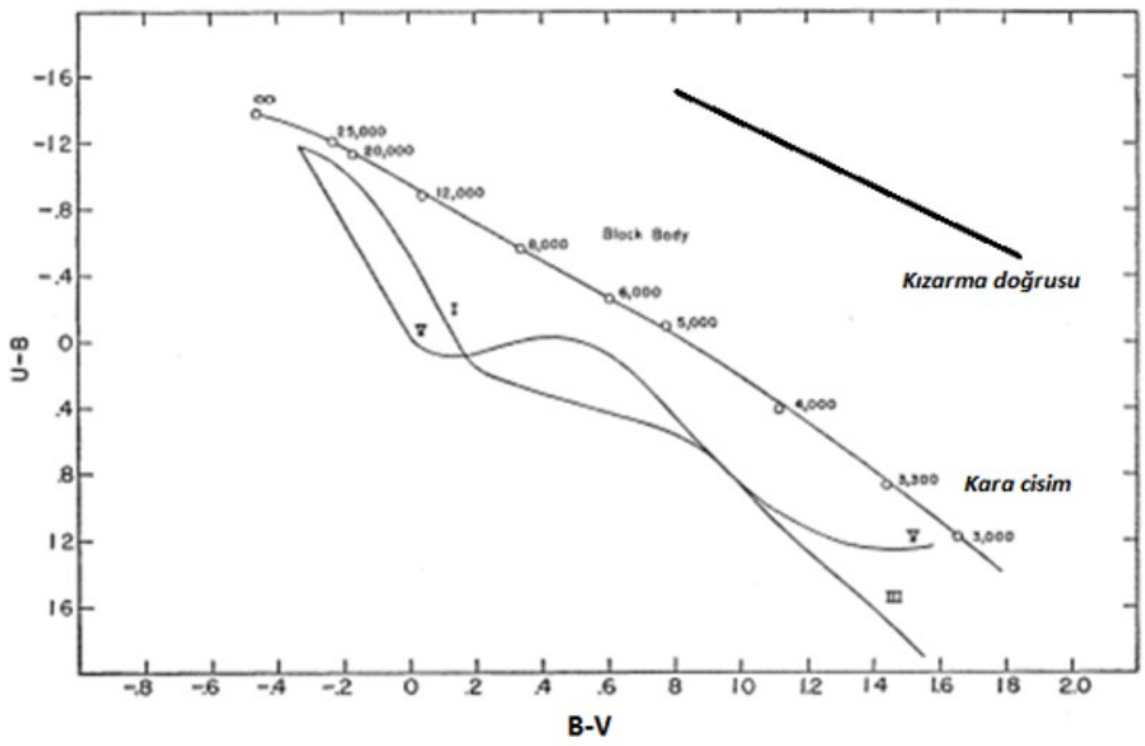


Şekil 2.16: *Gaia* fotometrik verilerinden oluşturulan, Czernik 2 kümesinin $G \times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ CMD. İçi dolu daireler, kümeye ait olması muhtemel yıldızları, gri noktalar ise alan yıldızlarını, sağ tarafta verilen renk paleti kümeye üye yıldızlarının olasılıklarını temsil etmektedir (Akbulut ve diğ., 2021).

$U\text{-}B \times B\text{-}V$ düzleminde işaretlenen gözleme dayalı sıfır yaş anakolu, farklı ışıma gücündeki yıldız sınıfları, kızarma ve kara cisim çizgileriyle temel parametrelerin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Sung ve diğ., 2013). Arp (1961) $U\text{-}B \times B\text{-}V$ CMD'si üzerinde farklı ışıma gücü sınıfındaki yıldızların konumlarıyla birlikte, kara cisim ve kızarma doğrusunu içeren çizim Şekil 2.17'de gösterilmiştir.

Galaktik düzlem civarında toplanan yıldızlararası madde, astronomik nesnelerin fotometrik parlaklıklarında sönükleşmeye, renklerinde ise kızarmaya sebep olur. $U\text{-}B \times B\text{-}V$ TCD'den, yıldızların renk artıklarının belirlenmesinde doğru ve hassas sonuçların elde edilmesi için kullanılır. Renk artıkları büyük olan yıldızlar, $U\text{-}B \times B\text{-}V$ TCD, kızarma doğrusu boyunca bir yer

değişimi gösterir (Bkz. Şekil 2.17). Yıldızlararası ortamın etkilerini kızarmaya uğramış yıldızların renklerinden ayırmak için kızarmadan arındırılmış anakol eğrisini *U-B*×*B-V* TCD'nda kızarma doğrusu boyunca, gözlemsel veriyle en iyi şekilde eşleşene kadar kaydırılır. Sonuç olarak, yıldız alanı doğrultusundaki renk artığı (*E*(*B-V*)) hesaplanır.



Şekil 2.17: *UBV* TCD üzerine işaretlenen farklı sıcaklık ve farklı ışıma gücü sınıfındaki yıldızların konumlarıyla kızarma ve kara cisim doğruları.

Açık kümelerin anakol çakıştırma yöntemiyle uzaklıkları hesaplanır ve bu yöntem için Sıfır Yaş Anakol (ZAMS) eğrisi kullanılır. Literatürde ZAMS için verilen bağıntılar, Güneş'e uzaklıkları iyi belirlenmiş standart olarak kabul edilen Hyades ve Pleiades açık kümelerinin anakol yıldızları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Bu bağıntılar birçok araştırmacı tarafından ele alınmış ve geliştirilmiştir (Johnson ve Hiltner, 1956; Sandage, 1957; Blaauw, 1963; Mermilliod, 1981; Schmidt-Kaler, 1982; Sung ve Bessell, 1999; Sung ve diğ., 2013).

2.2.3 Dinamik Evrimleri

Samanyolu'ndaki tüm açık kümelerin hayatları boyunca yüksek doğruluk ve hassasiyet ile temel parametrelerinin belirlenmesi kolay değildir. Açık kümelerin yapısal ve iç dinamik özelliklerini tanımlayan gözlemsel çalışmalar, küresel kümeler ile ilgili çalışmalar kadar

ilerlememiştir. Alan yıldız kirlenmesi ve Galaktik düzlem içindeki kütleçekimi potansiyelinin etkileri genellikle, açık kümelerin Galaksi diski üzerindeki konumlarında belirgindir.

Hem gözlemsel hem de teorik olarak mevcut kanıtlar, en az bir milyar yıl yaşında bulanan açık kümelerin önemli bir dinamik evrim içinde olduğunu gösterir. Lada ve Lada (2003) açık küme oluşumu üzerine yaptıkları araştırmada yıldız kümelerinin doğumlarından bu yana önemli derecede dinamik evrim geçirdiklerini göstermiştir. King'in (1962; 1966) yayınladığı öncül çalışmalarda, açık kümelerin dinamik evriminde, kümelerin gelgit kuvvetleri tarafından değiştirilen izotermal alanları için beklenen yüzey yoğunluk profillerini takip etmektedir. Bunun ile birlikte, gelgit etkisinin küme çekirdeklerinin yarıçaplarına ve yoğunluk parametresine doğrudan bağlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca açık kümelerin tipik çekirdek yarıçapları ve gelgit yarıçapları, sırasıyla, yaklaşık 1–2 pc ve 10–25 pc şeklinde hesaplanmıştır.

Açık kümelerdeki yıldızların ayrışma ve buharlaşma süreçleri, modeller tarafından ortaya konan iki farklı dinamik mekanizmadır. Gevşeme süresi tarafından tanımlanan bir zaman ölçeğinden sonra yıldızların kümeden ayrılması beklenir. Gevşemeden sonra daha büyük kütleli üyeler daha alçak yörüngelerde hareket eder ve kümenin iç kısmında daha fazla yoğunlaşır. Buna karşılık küçük kütleli yıldız üyelerinin hızı ise sistemin kaçış hızından daha yüksek olabilir ve kümeden buharlaşabilirler. Bir küme geliştikçe, dinamik süreçler onun en küçük kütleli üyelerini tüketecek şekilde hareket eder. Merkezi yoğunlaşmanın olduğu ve küçük kütleli açık kümelerde, dinamik süreçlerin etkisinin yoğun olduğu literatürdeki çalışmalarda görülmüştür (Bonatto ve Bica, 2007).

Yıldızların başlangıç kütle fonksiyonu (IMF), galaksilerin kimyasal evrimi, yıldız kümelerinin dinamik evrimi, yıldız oluşumunun kökeni ve yıldız oluşum oranının belirlenmesi gibi çeşitli astrofiziksel süreçleri etkilediği için önemlidir.

Başlangıç kütle fonksiyonun tayininde, yıldız sayısı yıldızların kütlelerinin bir fonksiyonu olarak belirlenir. Kümedeki yıldız oluşum sürecinde yıldız kütlesinin birim hacme dağılımı, kümenin bir sonraki evrim aşamasını belirleyen IMF olarak kabul edilir. Açık kümelerin dinamik evrimi IMF tayinini etkilemektedir. Kümenin bugünkü kütle fonksiyonunun başlangıçtaki kütle fonksiyonuyla olan ilişkisi halen tartışılmakta olan bir konudur. Bu nedenle, kümenin dinamik evriminin kütle fonksiyonunun şekli üzerindeki etkisi incelenmesi gerekir. Yaşlı açık kümeler için kütle fonksiyonlarının evrenselliğinin araştırılmasında kümelerin

dinamik evrimlerinin anlaşılması beklenir. Literatürdeki çalışmalar, IMF'nin yıldızların oluşumunun başlangıç koşullarından bağımsız olduğunu göstermektedir (Kroupa, 2001; Chabrier, 2005; Moraux ve diğ., 2007). Kümelerin bulundukları çevresel koşullar ve fiziksel özellikler göz önünde bulundurularak, yaşı $100 < t < 700$ (Myıl) aralığında bulunan açık kümelerin küçük kütleli üyeleri incelendiğinde kütle fonksiyonunun hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Moraux ve diğ. (2007) üç açık küme (Blanco 1, Hyades, Pleiades) için $0.03 < M/M_{\odot} < 3$ kütle aralığında bulunan kütle fonksiyonlarını karşılaştırmıştır. Bunun ile birlikte araştırmacılar, kütle dağılımlarının ortak bir logaritmik normal dağılım ile ifade edilebileceğini göstermişlerdir. Aynı çalışmada, kümelerin dinamik evrimi ve küçük kütleli küme üyelerinin kaybı dikkate alınarak, açık kümelerin bugünkü kütle fonksiyonlarının IMF'leriyle iyi ifade edilebileceklerini ve Galaksi'deki konumlarıyla benzer özellik gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuç, IMF'nin çevreye bağlı olmadığını göstermekle birlikte yıldız oluşumlarıyla ilgili teorilere sınırlamalar getirmiştir.

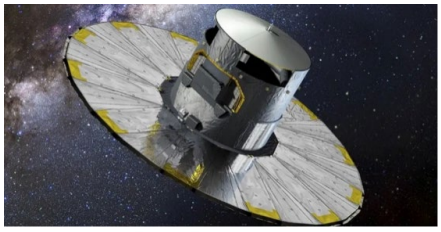
Günümüzdeki yaşlı açık kümelerin muhtemelen hayatta kalabilme sebepleri, yıkıcı dev moleküler bulutlarıyla karşılaşmalarını sınırlamaları veya bunlardan kaçmalarına izin veren yapısal özellikler ve yörüngeler göstermeleri sayesindedir. Ayrıca dinamik bozulmadan arta kalan ve açık küme kalıntıları olarak bilinen hayaletimsi yapılar da ortaya çıkmaktadır. Bu hayaletimsi kalıntılar, küme evriminin son kalıntısı olarak açık küme dinamik evriminin anlaşılmasında temel bir rol oynayabilmektedir. Ayrıca bu kalıntıların yaşlı kümelerden geriye kalanlar olduğu, Galaktik düzlemdeki eski açık kümelerin oluşum istatistiklerini iyileştirmek ve erken dinamik evrimini anlamak için incelenebileceği belirtilmiştir (Carraro ve diğ., 1999).

2.3 UZAY TABANLI GÖZLEMLER: GAIA UYDUSU

Gaia, Avrupa Uzay Ajansı'nın (European Space Agency, ESA) küresel uzay astrometri görevidir. Uydunun ismi Astrofizik için Küresel Astrometrik İnterferometredir (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics, *Gaia*). *Gaia* göreviyle elde edilen bulgular dikkate alındığında, astronomi tarihinde gerçekleştirilmiş önemli projeler arasında yer almaktadır. *Gaia* uydusundan elde edilen tüm gökyüzü verileri, yalnızca büyük miktarda bilimsel çıktı üretmek ile kalmamış, aynı zamanda birçok astronomun çalışma alışkanlıklarını da yeniden şekillendirmiştir.

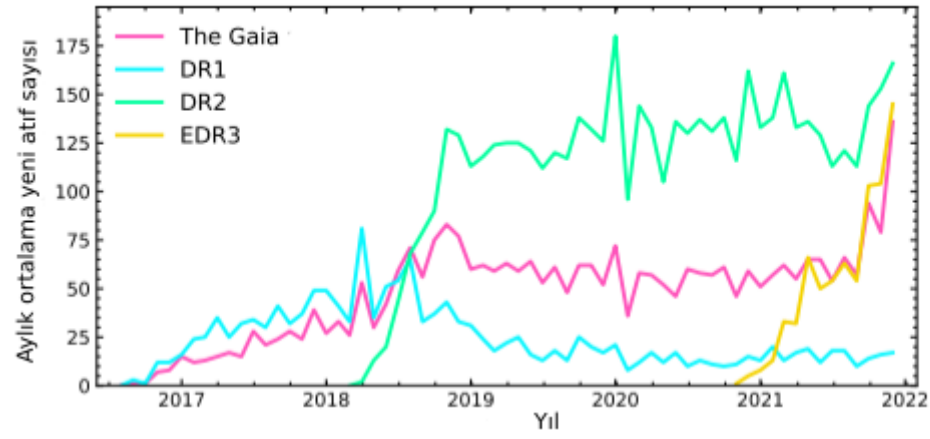
Gaia uydusunun ana görevi Samanyolu'nun en büyük ve en duyarlı üç boyutlu haritasını oluşturmaktır. Gökyüzünün ayrıntılı haritasının oluşturulmasıyla Galaksi'nin üç boyutlu uzay ve hız dağılımının ortaya çıkarılması, nesnelerin astrofizik parametrelerinin belirlenmesi, bulgulara dayalı olarak yıldızların oluşumu ve evrimiyle Samanyolu yapısının oluşumu ve evriminin detaylı olarak ortaya çıkarılması hedeflenmiştir (Gaia işbirliği, 2016).

Gaia uydusu (Şekil 2.18) ESA tarafından 19 Aralık 2013 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. Dünya'ya uzaklığı 1.5 milyon km olan Güneş-Dünya-Ay üçlü sisteminin ikinci Lagrange (L2) noktasında konumlanmıştır. Uydunun bulunduğu bu özel konumun avantajlarından biri de, kesintisiz ve tutulmasız gözlemleri yapabilmesidir.



Şekil 2.18: *Gaia* uydusunun uzaydaki temsili görüntüsü[14].

NASA'nın Astrofizik Veri Sistemi (Astrophysics Data System, ADS), *Gaia* ile ilgili binlerce çalışma içermekte olup yeni makalelerin sayısı hızla artmaya devam etmektedir (Şekil 2.19). *Gaia* DR2'ye (Gaia işbirliği, 2018) atıfta bulunan beş binden fazla makale NASA ADS veri tabanında listelenmiştir (Cantat-Gaudin, 2022).



Şekil 2.19: 31 Aralık 2021 tarihine kadar *Gaia* görevi çerçevesindeki farklı zamanlarda astronomlar ile paylaşılmış *Gaia* DR1, DR2 ve EDR3 veri sürümlerinden (Gaia işbirliği, 2016; 2018; 2021) üretilmiş makalelere alınmış aylık ortalama atıf sayıları (Cantat-Gaudin, 2022).

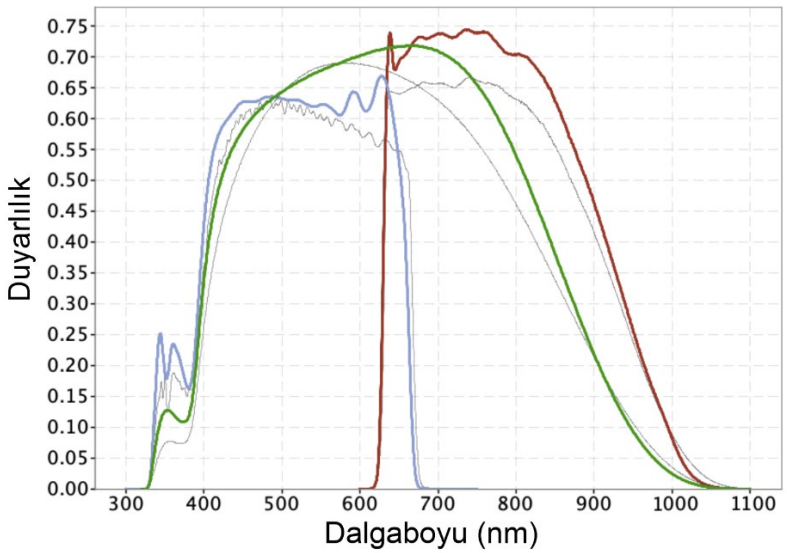
Gaia uydusunun görevi görünen parlaklıkları $3 < G < 21$ kadir aralığındaki nesnelerin fotometrik (G, G_{BP} ve G_{RP} parlaklıkları), astrometrik (konum, α, δ; trigonometrik paralaks, ϖ;

[14] https://www.picture-alliance.com/

öz hareket bileşenleri, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve tayfsal (radyal hız, γ) gözlemlerini gerçekleştirmektedir. *Gaia* uydusunun 14 Eylül 2016 tarihinde yayınlanan ilk veri sürümünü (*Gaia* DR1; Gaia işbirliği, 2016) takiben ikinci veri sürümü (*Gaia* DR2; Gaia işbirliği, 2018) 25 Nisan 2018 tarihinde, üçüncü erken veri sürümü (*Gaia* EDR3; Gaia işbirliği, 2021) 3 Aralık 2020 tarihinde ve son veri sürümü olan üçüncü veri sürümü de (*Gaia* DR3; Gaia işbirliği, 2023) 13 Haziran 2022 tarihinde araştırmacıların hizmetine sunulmuştur. *Gaia* DR1, yaklaşık 1.1 milyar nesnenin *G* fotometrik filtresinde iki milyondan fazla yıldızın konum, trigonometrik paralaks ve öz hareket verilerini içermektedir. Araştırmacılar, astrometrik verileri kullanarak açık kümelerin yaşlarını belirlemek ve yıldız evrim modelleri geliştirmek için *Gaia* DR1 (Gaia işbirliği, 2016) verilerini kullanmıştır (Randich ve diğ., 2018). *Gaia* DR2 veri tabanı, yaklaşık yedi milyon nesnenin radyal hızları yanı sıra 1.3 milyardan fazla gök cisminin konum, öz hareket bileşeni, trigonometrik paralaks ve üç band fotometrik verilerini içermektedir. Bu veri tabanı, Galaksi astrofiziği alanındaki araştırmaları hızlandırırken aynı zamanda Samanyolu'ndaki yeni açık kümelerin keşfedilmesine olanak vermiş hem küme popülasyonlarının hem de küme üyeliğinin ayrıntılı analizlerinin yapılabilmesini sağlamıştır (Cantat-Gaudin ve diğ., 2018; Liu ve Pang, 2019; Sim ve diğ., 2019; Castro-Ginard ve diğ., 2020). 3 Aralık 2020 tarihinde 34 aylık çalışmanın sonucunda gerçekleşen üçüncü erken veri sürümünün (*Gaia* EDR3, Gaia işbirliği, 2021) önemi diğer veri sürümlerine göre daha hassas duyarlılıkta veriler içermesidir. *Gaia* EDR3 veri tabanında *G* görünen parlaklıkları ölçülmüş 1,806 milyar nesne, G_{BP} ve G_{RP} bandlarında gözlemleri yapılmış, sırasıyla, 1,542 ve 1,555 milyar nesneye ilaveten *G* görünen parlaklığı $3 < G < 21$ kadir aralığındaki yaklaşık 1.5 milyar nesnenin beş boyutlu astrometrik verileri (α, δ, $\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ, ϖ) bulunmaktadır. Bu veri sürümünde $G = 13$ kadirinden daha sönük yıldızların radyal hızlarına ait yeni bir veri sunulmamıştır. *Gaia* uydu verilerinin en güncel sunumu 13 Haziran 2022 tarihinde *Gaia* DR3 ismiyle yayınlanmıştır (Gaia işbirliği, 2023). Bu veri sürümünde astrometrik verinin sayısında önemli bir değişim olmamasına karşın, $G = 14$ kadirden daha parlak yıldızların radyal hız verileri araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Bu sürümde ayrıca 470 milyon nesnenin astrofizik parametreleri hesaplanmıştır. Tez çalışmasında incelenen iki açık kümenin uzay tabanlı materyali, *Gaia* DR3 kataloğundan (Gaia işbirliği, 2023) alınan küme doğrultusundaki yıldızların fotometrik, tayfsal ve astrometrik verilerinden oluşmaktadır.

Gaia uydusundan elde edilen fotometrik veriler *G* (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı) olmak üzere üç çeşit banttan edinilmiştir (Şekil 2.20). Bu bantların dalgaboyları, sırasıyla,

330-1050 nm, 330-680 nm ve 630-1050 nm arasında değişmektedir. Uydu, tayf gözlemlerini RVS (Radyal Hız Spektrometresi) ile, G_{RVS}=16 kadirden parlak yıldızlar için R=11,500 çözünürlükte ve Ca II üçlüsü civarında (845-872 nm) gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde takribi 150 milyon cismin radyal hız ölçümünü hedeflenmiştir.



Şekil 2.20: *Gaia* DR3 sürümünde kullanılan G (yeşil), G_{BP} (mavi) ve G_{RP} (kırmızı) filtrelerinin geçirgenlikleri.

Ortak bir kökene sahip yıldızları inceleyerek, yıldız kümelerinin uzaklığını ve yaşını tayin etmek için modeller kullanılabilir. Yıldız gruplarına ait temel parametreler, Samanyolu'nun yapısını ortaya koymak adına Galaksi astrofiziği çalışmalarında açık kümeleri önemli gök cisimleri haline getirmektedir.

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 yıldızlar ile küme arasındaki ortalama uzaklık yüksek hassasiyetle tayin edilebilmektedir.

Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), *Gaia* DR2 kataloğundaki verileri kullanarak 2,017 Galaktik açık kümenin astrometrik ve fotometrik analizlerini gerçekleştirmiş ve kümelerin Samanyolu'ndaki dağılımlarını araştırmışlardır. Galaktik düzlem bölgesi ($|b|$ <20^o) boyunca dağılmış 582 yeni keşfedilmiş açık küme tespit edilmiştir. Çalışmada, araştırmacılar tarafından geliştirilen bir algoritmayla kümeye üye yıldızlar teşhis edilerek açık kümelerin temel parametreleri belirlenmiştir. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) inceledikleri kümelerin uzaklık ve yaşlarını bir

arada değerlendirerek, genç açık kümelerin Galaktik düzleme yakın ve spiral kollarda toplandığı, yaşlı açık kümelerin de Galaktik düzlemden uzakta, Galaksi merkezinden daha büyük mesafelerde, spiral kollar arasında bulunduklarını belirlemişlerdir. Bununla birlikte araştırmacılar, inceledikleri açık kümelerin Galaksi içindeki üç boyutlu dağılımını dikkate alarak Galaksi'deki burulmanın delillerini ortaya koymuşlardır.

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

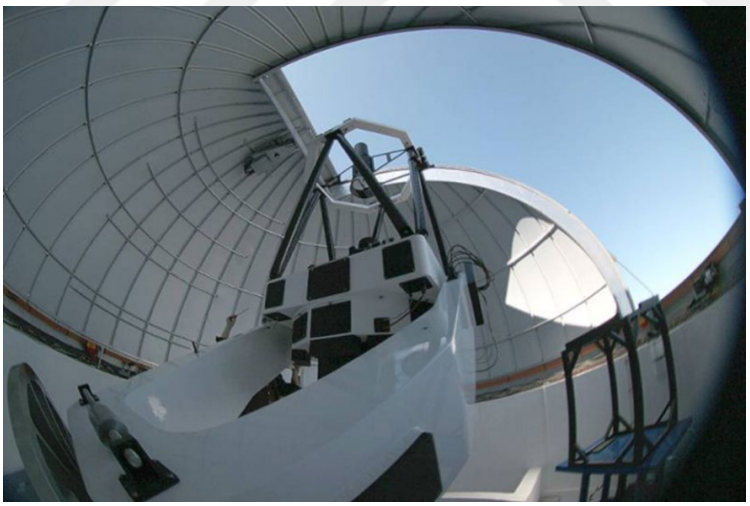
Gaia DR2 veri tabanın (Gaia işbirliği, 2018) yayımlanmasıyla daha önce bilinmeyen kümelerin keşfedilerek açık küme örneklerinin tam olmadığı kanıtlanmıştır. Castro-Ginard ve diğ. (2021), G=18 kadirden parlak yıldızların *Gaia* EDR3 kataloğundaki (Gaia işbirliği, 2021) astrometrik ve fotometrik verilerini kullanarak makine öğrenmesi yoluyla, Galaktik düzlemde Güneş'ten 1 kpc uzaklık içinde 664 yeni açık küme keşfetmiştir. Bu kümelerin yaş, uzaklık ve görüş doğrultusundaki sönükleşme değerlerini belirleyen araştırmacılar, genç açık kümelerin spiral kollar üzerinde, yaşlı olanların ise daha çok Galaktik düzlemde kollar arası bölgelerde ve düşük Galaktik enlemlerde bulunduğunu tespit etmiştir. Çalışmada, trigonometrik paralaks ve öz hareket bileşenlerinin ölçüm hassasiyetlerinin *Gaia* EDR3 ile arttığını, bunun da Güneş civarında var olan ve daha önce gözlenemeyen açık kümelerin keşfedilmesine olanak sağlamıştır.

Qin ve diğ. (2022), *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) verilerine dayalı olarak, kümeleme algoritmalarını oluşturan programlar yardımıyla, Güneş çevresinde, 500 pc içindeki açık kümeleri taramışlardır. Araştırmacıların yapmış olduğu analizler sonucunda daha önce keşfedilmemiş 101 açık küme tespit edilerek literatüre kazandırılmıştır. Böylece, Güneş merkezli 500 pc'lik yarıçap içindeki açık küme sayısı 324'e yükselmiştir.

3 MALZEME VE YÖNTEM

3.1 FOTOMETRİK GÖZLEMLER

Bu çalışmada analiz edilen Czernik 41 ile NGC 1342 açık yıldız kümelerinin CCD gözlemleri deniz seviyesinden 2547 m yükseklikte yer alan Antalya-Bakırlıtepe yerleşkesindeki TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) yapılmıştır (Şekil 3.1). Gözlemlerde 100-cm ayna çaplı T100 teleskobu kullanılmış olup, görüntüler Johnson-Cousins'in *UBV* filtrelerinde alınmıştır. T100 teleskobuna bağlı CCD kamera[15], termal kontrol sisteminden oluşan ve bu sayede termal ve kara akım gürültüsünü azaltan Cryo-cooler soğutucu bir özelliktedir. Böylece kamera -100 ºC'a kadar soğutma sıcaklığına azaltılabilmekte ve termal ile kara akım gürültüsünün düşürülmesini sağlamaktadır. CCD kamera CCD486 model Fairchild marka olup, arkadan aydınlatmalı yongaya sahip ve UV duyarlılığı arttırılmıştır. 4K×4K (4096×4096) piksel formatında olan bu kameranın her bir piksel boyutu 15 × 15 mikrondur ve 0.31 "/piksel'lik bir ölçek ile 21.5×21.5 yay dakikalık bir görüş alanı vermektedir. Ayrıca CCD kameranın kazancı 0.57/e^-/ADU, okuma gürültüsü 4.11 e^- (100 KHz), yanlılık seviyesi 500 ADU ve kara akımı 0.0001 e^-/piksel/sn'dir.



Şekil 3.1: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan, standart yıldız alanlarıyla açık küme gözlemlerinin yapıldığı 100-cm ayna çaplı T100 teleskobu.

T100 teleskobu ve ona bağlı bulunan optik düzenek özellikleri, görüntülerin geniş bir görüş alanı ve dalgaboyu aralığında, yüksek kuantum verimliliğinde alınmasını sağlamakta, böylece açık küme gözlemlerinin farklı filtre sistemlerinde tek pozlama ile yapılma imkânı vermektedir.

[15] http://www.tug.tubitak.gov.tr/t100_si_ccd.php

Gözlenen hedef yıldız alanı görüntüleri bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra tespit edilen yıldızların akı ölçümleri onların aletsel parlaklık değerlerini verir. Gök cisimlerinin aletsel parlaklıkları, gözlemevi konumu, gözlem yapılan teleskop, CCD kamera ve filtre sistemi kombinasyonuyla gözlem sırasındaki hava koşullarına bağlı olarak farklı değerlerde ölçülebilir. Hedef yıldızlar ile ilgili aletsel parlaklık farklılıklarının giderilebilmesi, ihtiyaç duyulan analizlerin duyarlı ve doğru yapılabilmesi için standart parlaklıklarının da ölçülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla gözlem tarihlerine ait sönümleme katsayılarının yanı sıra, standart sisteme dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler de hesaplanmalıdır.

Söz konusu parametrelerin tayin edilmesinde parlaklığı değişmeyen ve duyarlı parlaklık tayini yapılmış standart yıldız alanlarında bulunan yıldızlar kullanılmaktadır (Landolt, 2009). Standart yıldız alanları Landolt (2009) tarafından tanımlanmıştır ve gök ekvator düzleminde yer alırlar; böylece kuzey ve güney yarıküreden gözlenebilmektedirler. Ayrıca, standart alan yıldızlarının parlaklık ve renkleri çok iyi bilinmekle birlikte, *U-B* ile *B-V* renk indeksleri geniş bir aralıkta yer almaktadır. Bu özellikleri standart alan yıldızlarını, *UBV* gözlemleri yapılan küme alanlarında tespit edilen ve geniş bir ışıma gücü aralığında bulunan yıldızların standart parlaklıklarının da belirlenmesi için kullanışlı yapar. Ayrıntılı incelenen Czernik 41 ve NGC 1342 kümelerinin gözlemlerinin yapıldığı gecelerde Landolt'un (2009) yayımladığı katalogdan belirlenen standart yıldız alan gözlemleri de yapılmıştır. TUG yerleşkesinin hava koşullarının değişkenliği dikkate alındığında, iki küme ile birlikte gözlenecek standart yıldız alanları belirlenirken farklı yüksekliklerde, dolayısıyla farklı hava kütlelerinde gözlenebilecek olmasına ve renklerinin geniş bir *B-V* aralığında bulunma durumları dikkate alınmıştır. Böylece, iki gözlem gecesinde küme alanlarıyla birlikte toplam 14 standart yıldız alanı ve bu alanlarda bulunan 97 sayıda yıldızın gözlemi yapılmıştır. Standart yıldız alanlarının gözleminin yapıldığı gecelerde hava kütlesi 29.09.2019 tarihi için 1.244-1.864 aralığında, 21.07.2020 tarihi için de 1.233-2.061 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Bu tarihlerde gözlenen standart alanlar ile hava kütlesi değişimleri Tablo 3.1'de listelenmiştir. Gözlemi yapılan standart yıldızlardan hesaplanan gecelik sönümleme ve dönüşüm katsayılarıyla gecelik sabitler, gözlemi yapılan iki açık kümenin alanlarında tespit edilen yıldızların aletsel parlaklıklarının standart sistemdeki parlaklıklara dönüştürülmesinde kullanılmıştır.

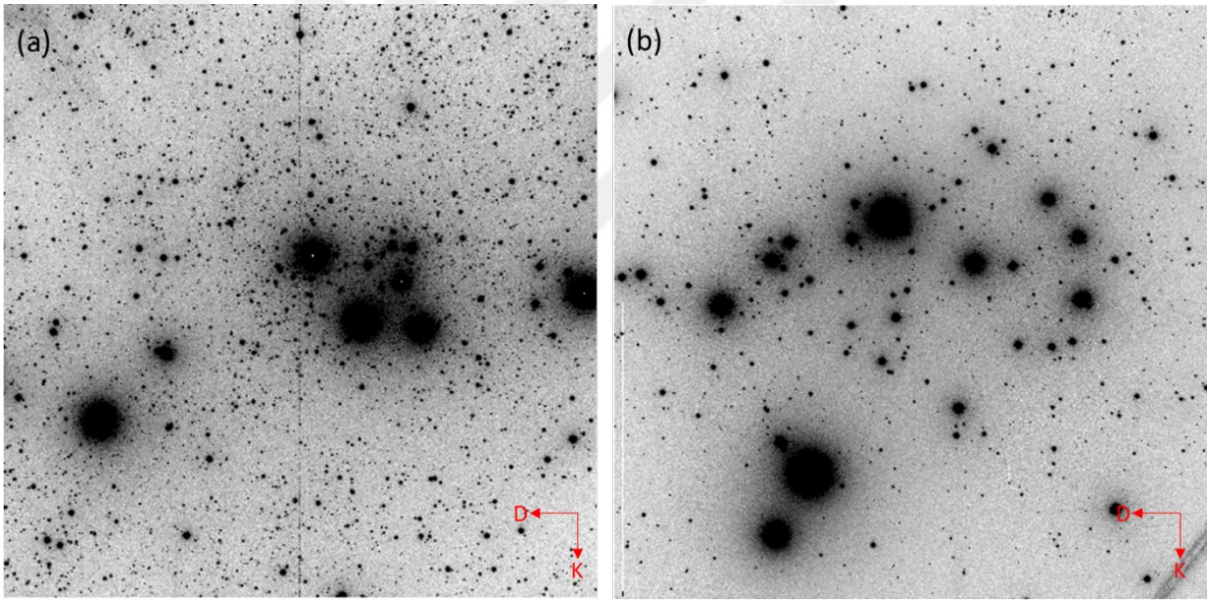
Tablo 3.1: Kümeler ile birlikte gözlemi yapılan Landolt (2009) standart yıldız alanları. Kolonlar, sırasıyla, gözlem tarihi, standart yıldız alanı, bu alanlarda bulunan yıldız sayısı, gözlem tekrarı ve hava kütlesini göstermektedir.

Gözlem Tarihi	Std. Yıldız Alanı	Yıldız Sayısı	Gözlem sayısı	Hava Kütlesi
29.09.2019	SA93	4	1	1.244-1.864
	SA106	2	1	
	SA107	7	1	
	SA108	2	2	
	SA110SF2	10	1	
	SA111	5	1	
	SA112	6	1	
	SA113	15	1	
	SA114	5	1	
21.07.2020	SA92SF2	15	1	1.233-2.061
	SA93	4	1	
	SA96	2	1	
	SA98	19	1	
	SA108	2	1	
	SA109	2	1	
	SA109SF2	3	1	
	SA110SF2	10	1	
	SA111	5	1	
	SA112	6	2	
	SA113	15	1	
	SA114	5	2	

Tez çalışmasında ayrıntılı incelemeleri yapılan Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin gözlem tekniklerinde aynı strateji kullanılmıştır. Küme alanlarında bulunan yıldızların geniş bir parlaklık aralığında olduğu göz önünde bulundurularak gözlemlerde *UBV* filtrelerinde uzun, orta ve kısa olarak tanımlanan farklı poz süreleri kullanılmıştır. Böylece, parlak yıldızların CCD piksellerini doyurmasının önüne geçilerek, küme alanlarında yıldızların geniş bir parlaklık aralığında, yüksek sinyal/gürültü (*S*/*N*) oranlarında tespit edilmesi sağlanmıştır. Czernik 41 ile NGC 1342 açık kümelerine ait gözlem verileri Tablo 3.2'de listelenmiştir, kolonlar, sırasıyla, küme adlarını, ekvatoral ve Galaktik koordinatlarını, gözlem tarihlerini ve *U*, *B*, *V* filtrelerinde alınan poz sürelerini göstermektedir. Ayrıca iki kümenin T100'de *V* bandında uzun poz süresinde alınmış negatif birleşik görüntüleri de Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Czernik 41 ve NGC 1342'nin ekvatoral ve Galaktik koordinatları, gözlem tarihleri ve kullanılan filtreler ile görüntülerin poz süreleri ve sayıları. Kümelerin koordinat verileri Cantat-Gaudin ve diğ.'den (2020) alınmıştır.

Küme	***α*** **(ss:dd:sn)**	***δ*** **(dd:mm:ss)**	***l*** **(°)**	***b*** **(°)**	**Gözlem Tarihi (gg.aa.yy)**	**Poz Süresi (sn) × Görüntü Sayısı**		
						U	***B***	***V***
Czernik 41	19:51:01.0	25:17:24	062.0238	-00.6899	21.07.2020	80×4 1800×2 1500×3	8×6 100×5 600×3	2×10 20×5 300×4
NGC 1342	03:31:34.6	37:22:48	154.9402	-15.3463	29.09.2019	60×3 600×3 1800×3	6×5 60×5 600×3	4×5 40×5 400×3



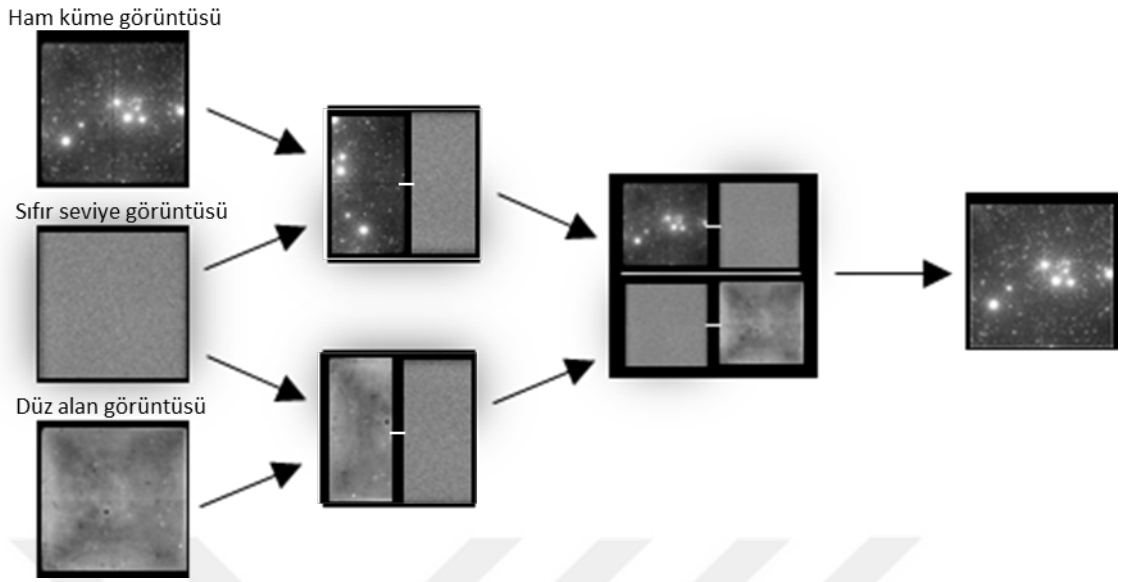
Şekil 3.2: T100 ile gözlemleri yapılan Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin *V* filtresinde uzun pozlamalarda birleştirilmiş görüntüleri. Görüntüler negatif olup, iki küme için de *V* bandındaki toplam poz süresi 1200 sn'ye karşılık gelmektedir.

3.2 FOTOMETRİK İNDİRGEMELER VE KALİBRASYONLAR

Gözlem görüntülerinin sayısal hale getirilmesi sürecinde duyarlı veriler elde etmek analiz sonuçlarının doğruluğu açısından önemlidir. Söz konusu sürecin önemli bir bölümünü de CCD kalibrasyonları oluşturmaktadır. Teleskop-dedektör-filtre sistemi ve CCD elektroniği nedeniyle gözlem görüntülerinde sistematik hatalar ortaya çıkabilmektedir. Bu sistematik hataların gözlem görüntülerinden giderilmesi, yıldızların analizlere hazır ve tutarlı verilerinin elde

edilmesi amacıyla alınan görüntülerin CCD kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir. Temel olarak sıfır seviye görüntüsü (bias frame), kara akım (dark current) ve düz alan (flat field) görüntü türlerini hesaba katan bu kalibrasyonlar görüntülerdeki *S*/*N* oranlarının optimize edilmesini ve yıldızların fotometrik parlaklıklarının doğru bir şekilde yapılmasına olanak verir. CCD kalibrasyonlarında ilk adım sıfır (bias frame) görüntü düzeltmesidir. Bu görüntüler ışık algılanmadığında bile CCD kamera tarafından üretilen elektronik gürültüyü ifade eder ve piksellerde biriken elektronların okunması, sinyalin yükseltilmesi ve sayısal hale getirilmesi esnasında ortaya çıkan gürültüyü içerir. Sıfır düzeltmesinin amacı, yıldız alanı görüntülerindeki (örn. standart alanlar, küme alanları) her piksel için okumadan kaynaklı gürültünün temizlenmesidir. Filtreden ve ışık kaynağından bağımsız elde edilen böylece tüm filtreler için kullanılabilen sıfır alan görüntüleri gözlemler başlamadan önce ve bittikten sonra alınarak ham görüntülerden çıkarılır. Tez çalışmasında gözlem başında ve sonunda çok sayıda sıfır görüntü alınarak, küme ve standart yıldız alanı görüntülerinden çıkarılmıştır. Kara akım (dark current) görüntüleri pozlama süreleri boyunca CCD kamera piksellerinde biriken termal elektronları içeren sistematik hataları barındırır. Kara akım görüntüler ışık kullanılmadan, yıldız alanı gözlemleriyle aynı pozlama süresi kullanılarak alınan görüntülerdir ve ham görüntülerden çıkarılır. Tez çalışmasında gözlemlerin yapıldığı T100 teleskobuna bağlı CCD kameranın kara akımı dikkate alındığında bu değer -100 ºC'de, 0.0002 e-/piksel/sn'dir. Küme gözlemlerinde kullanılan poz süreleri incelendiğinde CCD piksellerinde biriken termal elektronların ihmal edilecek düzeyde olduğu belirlenmiş, bu nedenle, tez çalışmasında görüntülere kara akım düzeltmesi uygulanmamıştır. Düz alan (flat field) görüntüleri, CCD yongasında mevcut olabilecek kir, toz ile üretimden kalan çizik ve izlerin neden olduğu hataları barındırır. Bu görüntülerin elde edilmesinin amacı, kameranın tek tip ve eşit bir şekilde aydınlatılmış bir alana verdiği tepkiyi yakalayarak söz konusu kir, toz vb. durumlardan ortaya çıkabilecek hataları ham gözlem görüntüleri üzerinden gidermektir. Tez çalışmasında düz alan görüntüleri *UBV* filtrelerinde gözlem başlamadan tan vaktinde gökyüzü aydınlanması kullanılarak alınmış ve kalibrasyonlar sırasında her bir filtrede birleştirilmiştir. Daha sonra bu birleşik görüntüler ham görüntülerden çıkarılan sıfır görüntülerine bölünmüş, böylece CCD kalibrasyonları tamamlanmıştır. Söz konusu uygulamalar IRAF[16] programıyla yapılmış olup, kalibrasyonların bilgisayar ortamında oluşturulan algoritması Şekil 3.3'te verilmiştir.

[16] IRAF: Image Reduction and Analysis Facility (NOAO: https://iraf.net/)



Şekil 3.3: CCD kalibrasyonlarının indirgeme algoritması.

3.2.1 Standart Yıldızların Parlaklık Tayinleri

Standart yıldız alanı görüntülerinin CCD kalibrasyonları yapıldıktan sonra gözlemi yapılan her bir yıldızın aletsel parlaklığı ölçülmüştür. Standart yıldızların aletsel parlaklıklarının ölçülmesinde açıklık fotometrisi uygulanmış, bunun için IRAF paketleri kullanılmıştır. Açıklık fotometrisinin temel prensibi incelenen nokta kaynağın merkezinden, kaynaktan gelen tüm akıyı kapsayacak dairesel bir yarıçap içinde gözlenen akının toplanmasını ve herhangi bir arka plan veya gökyüzü katkısının çıkarılmasını, böylece kaynağın aletsel parlaklığının ölçülmesini içerir. İncelenen nokta kaynak için belirlenen açıklık içinde kalan toplam akı zemin akısını da içerir, bu nedenle, kaynağın ölçülen parlaklığını etkiler. Zemin akısından gelen katkının giderilmesi için belirlenen açıklık dışında kaynak akısının alınmadığı bir zeminde, yine kaynağın merkezi referans alınarak ek bir daire daha belirlenir. Bu ek daire içinde kalan ve her bir pikseldeki elektron sayım değerlerinin ortalaması (*pixel count, birimi Analog-to Digital Unit, ADU*) hesaplanır. Ardından açıklık içindeki toplam zemin sayımı ortalama sayım değerinden çıkartılarak toplam poz süresine bölünmek suretiyle kaynağın aletsel parlaklığı ölçülür. Bir nokta kaynağın aletsel parlaklık hesabı

$$m_i = 25 - 2.5 \times \log_{10}(F_t - (Z_{\mathrm{ort}} \times N))/T \qquad (3.1)$$

eşitliğiyle elde edilir. Burada; F_t, Z_{ort}, N ve T, sırasıyla, açıklık içindeki akının toplamını, akı değerinin ortalamasını, açıklık içindeki piksel sayısını ve saniye cinsinden toplam poz süresini

belirtir. Tez çalışmasında *UBV* filtrelerinde gözlenen tüm standart yıldızların aletsel parlaklıkları bu yöntem ile hesaplanmış olup, analizlerde belirlenen açıklık çapları alandan alana farklılık göstermiştir. Standart yıldızların bu çalışmada hesaplanan aletsel parlaklıkları, Landolt'un (2009) aynı yıldızlar için verdiği parlaklıklar ile karşılaştırılmış ve her gözlem gecesi için gecelik sönümleme ve indirgeme katsayılarıyla gecelik sabitler tayin edilmiştir.

3.2.2 Aletsel Parlaklıkların Standart Sisteme Dönüştürülmesi

Küme alanı görüntülerinin CCD kalibrasyonlarından sonra, alanlarda tespit edilen yıldızlardan alınan akılar tercih edilen bir fotometrik ölçüm yöntemleriyle tayin edilir; böylece her bir kaynağın aletsel parlaklığı hesaplanır. Dünya atmosferi gök cisimlerinden gelen fotonların soğurulmasına ve saçılmasına sebep olduğundan gözlenen gök cisminin akısında, dolayısıyla görünen parlaklığında azalmaya sebep olur. Akıdaki bu azalma gök cisminin gözlendiği zenit uzaklığına, gözlem yapılan filtrelerin dalgaboyu duyarlılığına ve atmosferik koşullara bağlıdır. Bu nedenle, gök cisimlerinin ölçülen aletsel parlaklıkları üzerindeki atmosferik etkilerin düzeltilerek standart sistemdeki parlaklıklarının belirlenmesi gerekir. Küme doğrultularında tespit edilen yıldızların aletsel parlaklıklarının standart sistemdeki parlaklıklara taşınmasında, standart yıldızlardan hesaplanan gecelik sönümleme katsayılarıyla birlikte dönüşüm katsayıları kullanılmıştır.

Standart yıldız alanı gözlemleri farklı zenit uzaklıklarında gerçekleştirilmiş olup, gözlem sırasındaki hava kütlesi değerleri (X) görüntü dosyasına işlenmektedir. Görüntü dosyasındaki hava kütlesi $X = \sec Z$ (burada Z, zenit uzaklığıdır) ifadesine göre hesaplanmakta ve yaklaşık değerleri göstermekte, bu da analizlerde sonuçların duyarlılığını etkileyebilmektedir. Standart yıldız alanlarının farklı zenit uzaklıklarında gözlendiği göz önüne alındığında hava kütlesi için daha hassas hesaplamaların yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Tez çalışmasında, duyarlı hava kütlesi hesaplanmasına olanak veren Henden ve Kaitchuck'in (1990) $X = \sec Z - 0.018167\ (\sec Z - 1) - 0.002875\ (\sec Z - 1)^2 - 0.0008083\ (\sec Z - 1)^3$ bağıntısı kullanılmıştır.

Aletsel ve standart sistemdeki parlaklık dönüşümleri için gerekli olan katsayılar ve sabitler, standart yıldızların gözlemlerinden tayin edilen *V* parlaklıklarıyla *U-B ve B-V* renk indekslerinin, aynı yıldızların Landolt (2009) kataloğunda verilen ilgili değerleriyle karşılaştırılmak suretiyle elde edilmiştir. Katsayıların hesabında çoklu doğrusal regresyon

yöntemi uygulanmış, hatalarının belirlenmesinde de katsayıların standart sapmaları dikkate alınmış olup, bu değerler Janes ve diğ.'nin (2013) bağıntılarında kullanılarak yıldızların standart sistemdeki *V, U-B* ve *B-V* parlaklık ve renk indeksleri hesaplanmıştır. Janes ve diğ.'nin (2013) fotometrik eşitlikleri Bağıntı (3.2), (3.3) ve (3.4) ile verilmiştir:

$$v = V + \alpha_{bv}(B - V) + k_v X + C_{bv} \tag{3.2}$$

$$b = V + \alpha_b(B - V) + k_b X + k'_b X(B - V) + C_b \tag{3.3}$$

$$u = V + (B - V) + \alpha_{ub}(U - B) + k_u X + k'_u X(U - B) + C_{ub} \tag{3.4}$$

Burada *u*, *b*, *v,* aletsel parlaklıkları, *V*, *U-B* ve *B-V* standart yıldızların parlaklık ve renklerini, *X*, *k* ve *k'*, sırasıyla, hava kütlesini birinci ve ikinci derece sönümleme katsayılarını, α ve *C* de, sırasıyla, standart sisteme dönüşüm katsayılarıyla gecelik sabitleri ifade etmektedir. İfadelerdeki alt indisler, sönümleme katsayılarında kullanılan parlaklık ve renkleri temsil etmektedir. İki gözlem gecesi için hesaplanan ve Bağıntı (3.2)-(3.4)'te verilen gecelik dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler ile hataları Tablo 3.3'te listelenmiştir. Bu değerler tez çalışmasında incelenen Czernik 41 ve NGC 1342 alanlarında tespit edilen yıldızların standart sistemdeki parlaklık ve renk hesaplamalarında kullanılmıştır.

Tablo 3.3: Standart yıldız alanı gözlemlerinden hesaplanan birinci ve ikinci mertebe fotometrik sönümleme katsayıları, standart sisteme dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler.

Tarih	**Filtre**	**Katsayı**			
		k	***k'***	**α**	***C***
21.07.2020	***U***	0.5330 ± 0.1237	-0.3225 ± 0.0977	----	----
	B	0.3071 ± 0.0518	-0.1059 ± 0.0404	1.0570 ± 0.0644	2.0887 ± 0.0787
	V	0.1186 ± 0.0175	----	----	----
	U-B	----	----	1.3041 ± 0.1572	4.4210 ± 0.1825
	B-V	----	----	0.0711 ± 0.0088	2.2023 ± 0.0253
29.09.2019	***U***	0.4709 ± 0.0736	0.1011 ± 0.1144	----	----
	B	0.2984 ± 0.0608	-0.0043 ± 0.0720	0.8995 ± 0.1074	1.7834 ± 0.0909
	V	0.1747 ± 0.0205	----	----	----
	U-B	----	----	0.6837 ± 0.1657	4.1764 ± 0.1102
	B-V	----	----	0.0619 ± 0.0078	1.8335 ± 0.0315

3.2.3 Açık Kümelerin *UBV* ve *Gaia* Kataloglarının Oluşturulması

İncelenen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin görüntü verilerinin sayısal hale getirilmesinde IRAF[17] ve PSFex[18] paket programlarıyla birlikte Python[19] ve IDL[20] yazılım dilleri kullanılmıştır. İki kümenin ham görüntülerine standart CCD kalibrasyon prosedürleri uygulandıktan sonra fotometrik ve astrometrik kataloglar aşağıdaki sırayla verilen adımlar ile oluşturulmuştur.

Astrometrik kalibrasyon: Gözlemi yapılan görüntülerdeki gök cisimlerinin koordinatları piksel cinsindendir. Bu koordinatlar apsis ve ordinat eksenlerinde (X, Y) tanımlanmıştır. Piksel koordinatlar tek başına bir gök cisminin gökyüzündeki gerçek konumu hakkında bilgi sağlamaz bu nedenle, ekvatoral (α, δ) ve Galaktik (l, b) gibi gökyüzünde tanımlı koordinatlara dönüştürülmesi gerekir. Tez çalışmasında koordinat dönüşüm işlemi için USNO A2.0 kataloğu dikkate alınmış, küme alanındaki yıldızlar bu kataloğun aynı alanındaki yıldızlar ile eşleştirilmiş, böylece (X, Y) piksellerine karşılık gelen (α, δ, l, b) koordinatları belirlenmiştir. Daha sonra, tüm küme görüntülerinde bulunan ortak yıldızlar aynı koordinatlara getirilecek şekilde hizalanmış ve kümeler için ortak bir görüş alanı oluşturulmuştur. Yıldızlardan gelen akıların S/N oranlarının arttırılması amacıyla U, B, V filtrelerinde uzun, orta ve kısa pozlamalar ile alınan görüntüler kendi içlerinde birleştirilmiş ve her bir filtrede birleşik görüntüler elde edilmiştir. Böylece birleşik görüntülerdeki gökyüzü koordinatları bilinen yıldızlar *U, B, V* bantlarında aletsel parlaklıklarının ölçülmesi için hazır hale getirilmiştir.

Yıldızların aletsel ve mutlak parlaklık ölçümleri: Küme alanlarında tespit edilen yıldızların aletsel parlaklıklarının ölçümünde PSF fotometrisi yapılmıştır (PSF, Point Spread Function). PSF, nokta yayılım fonksiyonu olup, matematiksel bir model ile ifade edilir. Bu model, bir nokta kaynaktan gelen akının davranışını açıklayarak parlaklık ölçümünü sağlar ve yıldız akılarının aynı şiddet profiline sahip; fakat profilin normalizasyonunun değiştiği varsayımı altında bir modellemeyle yıldızların akılarından aletsel parlaklıklarını belirler. Bu yöntem kalabalık yıldız alanlarında kullanışlıdır. PSF ile modellenen nokta kaynakta merkezden kenarlara gidildikçe akıda bir düşüş gözlenir bu da akı kaybına neden olmakta ve hesaplanan aletsel parlaklığın hassasiyetini etkiler. Söz konusu akı kaybının önüne geçebilmek için küme

[17] https://iraf.net/
[18] http://www.astromatic.net/software/psfex
[19] https://www.python.org/
[20] http://www.harrisgeospatial.com/ProductsandSolutions/GeospatialProducts/IDL.aspx

alanındaki yıldızlara açıklık fotometri düzeltmesi uygulanır. Tez çalışmasında, iki küme alanında bulunan yıldızların PSF parlaklıkları ölçüldükten sonra, her bir filtrede yaklaşık 50-100 arası yıldız belirlenerek açıklık fotometrisiyle parlaklıkları ölçülmüştür. Parlaklıkları ölçülen bu yıldızlar ilgili filtrelerde PSF parlaklıkları belirlenen aynı yıldızlar ile karşılaştırılarak iki parlaklık türü arasında doğrusal bir bağıntı elde edilmiştir. Bu bağıntı Czernik 41 ve NGC 1342 alanlarında tespit edilen yıldızlara uygulanarak açıklık düzeltmesi yapılmıştır. Düzeltmeyle birlikte PSF'den kaynaklı akı kaybı giderilerek aletsel parlaklık ölçümlerinin hassasiyetleri arttırılmıştır.

İki küme alanındaki yıldızların aletsel parlaklıklarının standart sistemdeki parlaklık ve renklere dönüştürülmesinde Bağıntı (3.2-3.4)'te verilen eşitlikler ve Tablo 3.3'te listelenen katsayılar kullanılmıştır. Böylece iki küme için yıldızların ekvatoral koordinatlarını (α, δ), *V* bandı parlaklıkları, *U-B* ve *B-V* renk indekslerini içeren *UBV* fotometrik katalogları oluşturulmuştur.

Bu kataloglar tez çalışmasında iki kümenin renk artıkları, fotometrik metal bollukları, uzaklık ve yaş hesaplamalarında kullanılmıştır.

Kümelerin Gaia DR3 astrometrik, fotometrik ve tayfsal kataloglarının oluşturulması: Tez çalışmasında incelenen iki kümeye üye yıldızların belirlenmesi, ortalama öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralakslarıyla, uzaklık ve yaşlarının tayin edilmesi, ortalama radyal hızı ve uzay hız bileşenlerinin hesaplanması amacıyla *UBV* kataloglarından bağımsız olarak kümeler için *Gaia* DR3 kataloğu da oluşturulmuştur. Söz konusu kataloglar küme merkezinden itibaren 25 yay dakikalık alan içinde kalan yıldızların fotometrik parlaklıklarının (G, G_{BP}, G_{RP}), trigonometrik paralakslarının (ϖ), öz hareket bileşenlerinin ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve radyal hızlarının (R_V) bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları hesaplandıktan sonra, *Gaia* DR3 ve *UBV* katalogları eşleştirilerek aynı yıldızların olasılık değerleri *UBV* kataloglarına da işlenmiştir. Böylece tez çalışmasında Czernik 41 ile NGC 1342 kümelerinin analizlerinde iki farklı katalog dikkate alınmıştır.

3.3 AÇIK KÜMELERİN ANALİZLERİ

3.3.1 Radyal Yoğunluk Profili Analizleri

Açık kümelerin radyal yoğunluk profilleri yıldızlarının uzaysal dağılımlarının anlaşılması ve bu gök cisimlerinin fiziksel büyüklüklerinin belirlenmesi açısından önemli olmakla birlikte incelenen kümenin merkezinden radyal doğrultudaki yıldız yoğunluk değişimini tanımlar. Radyal yoğunluk profili genel olarak küme merkezinden itibaren belirlenen eş-merkezli halkalarda bulunan yıldızların sayılmasıyla elde edilir. Kümelerin bulundurdukları yıldız yoğunluğuna göre şekillenen radyal yoğunluk profilleri kümelerin dinamik evrimleri ve oluşum geçmişlerinin anlaşılmasında da kullanılır.

Kümelerin radyal yoğunluk profillerinin tanımlanmasında King (1962) modeli kullanılmaktadır. Bu model küresel kümelerin radyal yoğunluk profillerinden üretilen deneysel bir yoğunluk yasası olmasına rağmen açık kümelerde de duyarlı sonuçlar vermektedir. King (1962) modeli bir kümedeki yıldız yoğunluk değişimini, küme merkezinden radyal uzaklığın bir fonksiyonu olarak tanımlar ve kümenin yapısal parametrelerinin tayinini sağlar. Bu model temel olarak iki bölgeden oluşur: Yıldız yoğunluğunun maksimuma ulaştığı düz bir profile sahip merkezi bir bölge ile azalan ve alan yıldızlarına karışan bir profilie sahip bir dış bölge (Zhong ve diğ., 2022).

Merkezi yoğunluk, zemin yoğunluğu ve kor yarıçapı bir kümenin yapısal parametreleri olup King (1962) modeliyle tanımlanır. Modelin matematiksel ifadesi Bağıntı (3.5)'te verilmiştir.

$$\rho(r) = f_{\mathrm{bg}} + \frac{f_0}{1 + (r/r_c)^2} \tag{3.5}$$

İfadede, $\rho(r)$ küme merkezinden belli bir radyal uzaklıktaki çember alanı içindeki yıldız sayı yoğunluğunu, r küme merkezinden olan radyal uzaklığı, f_{bg} zemin yıldız yoğunluğunu, f_0 merkezi yıldız yoğunluğunu, r_{c} de kor yarıçapını belirtmektedir. Burada, $\rho(r)$ ilgili radyal yarıçaptaki yıldız sayılarının bulundukları çember alanına olan oranını ifade etmektedir ve $\rho(r_{\mathrm{i}}) = N_{\mathrm{i}}/A_{\mathrm{i}}$ bağıntısıyla belirlenmektedir. Eşitlikteki N ve A, sırasıyla, belirlenen halkadaki yıldız sayısıyla halkanın alanını, i alt indisi de ilgili halkayı temsil etmektedir.

3.3.2 Kümelere Üye Yıldızların Belirlenmesi

Açık küme analizleri yapılmadan önce kümeye üye yıldızların aynı alandaki ön veya arka plan yıldızlarından ayrıştırılması gerekmektedir. Açık kümeler Galaktik düzlem boyunca yer aldıklarından kalabalık yıldız alanlarından etkilenir, bu da küme üyesi yıldızların tayinini zorlaştırmaktadır. Üye yıldızların duyarlı bir şekilde seçilmesi, bağlı bulundukları kümenin astrofizik parametrelerinin doğru tayin edilmesi açısından önemlidir. Kümeye üyeliklerin belirlenmesi yıldızların bilinen parametrelerine uygulanan istatistiksel yaklaşımlar ile mümkündür. Bir molekül bulutunun çökmesi sonucunda benzer fiziksel koşullarda oluşan küme yıldızlarının yaşları, Güneş'e uzaklıkları, kimyasal bollukları, öz hareket bileşenleri ve uzay hızları benzerdir. Bu özellikleri, yıldız üyeliklerinin fotometrik, tayfsal ve astrometrik ölçümlerinden belirlenmesine olanak verir. Açık küme yıldızları oluşum özellikleri gereği birlikte evrim geçiren yıldızlardan oluşan bir sistemi temsil etmekte, dolayısıyla aynı evrim yolunu izlemektedirler. Bu da yıldızların iki-renk ve renk-parlaklık diyagramlarında fotometrik olarak tanımlanmalarını sağlar (Stott, 2018). Fotometrik yaklaşımlar, renk ve parlaklık verilerini kullanarak küme morfolojisinin ortaya çıkartılmasını ve Galaksi'deki konumlarına bağlı olarak yıldızlarının ön-arka plan yıldızlarından ayırt edilmesinde yardımcı olabilir. Kümeler barındırdıkları yıldız yoğunluğuna göre farklı morfolojilerde bulunabilirler, bu da yıldız alanına gömülü bulunan açık küme yıldızlarının sadece 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 duyarlı sonuçlar verir. Günümüzde sürdürülen SEGUE, DIONYSOS ve *Gaia*-ESO gibi tayfsal gökyüzü taramaları (Allende-Prieto ve diğ.; Gilmore ve diğ., 2012; De Silva ve diğ., 2015) gökyüzündeki tüm yıldızların radyal hız ölçümlerini yapmak için yeterli olmamakla birlikte, radyal hız verilerini küme üyeliklerinin belirlenmesinde yetersiz kılmaktadır. Bu nedenle, öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümleri küme üyeliklerinin duyarlı bir şekilde belirlenmesinde fotometrik kriterler ile birlikte kullanılır. Açık kümelerin alan yıldızlarından ayrılması, Galaksi'deki konumları nedeniyle öz hareket diyagramlarında belli bir noktada toplanan küme ve alan yıldızlarının tanımlanmasıyla yapılır. Küme yıldızları kütleçekimsel etkileşimleri nedeniyle kütle merkezi etrafında gruplanırken, alan yıldızları daha zayıf kütleçekimsel bağlar ile ön plana ve arka plana dağılır. Yıldızların öz hareket bileşenlerinin dikkate alarak kümeye üyeliklerinin belirlenmesine dair ilk çalışmalar Vasilevskis ve diğ. (1958) ile Sanders (1971) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar

küme ve alan yıldızlarının öz hareket bileşenlerinin dağılımlarını dairesel ve eliptik olmak üzere iki değişkenli yoğunluk fonksiyonlarını kullanarak modellemiştir. Kozhurina-Platais ve diğ. (1995), yıldızların öz hareket bileşenlerine gökyüzü koordinatlarını ekleyerek yıldızların üyelik olasılıkları için hesaplamalarda güncelleme yapmıştır. Balaguer-Nunez ve diğ. (2007) küme üyelerini, öz hareket diyagramlarındaki yoğunlaşma noktalarına dayanarak, alan yıldızlarından ayırmaya çalışmıştır. Ayrıca, araştırmacılar renk-parlaklık ve iki-renk diyagramlarını da öz hareket bileşenleriyle birlikte küme üyelerinin ayırımında kullanmıştır. Krone-Martins ve Moitinho (2014) gökyüzü koordinatları ile fotometrik ölçümlerin birleşiminden üyelik olasılıklarının hesaplanmasına yönelik denetimsiz makine öğrenme yöntemi geliştirmiştir. Ayrıca, Sarro ve diğ. (2014) ile Olivares ve diğ. (2019) yıldızların üyelik analizleri için astrometrik ve fotometrik özelliklerini kullanan ve alan-yıldız popülasyon ayırımının modellenmesinde Bayes istatistiği kullanmıştır. Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında, astrometrik ve fotometrik ölçümlerin yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının belirlenmesinde önemli olduğu görülmektedir. Bu konuda son yıllarda yıldızların öz hareket ve konum verileri kullanılarak uygulanan makine öğrenmesi yöntemi duyarlı sonuçlar vermektedir. *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) kataloğuyla birlikte yıldızların yüksek duyarlılıklı öz hareket ve trigonometrik paralaks verilerine ulaşılabilmektedir.

Tez çalışmasında incelenen iki açık küme doğrultusunda tespit edilen yıldızların kümelere üyelik olasılıklarının hesaplanmasında Krone-Martins ve Moitinho'nun (2014) geliştirmiş olduğu denetimsiz makine öğrenmesi yöntemi olan UPMASK (Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters) kullanılmıştır. Bu yöntem yıldızların tayfsal verilerine ihtiyaç duymadan, astrometrik ve fotometrik verileri kullanarak kümeye üyelik olasılıklarını belirlemek 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 elle ayarlanan bir parametre olup, farklı kümelerde en iyi sonuçları 6 ile 30 değerleri arasında vermektedir.

Çalışmada incelenen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri doğrultusunda saptanan yıldızların üyelik olasılıklarının hesaplanmasında beş boyutlu astrometrik veri uzayı dikkate

alınmıştır. Programda girdi parametresi olarak her bir yıldızın ekvatoral koordinatları (α, δ) öz hareket bileşenleri (μ_α, $\mu_\alpha \cos\delta$), trigonometrik paralaksları (ϖ) ve bu parametrelere ait hatalar kullanılmıştır. Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları "*P*" ile ifade edilmekte olup, bu yüksek lisans çalışmasında $P \geq 0.5$ olan yıldızlar kümelere en muhtemel üyeler olarak dikkate alınmış ve analizlerde kullanılmıştır. Bu durum renk-parlaklık diyagramlarında küme morfolojilerinde baskın olan bölgelerdeki yıldızların tespit edilmesine fırsat vermenin yanı sıra, kümelerin geniş bir renk aralığında bulunan olası üyelerinden yaş tayininin de yapılmasını sağlamıştır.

Yıldızların astrometrik verilerinden hesaplanan üyelik olasılıklarının yanı sıra kümelere en muhtemel üyelerin seçiminde fotometrik kriterler de uygulanmıştır. Bunun için küme üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ yıldızların $V \times B\text{-}V$ diyagramları üzerindeki konumları incelenmiş ve kümenin anakol bandındaki çift yıldız etkisi de dikkate alınmıştır. Uygulamada Sung ve diğ.'nin (2013) Güneş metal bolluğundaki sıfır yaş anakol eğrisi (ZAMS) kullanılmıştır.

3.3.3 Kızarma Tayini

Galaksi diskinde yoğun yıldızlararası toz ve gazın varlığı yıldızlardan alınan ışığı etkiler. Toz ve gaz yıldızdan gelen ışığı özellikle optik dalgaboylarında saçar ve soğurur. Bu etki yıldızın görünen parlaklığında sönümlemeye, renginde de kızarmaya sebep olmaktadır. Optik dalga boylarında gözlenen gök cisimlerinin duyarlı parametrelerinin tayin edilmesi açısından yıldızlararası ortamın sebep olduğu bu etkilerin giderilmesi gerekmektedir.

UBV fotometrik sisteminde, renk artığı tayini için $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramları sıklıkla tercih edilir. Bu sistemde renk artığı tayininde kullanılan bağıntılar zaman içinde farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiş (Johnson, 1966; FitzGerald, 1970; Mermilliod, 1981; Schmidt-Kaler, 1982) ve en güncel bağıntılar Sung ve diğ. (2013) tarafından sunulmuştur.

İncelenen iki küme doğrultusundaki $B\text{-}V$ ve $U\text{-}B$ renk indekslerine ait $E(B\text{-}V)$ ve $E(U\text{-}B)$ kızarma değerlerinin elde edilmesinde Sung ve diğ.'nin (2013) bağıntıları kullanılmıştır. Bunun için en olası üye anakol yıldızlarının $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramı oluşturularak kızarmadan arındırılmış anakol eğrisi (ZAMS, Sung ve diğ., 2013) bu diyagram üzerinde istatistiksel analizlere tabi tutularak gözlem verileriyle eşleştirilmiştir (Bkz. Bölüm 4.4 ve Şekil 4.5).

Eşleştirme analizlerinde kullanılan yıldızlararası kızarma kanunu ile kızarma doğrularının eğimini tanımlayan Bağıntı 3.6 kullanılmıştır.

$$E(U-B)/E(B-V) = 0.72 + 0.05 \times E(B-V) \quad (3.6)$$

3.3.4 Fotometrik Metal Bolluğu Tayini

Küme yıldızlarının, oluşum kökenleri gereği, kimyasal yapılarının benzer olması beklenir. Fotometrik ve tayfsal yöntemler yıldızların kimyasal yapılarının ortaya çıkartılmasında kullanılır.

Günümüzde RAVE, APOGEE, SEGUE, GES, LAMOST, GALAH, BRAVA, *Gaia* (Steinmetz ve diğ., 2006; Allende Prieto ve diğ., 2008; Yanny ve diğ., 2009; Gilmore ve diğ., 2012; Zhao ve diğ., 2012; De Silva ve diğ., 2015; Kunder ve diğ., 2012; Gaia işbirliği, 2018; 2021; 2023) gibi sistematik olarak yürütülen tayfsal gökyüzü tarama programları sayesinde yıldızların tayf türleri, radyal hızları (V_r), yüzey çekim ivmeleri ($\log g$) ve element bollukları ([Fe/H], [X/Fe]) belirlenmektedir. Duyarlı metal bolluğu ölçümleri için yüksek çözünürlüklü ve yüksek *S*/*N* oranına sahip tayf verilerine ihtiyaç duyulur. Fakat, Güneş civarından uzak mesafelerde bulunan sönük yıldızların gözlemlerinde *S*/*N* oranı azalacağından metal bolluğu tayini, tayf gözlemleri için duyarlı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle, tayfsal gökyüzü taramaları yakın mesafede bulunan, parlak anakol ve dev yıldızların metal bolluğu tayininde etkilidir. Dolayısıyla tayf gözlemleri sınırlı ışınım sınıfı ve parlaklıktaki yıldızlar için yapılmaktadır. Kümelerin ortalama metal bolluklarının tayfsal yöntem ile ölçülmesi için bu gök cisimlerinin parlak anakol ve evrimleşmiş yıldızları barındırması gerekir. Tayf gözlemleri uzun zaman gerektirmekte, bu da kalabalık kümelerin tüm yıldızlarının tayf ölçümünü zorlaştırmaktadır. Kümelerin fotometrik gözlemleri yıldızların geniş bir parlaklık ve renk aralığında yüksek *S*/*N* değerleriyle gözlenmelerine olanak sağlamakla birlikte, tayfsal sonuçlar ile karşılaştırıldığında, sönük yıldızlar için de hassas sonuçlar vermektedir (örneğin SDSS; York ve diğ., 2000). Dolayısıyla açık kümelere üye yıldızların fotometrik ölçümlerinden de geniş bir parlaklık aralığında duyarlı metal bolluğu sonuçlarına ulaşılır.

UBV fotometrik sistemi, yıldızların metal bolluğu tayininde sıklıkla kullanılır. Ayrıca, metal bolluğuna duyarlı morötesi artığı fotometrik metal bolluğu tayininde önemlidir. *UBV* fotometrik sisteminde morötesi artığıyla metal bolluğu arasında geliştirilen kalibrasyonlar yıldızların fotometrik metal bolluğu tayininde sıklıkla kullanılır. Söz konusu kalibrasyonlarda,

metal bolluğu iyi bilinen Hyades açık kümesinin anakol yıldızları referans alınır. Açık küme çalışmalarında, morötesi artığı, küme ve Hyades'in anakol yıldızlarının iki-renk diyagramındaki konumlarından hesaplanmaktadır. Morötesi artığı $\delta_{U\text{-}B}$ ile tanımlanmakta olup, Hyades'in anakol yıldızlarıyla aynı $(B\text{-}V)_0$ renk indeksine sahip küme anakol yıldızları arasındaki *U-B* renk indeksi farklarını belirtmek için kullanılan bir terimdir. Burada, $(B\text{-}V)_0$ renk indeksi yıldızın etkin sıcaklığını, *U-B* renk indeksi de yıldızın yaydığı morötesi ışınım değerini temsil eder.

Bir yıldızın atmosferindeki metallerin azalması özellikle morötesi bölgede, yıldızın tayfsal özelliklerini etkiler. Yıldızın tayfındaki, morötesi radyasyonun soğurulmasına katkıda bulunan elementlerin soğurma çizgileri, metal bolluğunun azalmasıyla birlikte daha az belirgin hale gelir. Sonuç olarak yıldızdan, elektromanyetik tayfın morötesi bölgesinden daha fazla enerji alınır. Bu olay, metalce zengin yıldızları ile karşılaştırıldığında metalce fakir yıldızların *U* bandından alınan akısında morötesi artığa yol açar. Morötesi artığı *U-B*×*B-V* iki-renk diyagramlarında açıkça görülür. Metalce fakir ve zengin iki kümenin anakol yıldızları karşılaştırıldığında *U-B*×*B-V* iki-renk diyagramlarında metalce fakir yıldızlardaki morötesi fazlalığı kolaylıkla tespit edilebilir.

Sandage (1969) Güneş civarındaki metalce zengin ve metalce fakir anakol yıldızlarının *U-B*×*B-V* iki-renk diyagramlarını inceleyerek metal bolluğu ile morötesi artığı arasında bir ilişki ortaya koymuştur. Sandage (1969), metalce fakir yıldızların $(B\text{-}V)_o = 0.6$ renk indeksinde morötesi artığının maksimuma ulaştığını belirlemiştir. Bu sonuç, aynı metal bolluğuna sahip yıldızların morötesi artığının $(B\text{-}V)_o = 0.6$ renk indeksinden daha küçük ve büyük değerlerde azaldığını göstermektedir. Aynı $(B\text{-}V)_o$ renk indeksi değerlerine denk gelen yıldızların aynı morötesi artığı göstermesi gerektiği varsayımı altında, Sandage (1969) bu yıldızların $(B\text{-}V)_o$ renk indekslerini bir '*f*' faktörü tanımlayarak $(B\text{-}V)_o = 0.6$ renk indeksine normalize etmiştir. Normalize morötesi artığı $\delta_{0.6}$ ile ifade edilmekte olup, farklı *B-V* renk indekslerine sahip yıldızların morötesi artığının belirlenmesinde kullanılır. Fotometrik ve tayfsal verilerin literatüre kazandırılmasıyla, araştırmacılar yeni metal bolluğu kalibrasyonlarını sunmuşlardır (Laird ve diğ., 1988; Karaali ve diğ., 2003; 2005; 2011).

Tez çalışmasında fotometrik metal bolluğunun elde edilmesinde Karaali ve diğ.'nin (2011) eşitliği dikkate alınmıştır. Karaali ve diğ. (2011), renk indeksleri $0.32 < (B\text{-}V)_o < 1.16$ kadir, tayfsal demir bollukları $-1.76 < [Fe/H] < +0.40$ dex aralığında ve sayıları 701 olan F-G tayf türü

anakol yıldızını seçerek bu yıldızların metal bolluklarıyla ([Fe/H]) morötesi artıkları ($\delta_{0.6}$) arasında bir kalibrasyon geliştirmiştir. Söz konusu kalibrasyon Bağıntı (3.7)'de verilmiştir.

$$[\mathrm{Fe/H}] = -14.310\delta_{0.6}^2 - 3.557\delta_{0.6} + 0.105 \tag{3.7}$$

Burada $\delta_{0.6}$, Hyades anakoluna karşılık gelen *U-B* renk indeksi ile yıldızın *U-B* renk indeksi arasındaki farkın $(B\text{-}V)_0 = 0.6$ renk indeksinin normalize ifadesidir.

Yaş tayininde kullanılan teorik modeller ağır element bolluğuna (*Z*) duyarlı olup, kümelerin elde edilen metal bolluğu değerlerinin ağır element bolluklarına dönüştürülmesi gerekmektedir. *Z* değerlerinin hesaplanmasında Bovy'nin[21] analitik yolla elde ettiği Bağıntı (3.8) ile (3.9) kullanılmıştır:

$$Z_X = 10^{\left[[\mathrm{Fe/H}]+\log\left(\frac{Z_\odot}{1-0.2485-2.78\times Z_\odot}\right)\right]} \tag{3.8}$$

$$Z = \frac{(Z_X - 0.2485\times Z_X)}{(2.78\times Z_X + 1)} \tag{3.9}$$

Bağıntı (3.8)'de Z_X, kümenin Bağıntı (3.7) ile tayin demir bolluğunu ([Fe/H]) ifade etmekte olup, bir ara işlem fonksiyonudur. $Z_\odot$, Güneş'in ağır element bolluğunu ifade etmektedir ve değeri 0.0152'dir. Bağıntı (3.9)'da verilen *Z*, Z_X'in bir fonksiyonudur ve kümenin ağır element bolluğunun tayin edilmesinde dikkate alınan bir eşitliktir.

3.3.5 Uzaklık ve Yaş Tayini

Küme üyesi yıldızların kimyasal bolluk, yaş gibi özelliklerinin yanı sıra Güneş'e uzaklıkları da neredeyse aynıdır. Bu da açık kümelerin uzaklık tayininin çok sayıda yıldızdan duyarlı bir şekilde elde edilmesine olanak sağlar. Kümelerin fotometrik verilerinden uzaklık modüllerinin, dolayısıyla uzaklıklarının, belirlenmesinde renk-parlaklık diyagramları kullanılır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kümelerin uzaklık modüllerinin çoğunlukla kızarmadan arındırılmış ZAMS bağıntılarının $V_0\times(B\text{-}V)_0$ renk-parlaklık diyagramları üzerindeki küme yıldızlarıyla karşılaştırılması sonucunda tayin edildiği görülmektedir. Bununla birlikte, elektromanyetik tayfın optik dalgaboyu aralıklarında *U-B* renk indeksleri göz önünde bulundurularak oluşturulan ZAMS bağıntıları yıldızların metal bolluğu (Sung ve

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

Bessell, 1999) ve kromosferik aktivitelerinden (Sung ve diğ., 2002) etkilendiklerinden uzaklık modülü hesabında hassas sonuçlar vermemektedir. Kızarmadan arındırılmış ZAMS bağıntılarına alternatif olarak, küme uzaklık modüllerinin tayininde daha hassas sonuçlar veren eş-yaş eğrilerinin anakol bağıntıları kullanılmaktadır. Eş-yaş eğrileri yıldızların anakola ulaştıkları kütleleri, metal bolluğu değerleri ve yüzey çekim ivmeleri gibi parametrelerini dikkate alarak oluşturulan yıldız evrim modellerinden üretilmekte ve günümüzde kümelerin uzaklık modülü tayinlerinde çoğunlukla tercih edilmektedir.

Bressan ve diğ. (2012) geniş bir kütle ($0.1 \leq M/M_{\odot} < 350$) ve metal bolluğu ($0.0001 \leq Z \leq 0.06$; $-2.2 \leq$ [Fe/H] $\leq +0.5$ dex) aralığı için çok sayıda fotometrik sistemin (örn. *UBVRIJHK*; Maiz-Apellaniz 2006, 2MASS, Vilnius, *Gaia* EDR3) mutlak parlaklıklarını içeren PARSEC[22] (PAdova and tRieste Stellar Evolutionary Code) modellerini üretmiştir. Bu modeller yıldız evrimini incelemek ve yıldız modellerine ait eş-yaş eğrilerini oluşturmak için üretilmiştir. Eş-yaş modelleri renk-parlaklık diyagramında aynı yaştaki ancak farklı kütlelerdeki yıldızları temsil eden eğrilerdir ve sürekli güncellenmektedir. Her ne kadar literatürde farklı eş-yaş eğrileri bulunsa da (örn. MIST, BASTI, Geneva, Darmouth), PARSEC modelleri kırmızı dev yıldızların atmosferlerindeki konvektif hareketler ile bu yıldızların etrafındaki toz yapıları da dikkate alınacak şekilde oluşturulduklarından, literatürde farklı araştırmacılar tarafından üretilen yıldız evrim modellerinden daha gerçekçidir.

Yüksek lisans çalışmasında, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin uzaklık modüllerinin tayininde PARSEC eş-yaş eğrileri kullanılmıştır. Kümelerin belirlenen ağır element bolluğuna göre seçilen eş-yaş eğrileri kümeye üye yıldızlardan oluşturulan $V \times B\text{-}V$, $V \times U\text{-}B$ ve $G \times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramları üzerinde parlak V ve G kadirlerine doğru anakol yıldızlarıyla en iyi uyumu sağlayacak şekilde kaydırılmıştır. Bu yöntem *anakol çakıştırma yöntemi* olarak bilinmektedir. Anakol çakıştırması *UBV* fotometrik sistemi için oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarında elde edilen $E(B\text{-}V)$, $E(U\text{-}B)$ renk artığı değerlerine göre yapılmıştır. Bu işlem *Gaia* fotometrik sistemi için uzaklık modülü ve $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artığını eş zamanlı tayin edilecek şekilde uygulanmıştır.

Kümelerin *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemindeki uzaklık modülleri, sırasıyla, Bağıntı (3.10) ve (3.11)'deki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

[22] http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd

$$(m_{\mathrm{V}} - M_{\mathrm{V}})_0 = V - M_{\mathrm{V}} - A_{\mathrm{V}} = 5 \times \log(d) - 5 \quad (3.10)$$

$$(m_{\mathrm{G}} - M_{\mathrm{G}})_0 = G - M_{\mathrm{G}} - A_{\mathrm{G}} = 5 \times \log(d) - 5 \quad (3.11)$$

Burada, $(m_{\mathrm{V}}\text{-}M_{\mathrm{V}})_0$, $V\text{-}M_{\mathrm{V}}$ ile $(m_{\mathrm{G}}\text{-}M_{\mathrm{G}})_0$, $G\text{-}M_{\mathrm{G}}$, sırasıyla, *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemdeki kızarma etkisinin giderildiği uzaklık modülünü ve anakol çakıştırma yöntemiyle belirlenen uzaklık modülünü; A_{V} ve A_{G}, sırasıyla, V ve G bandlarındaki yıldızlararası sönükleşmeyi ve d de kümenin Güneş'e uzaklığını belirtmektedir.

Küme uzaklıklarındaki belirsizlikler Carrera ve diğ.'nin (2017) üretmiş olduğu aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır.

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

$$\Delta[\log(d)] = \tfrac{1}{5} \times [\Delta V + \Delta(M_V) + \Delta(A_V)], \quad (3.12)$$

$$\Delta(M_V) = 0, \text{ ve } \Delta(A_V) = 3.1 \times \Delta(B - V),$$

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

Burada ΔV parlaklık, $\Delta(B\text{-}V)$ de renk hatalarını belirtmektedir. Bu parametrelerin tayininde fotometrik parlaklıklara ait hataların medyan değerleri dikkate alınmıştır. *Gaia* tabanlı hesaplamalarda da aynı bağıntılar kullanılmış olup, Bağıntı (3.12)'de V bandı yerine G bandındaki ölçümler dikkate alınmıştır.

Küme yıldızları hemen hemen aynı yaşta ve farklı kütlelere sahiptir. Bu özellikleri, küme yıldızlarının tek bir eş-yaş eğrisiyle temsil edilmesini sağlar. Tez çalışmasında incelenen Czernik 41 ve NGC 1342'nin yaşları ve uzaklık modülleri $V\times B\text{-}V$, $V\times U\text{-}B$ ve $G\times G_{\mathrm{BP}}\text{-}G_{\mathrm{RP}}$ renk-parlaklık diyagramları üzerinde açık küme yıldızlarının dağılımı dikkate alınarak eş-zamanlı tayin edilmiştir.

3.4 KÜMELERİN KİNEMATİK VE DİNAMİK ANALİZLERİ

Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin kinematik analizlerinde Bovy'nin (2015) *Python* programlama dilinde yazdığı *galpy* kütüphanesi kullanılmıştır. Kütüphane, gök cisimlerinin uzay hızı bileşenleriyle birlikte, yörüngelerinin ve Samanyolu'nun farklı bileşenlerine ait

potansiyellerin hesaplanmasında kullanılan algoritmaları içerir. Gök cisimlerinin uzay hızı bileşenleri (*U*, *V*, *W*) *galpy* kütüphanesi kapsamında bulunan Johnson ve Soderblom'un (1982) algoritması kullanılarak belirlenmektedir. Uzay hızı bileşenlerinin hesaplanmasında yıldızların gökyüzündeki konumları (α, δ), radyal hızları (V_R), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), uzaklık (d (pc)) verileri ve bu ölçümlerin hataları dikkate alınır. Hesaplamalarda sağ el koordinat sisteminin tercih edildiği göz önüne alındığında, tayin edilen *U* hızı, Galaksi'nin merkezi doğrultusunda, *V* hızı Samanyolu'nun dönme doğrultusunda ve *W* hızı kuzey Galaktik kutup doğrultusundaki hız bileşenlerini temsil eder. Uzay hızı analizlerinde kuzey Galaktik kutbun (KGK) ekvatoral koordinatları $(\alpha, \delta)_{KGK} = (12^h\ 51^m\ 26^s.282, +27^o\ 07'\ 42''.01)_{J2000}$ olarak alınmıştır. Analizlerde kullanılan bir diğer açı da kuzey Galaktik kutuptan geçen büyük yarım daire referans alınarak tanımlanan kuzey gök kutbunun konumu θ_0'dır. Bu açı 123° olup $l = 0°$ Galaktik boylamında bulunmaktadır. KGK'nın ekvatoral koordinatları ve kuzey gök kutbunun konumu uluslararası göksel referans sistemiyle (ICRS; International Celestial Reference System) belirlenmiştir.

Uzay hız bileşenlerinin hesaplamalarında, yıldızların ekvatoral koordinatlarından Galaktik koordinatlarına dönüştürülmesinde *T* ile tanımlanan bir matris kullanılmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \cos b \cos l \\ \cos b \sin l \\ \sin b \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} \cos\delta \cos\alpha \\ \cos\delta \sin\alpha \\ \sin\delta \end{bmatrix} \tag{3.13}$$

T matrisine koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm matrisi denir. Bağıntı (3.14)'te verildiği şekilde ifade edilir. Matrisin hesaplanmasında kullanılan $(\alpha, \delta)_{KGK}$ ve θ_0 için yukarıdaki değerler alınmaktadır.

$$T = \begin{bmatrix} \cos\theta_0 & \sin\theta_0 & 0 \\ \sin\theta_0 & -\cos\theta_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\sin\delta_{KGK} & 0 & \cos\delta_{KGK} \\ 0 & -1 & 0 \\ \cos\delta_{KGK} & 0 & \sin\delta_{KGK} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\delta_{KGK} & \sin\delta_{KGK} & 0 \\ \sin\delta_{KGK} & -\cos\delta_{KGK} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3.14}$$

$$T = \begin{bmatrix} -0.0548755604 & -0.8734370902 & -0.4838350155 \\ +0.4941094279 & -0.4448296300 & +0.7469822445 \\ -0.8676661490 & -0.1980763734 & +0.4559837762 \end{bmatrix} \tag{3.15}$$

Yıldızların uzay hız bileşenlerinin hesaplanmasında Bağıntı (3.16) kullanılmaktadır:

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = B \begin{bmatrix} v_R \\ k\mu_\alpha \cos\delta / \varpi \\ k\mu_\delta / \varpi \end{bmatrix} \tag{3.16}$$

İfadedeki B matrisi $B = T \times A$ ve $k = 4.74057$ olup, A matrisi Bağıntı (3.17)'de verilmiştir.

$$A \equiv \begin{bmatrix} \cos\alpha\cos\delta & -\sin\alpha & -\cos\alpha\sin\delta \\ \sin\alpha\cos\delta & \cos\alpha & -\sin\alpha\sin\delta \\ \sin\delta & 0 & \cos\delta \end{bmatrix} \tag{3.17}$$

Uzay hız bileşenlerindeki belirsizlikleri hata yayılımı yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu yöntemde bir G fonksiyonu tanımlanmış olup, G'nin belirsizliği yıldızların uzay hız bileşenlerinin hataları cinsinden Bağıntı (3.18) ile belirlenir:

$$\sigma^2_{\mathrm{G(x,y,z)}} = \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2 \sigma^2_{\mathrm{x}} + \left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2 \sigma^2_{\mathrm{y}} + \left(\frac{\partial G}{\partial z}\right)^2 \sigma^2_{\mathrm{z}}. \tag{3.18}$$

Uzay hızı belirsizliklerinin hesabında (Bağıntı 3.18), T (Bağıntı 3.14) ve A (Bağıntı 3.17) matrislerinden sonuçları etkileyecek hata değerlerinin olmadığı kabul edilir. Günümüzde yıldızların koordinatlarının duyarlı hesaplanmasından dolayı, koordinat dönüşüm matrislerinden hata gelmediği varsayımı kabul edilir.

Uzay hızı bileşenlerindeki belirsizliklere, yıldızların trigonometrik paralaks, öz hareket bileşenleri ve radyal hız ölçümlerinin hız hataları sebep olmaktadır. Uzay hızı bileşenlerinin belirsizlikleri Bağıntı (3.19)'da verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \sigma^2_U \\ \sigma^2_V \\ \sigma^2_W \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} \sigma^2_\gamma \\ (k/\varpi)^2\left[\sigma^2_{\mu_\alpha} + (\mu_\alpha \cos\delta\, \sigma_\varpi/\varpi)^2\right] \\ (k/\varpi)^2\left[\sigma^2_{\mu_\delta} + (\mu_\delta \sigma_\varpi/\varpi)^2\right] \end{bmatrix} + 2\mu_\alpha \cos\delta\, \mu_\delta k^2 \sigma^2_\varpi/\varpi^4 \begin{bmatrix} b_{12}b_{13} \\ b_{22}b_{23} \\ b_{32}b_{33} \end{bmatrix} \tag{3.19}$$

Burada C matrisi, $C_{\mathrm{ij}} = B_{\mathrm{ij}}{}^2$ ile ifade edilen B matrisinin elemanlarının karelerinden oluşan 3×3'lük bir matrisi ifade etmektedir.

Yıldızların toplam uzay hızı (S) ve belirsizlikleri (S_{ht}), sırasıyla, aşağıda verilen Bağıntı (3.20) ve Bağıntı (3.21) ile hesaplanmaktadır.

$$S = (U^2 + V^2 + W^2)^{1/2} \tag{3.20}$$

$$S_{\mathrm{ht}} = \left(U^2_{\mathrm{ht}} + V^2_{\mathrm{ht}} + W^2_{\mathrm{ht}}\right)^{1/2} \tag{3.21}$$

Tayfsal gözlemlerin ölçüm konumu Güneş merkezine indirgendiğinden gözlenen yıldızların uzay hızı bileşenleri (U, V, W), Güneş'in uzay hızı bileşenlerini $(U, V, W)_\odot$ de kapsamaktadır.

Bu da uzay hızı bileşenleri etkileyen ve yerel durağanlık standardı (LSR, Local Standart of Rest) olarak tanımlanan bir yanlılığa sebep olur. Söz konusu yanlılığın giderilmesi için yıldızların uzay hızı bileşenlerine LSR düzeltmesi uygulanır. Böylece U, V ve W hız bileşenleri Güneş çevresindeki yıldızların ortalama hareketiyle aynı hizaya getirilir. LSR düzeltmesi uzay hızı bileşenlerinden Güneş'in uzay hızı bileşenlerinin çıkartılmasıyla yapılır. LSR düzeltmesi için Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) çalışmasındaki $(U, V, W)_{\odot}$ = (8.83±0.24, 14.19±0.34, 6.57±0.21) km/sn verileri kullanılmış olup, bu değerler tüm Galaktik popülasyonlar için elde edilmiştir.

İncelenen Czernik 41 ve NGC 1342 kümelerinin yörünge parametrelerinin tayininde de *galpy* (Bovy, 2015) kütüphanesi kullanılmıştır. Kütüphane dahilinde çeşitli potansiyeller ve onlara uygun yörünge hesaplamaları yapan farklı programlar bulunmaktadır. Program dahilinde bulunan temel potansiyeller özelleştirilebilir, yörüngeler zamanın bir fonksiyonu olarak iterasyonlar ile amaca uygun entegre edilebilir ve yörüngelerin dağılımları belirlenebilir. *Galpy k*ütüphanesinde bulunan *Galpy.potential* modülü *MWPotential2014* olarak tanımlanır. Bu modül Samanyolu'nun çekimsel potansiyeli için tasarlanmış olup basit bir kullanıma sahiptir. *MWPotential2014* Samanyolu'na dair en yeni verileri dikkate alarak yıldızların kinematik özelliklerini araştırmak, Galaksi oluşumu ve evrimini anlamak, yıldız popülasyonlarının dinamiklerini incelemek amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca, Samanyolundaki yıldızların ve diğer gök cisimlerinin hareketlerini kütleçekimi potansiyeline göre tanımlanmasına ve analiz edilmesine olanak tanır. *MilkywayPotantial2014*, Galaksi'nin şişkin bölge bileşeniyle birlikte disk ve halo bileşenlerine ait potansiyelleri kullanır ve bu bileşenlerin kütle dağılımını, ölçek uzunlukları gibi fiziksel özelliklerini tanımlayan parametreleri içerir. Potansiyel, Galaksi'nin şişkin bileşeni için Hernquist'in (1990), disk bileşeni için Miyamoto ve Nagai'nin (1975) ve halo bileşeni için de Navarro ve diğ.'nin (1996) tanımladığı potansiyelleri kullanır.

Bu çalışmada, kümelerin uzay hızı bileşenleri ve Galaktik yörünge parametrelerinin tayininde *MWPotential2014* kodu kullanılmıştır. Galaktik yörünge analizleri sonucunda kümelerin Galaksi merkezine en uzak (R_a) ve en yakın (R_p) mesafeleri, Galaktik düzleminden ulaşabilecekleri en büyük dik uzaklıkları (Z_{max}), yörünge basıklıkları (e_p), Galaksi merkezine ortalama uzaklıklarıyla (R_M)yörünge periyotları (T_P) elde edilmiştir.

e_{p} yörünge basıklığı ve R_{M} Galaksi merkezine ortalama uzaklık parametreleri, sırasıyla, Bağıntı (3.22) ve Bağıntı (3.23) verilen eşitliklerden hesaplanmıştır.

$$e_{\mathrm{p}} = \frac{R_{\mathrm{a}} - R_{\mathrm{p}}}{R_{\mathrm{a}} + R_{\mathrm{p}}} \tag{3.22}$$

$$R_{\mathrm{M}} = \frac{R_a + R_p}{2} \tag{3.23}$$

3.5 KÜMELERİN IŞIMA GÜCÜ VE KÜTLE FONKSİYONLARI

Açık kümelerin ışıma gücü fonksiyonu (LF; Luminosity Function) küme içindeki yıldız parlaklıklarının dağılımını ifade eder ve kümedeki yıldız popülasyonuyla birlikte evriminin anlaşılmasında kullanılır. Işıma gücü fonksiyonu genellikle apsis ekseninde yıldızın mutlak parlaklığı, ordinat ekseninde de birim mutlak parlaklık aralığına karşılık gelen yıldız sayısının histogram ile ifadesidir. Bu fonksiyonun dağılımı kümenin yaşı, kütlesi, barındırdığı yıldızların parlaklık ve kütle dağılımı hakkında bilgi verir (Whitmore ve diğ., 2014).

Bir kümenin ışıma gücü fonksiyonu kümenin yaşı, yıldız evrimi ve dinamik süreçlerine bağlı olarak zaman içinde değişebilir. Göreceli olarak genç yaştaki açık kümeler henüz anakoldan ayrılmamış büyük kütleli, parlak yıldızları içerdiğinden yaşlı kümelere kıyasla daha fazla sayıda parlak yıldız içerir. Ayrıca, Galaksi içindeki dinamik etkileşimler, kütleçekim etkileri gibi nedenler yıldızların bağlı bulundukları kümeden ayrılmalarına sebep olur. Söz konusu durumlar kümelerdeki yıldız dağılımlarını etkileyerek kümelerin ışıma gücü fonksiyonlarının dağılımını değiştirir.

Açık kümelerin başlangıç kütle fonksiyonu (IMF; Initial Mass Function) ışıma gücü fonksiyonuyla ilişkili olup, yıldızların oluştukları başlangıç kütlelerinin dağılımını ifade eden ve küme içindeki farklı kütlelerdeki yıldızların göreceli sayılarını tanımlayan deneysel bir fonksiyondur. IMF yıldızların başlangıç kütlelerinin anlaşılmasında önemlidir. İlk defa Salpeter (1955) tarafından literatüre sunulan IMF, bir grup yıldızın başlangıç kütle değerlerinin dağılımlarıyla ilgili bilgi vermekle birlikte kozmik ölçekte zamanın bir fonksiyonu olarak evrendeki yıldız oluşum geçmişinin de anlaşılmasına yardımcı olur. Yıldızların oluşum aşamasındaki kütle durumlarının araştırılmasında en duyarlı sonuçları Galaktik kümeler verir. Genç kümelerde oluşan büyük kütleli yıldızların frekans sayılarının belirlenmesi kümelerin oluşum ve dinamik evrimlerinin incelenmesinde önemlidir. Ayrıca, orta ve geç yaştaki açık

küme yıldızlarının kütle dağılımlarının incelenmesiyle de kümelerin bugünkü kütle fonksiyonları ve dinamik yapıları hakkında bilgi elde edilir.

Açık kümelerin başlangıç kütle fonksiyonunun araştırılması küme ve yıldız evriminin yanı sıra kümedeki yıldızların kütle dağılımının anlaşılması bakımından önemlidir. Bununla birlikte, yıldız evriminin kütleye bağlı olarak küme içinde farklı seyretmesi IMF'nin doğrudan belirlenmesini zorlaştırır (Joshi, 2022; Yontan, 2023). Bu nedenle, kümelerin bugünkü kütle fonksiyonu (MF, Mass Function) belirlenebilir. Yıldız evrimine dair geliştirilen teoriler kütle fonksiyonunun belirlenmesinde etkisizdir; bu nedenle, MF'nin gözlemler sonucu elde edilen verilerden hesaplanması gerekmektedir. Yıldız kütleleri doğrudan gözlenebilen nicelikler değildir. Bu nedenle, yıldızların gözlemsel olarak elde edilen parlaklık ve ışınım güçlerinin yıldız kütlelerine dönüştürecek bağıntılar kullanılır (Lada ve Lada, 2003). Moraux ve diğ. (2007) çalışmasında kümelerin dinamik evrimi ve küçük kütleli üyelerinin bağlı bulundukları kümelerden kaybını dikkate alarak, bu kümelerin bugünkü kütle fonksiyonlarının başlangıç kütle fonksiyonlarıyla uyum içinde olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, araştırmacılar inceledikleri kümelerin Galaktik bölgenin yıldız dağılımlarıyla benzerlik gösterdiklerini ifade etmiştir.

Bugünkü kütle fonksiyonunun tanımı IMF ile benzer olup birim kütle başına düşen yıldız sayısını tanımlar ve Bağıntı (3.24)'te verilen Salpeter'in (1955) güç kanunuyla ifade edilir.

$$\log \frac{dN}{dM} = -(1 + x) \log M + C \tag{3.24}$$

Bağıntı (3.24)'te *dM, dN* ve *M*, sırasıyla, kütle aralığını, her bir kütle aralığındaki yıldız sayısını ve her bir kütle aralığındaki ortalama kütleyi ifade ederken; *X* ve *C* de, sırasıyla, kütle fonksiyonunun eğimini ve doğrusal fitin sabitini belirtmektedir.

Kümenin kızarma, metal bolluğu, yaş ve uzaklık parametrelerinin bilinmesi durumunda, barındırdıkları yıldızların kütleleri yıldız evrim modelleri kullanılarak belirlenebilir. Tez çalışmasında incelenen iki kümenin kütle fonksiyonlarının tayininde kullanılan yıldız kütleleri, kümeler için belirlenen en uygun eş-yaş eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır. Modellerin içerdiği mutlak parlaklık ile yıldız kütle değerleri arasında bir polinom fonksiyonu elde edilir ve gözlemsel yıldız parlaklıklarına uygulanarak yıldızların kütleleri hesaplanır.

4 BULGULAR

Yüksek lisans tez çalışmasında Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri, sırasıyla, 21 Temmuz 2020 ile 29 Eylül 2019 tarihlerinde TUG'da yer alan T100 teleskobuyla *UBV* filtrelerinde gözlenmiştir. Gözlemlerde *U*, *B* ve *V* filtrelerinde uzun, orta ve kısa olmak üzere farklı poz süreleri kullanılmıştır (Bkz. Tablo 3.2). Her bir gözlem gecesinde küme alanlarıyla birlikte Landolt'un (2009) vermiş olduğu katalogdan seçilen çok sayıda standart yıldız alanı gözlemleri de gerçekleştirilmiştir (Bkz. Tablo 3.1). Standart yıldız alanı gözlemleri farklı zenit uzaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Böylece standart yıldızların ölçülen aletsel parlaklıkları farklı hava kütleleri için Landolt'un (2009) kataloğundaki aynı yıldızların parlaklıklarıyla karşılaştırılmış ve atmosferik düzeltme katsayılarının tayininde kalibrasyonların duyarlılığı arttırılmıştır. Gözlem koşulları, görüntülerin CCD kalibrasyonları, küme alanında bulunan yıldızlar ile standart yıldızların parlaklık ölçümleri, gecelik sönümleme ve dönüşüm katsayılarıyla sabitler Bölüm 3'te verilmiştir. Küme görüntülerindeki tespit edilen yıldızların verilerinin sayısal hale getirilmesinde IRAF, PSFex ve IDL yazılımları kullanılmıştır. CCD kalibrasyonları yapılan küme görüntüleri için öncelikle astrometrik kalibrasyonlar yapılmış, böylece alanlardaki yıldızların (*X*, *Y*) piksel koordinatları gökyüzü koordinatlarına (α, δ, *l*, *b*) dönüştürülmüştür. Daha sonra, her bir görüntü hizalanarak yıldızların aynı koordinatlara gelmesi sağlanmıştır. Kümelerin kısa, orta ve uzun poz sürelerinde alınan görüntüleri, *U*, *B* ve *V* filtrelerinde birleştirilmiş ve birleşik görüntüleri elde edilmiştir. Böylece *S*/*N* oranının arttırılması sağlanmıştır. Birleşik görüntülerdeki yıldızların aletsel parlaklıkları PSF fotometrisiyle ölçülmüştür. PSF fotometrisinden kaynaklı akı kaybının giderilmesi için ayrıca birleşik görüntülerdeki yıldızların PSF ölçümlerine açıklık düzeltmesi uygulanmıştır. Yıldızların standart sistemdeki parlaklıklarının tayininde standart yıldızların kalibrasyonlarından elde edilen gecelik sönümleme ve dönüşüm katsayıları (Bkz. Tablo 3.3) ile Bölüm 3.2.2'de verilen bağıntılar (3.2)-(3.4) kullanılmıştır. *UBV* verilerinin sayısal hale getirilmesinden sonra Czernik 41 ile NGC 1342 alanlarında, sırasıyla, 2,527 ve 906 yıldız tespit edilmiştir. Bu yıldızların *UBV* fotometrik sisteminde, ekvatoral koordinatları, *V* parlaklıkları, *U*-*B* ile *B*-*V* renk indekslerinin bulunduğu fotometrik kataloglar oluşturulmuştur.

Ayrıca, küme merkezlerinden itibaren 40×40 yay dakika^2 küme alanı içinde bulunan yıldızların *Gaia* DR3 astrometrik, fotometrik ve tayfsal verileri derlenerek her bir küme için *Gaia* katalogları oluşturulmuştur. Bu kataloglar küme alanlarındaki yıldızların, öz hareket bileşeni,

trigonometrik paralaks, *Gaia* fotometrik renk ve parlaklıkları ile radyal hız verilerini içermektedir.

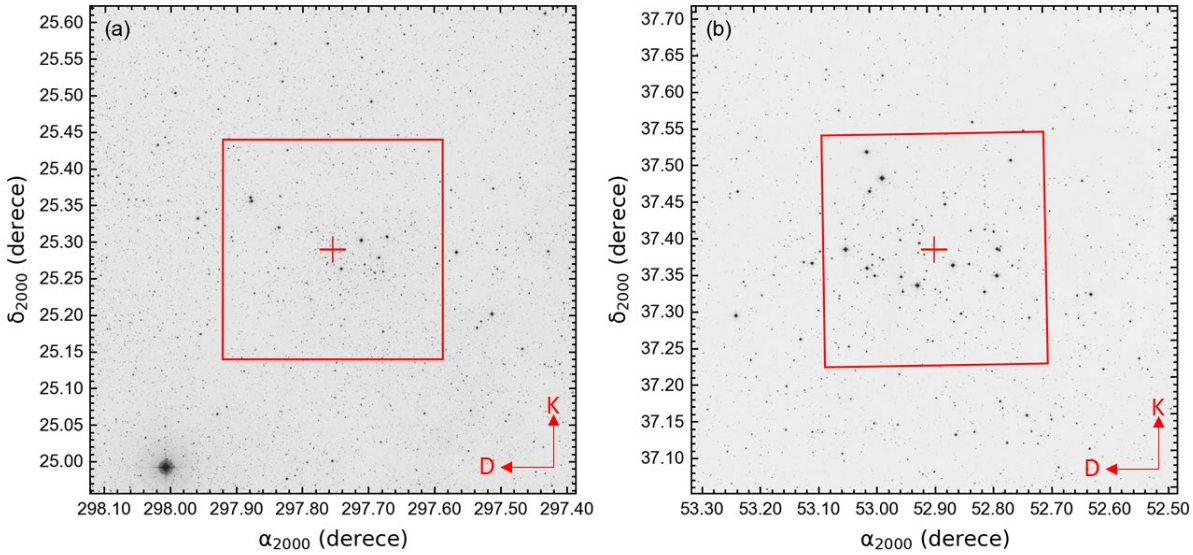
İncelenen iki kümenin analizlerinde her bir küme için iki katalog dikkate alınmıştır: Gözlemlerden elde edilen ve yıldızların *UBV* parlaklık ve renk indekslerini içeren fotometrik kataloglar ile *Gaia* DR3 veri tabanından alınan ve yıldızların astrometrik, fotometrik ve tayfsal verilerini içeren kataloglardır. Küme alanındaki yıldızların üyelik olasılıklarının hesaplanmasında oluşturulan *Gaia* DR3 katalogları kullanılmıştır. Daha sonra *UBV* ile *Gaia* katalogları yıldızların koordinatlarına göre eşleştirilmiş ve *UBV* kataloğuna aynı yıldızların üyelik olasılıkları eklenmiştir. Çalışmada kızarma, fotometrik metal bolluğu, *UBV* tabanlı uzaklık ve yaş tayinlerinde kümelerin *UBV* katalogları dikkate alınırken, astrometrik, kinematik ve *Gaia* fotometrisi tabanlı uzaklık ve yaş tayinlerinde kümelerin *Gaia* DR3 katalogları kullanılmıştır.

4.1 KÜME VERİLERİNİN ANALİZLERİ

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri doğrultusunda tespit edilen yıldızların standart sistemdeki parlaklıkları elde edildikten sonra bu yıldızların ekvatoral koordinatlarını, V parlaklığını, U-B ve B-V renk indeksleriyle hatalarını içeren fotometrik küme katalogları oluşturulmuştur. Czernik 41 alanında tespit edilen ve kataloğa işlenen yıldız sayısı 2,520 olup bunların görünen parlaklıkları $9 < V < 22.5$ kadir aralığındadır. NGC 1342 kümesinde tespit edilen yıldızların sayısı 906 ve görünen parlaklıkları $8 < V < 22.5$ kadir aralığında bulunmaktadır.

Kümelerin *Gaia* fotometrik sisteminde renk uzaylarındaki yerlerinin de belirlenmesi, küme yıldızlarının üyelik olasılıklarının hesaplanması, fotometrik ve trigonometrik paralakslardan elde edilen küme uzaklıklarının karşılaştırılması amacıyla iki küme için *Gaia* DR3 katalogları da ayrıca oluşturulmuştur. Bu kataloglar kümelerin, Cantat-Gaudin ve diğ.'den (2020) alınan, merkezi koordinatlarından itibaren 40×40 yay dakika^2 alan içinde bulunan yıldızların fotometrik verileri (G, G_{BP} ve G_{RP}), öz hareket ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ), trigonometrik paralaks (ϖ), radyal hız (V_R) ve bu ölçümlerin hatalarını da içerecek şekilde derlenmiştir. Sonuç olarak *Gaia* sistemindeki kataloglarda Czernik 41 için $5 < G < 22.5$ kadir aralığında 217,879 sayıda yıldız, NGC 1342 için $7 < G < 22$ kadir aralığında 20,820 sayıda yıldız belirlenmiştir. *Gaia* sistemi için oluşturulan 40×40 yay dakika^2 küme alanlarının görüntüsü Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

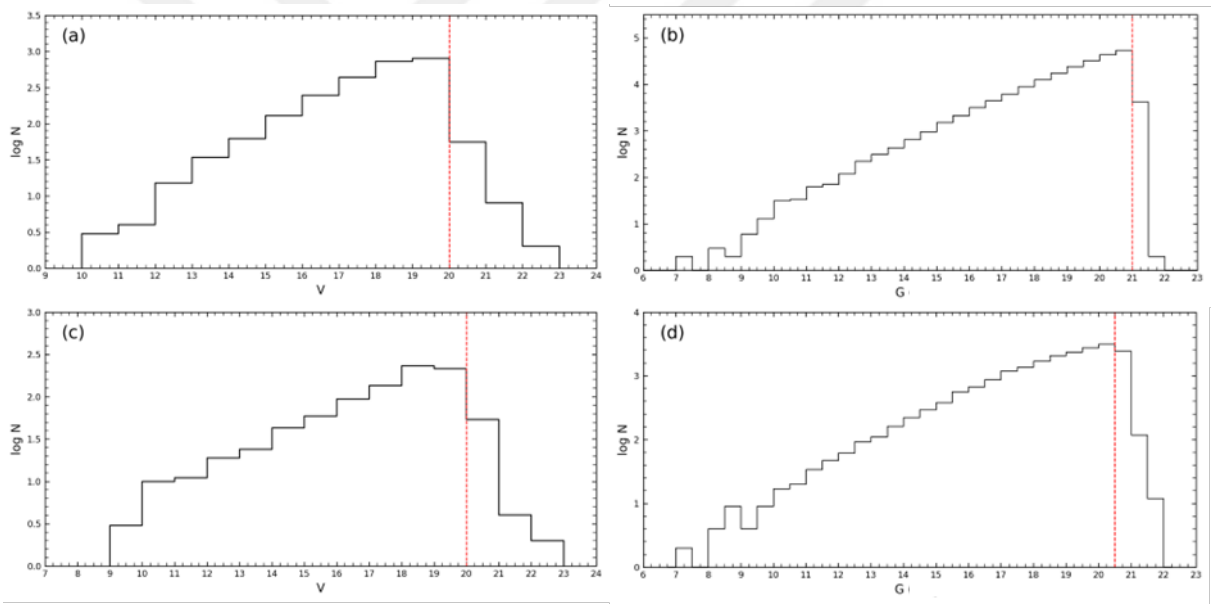
Ayrıca şekil üzerinde *UBV* verilerinin konumları da kırmızı sınırlar ile belirtilmiştir. Yıldızların kümelere üyelik olasılıkları *Gaia* DR3 astrometrik verilerinden hesaplanmış ve olasılık değerleri (*P*), *Gaia* kataloglarına işlenmiştir. *Gaia* sistemindeki kataloglarda bulunan ve üyelik olasılığı belirlenen yıldızların koordinatları *UBV* kataloğundaki yıldızların verileriyle sekiz yay saniyelik bir üst sınır gözetilerek eşleştirilmiştir. Böylece, *UBV* sistemi tabanlı küme analizlerinde kullanılacak yıldızların olasılık değerleri belirlenmiştir.



Şekil 4.1: Czernik 41 (a paneli) ile NGC 1342 (b paneli) açık kümelerinin ekvatoral koordinat sistemindeki yıldız alanları. Kırmızı sınırlar T100'den alınan alanları ifade etmektedir. Şekillerin üst kısımları Kuzey, sol tarafları Doğu yönünü göstermektedir.

Kümelerin duyarlı astrofizik parametrelerinin tayin edilmesi amacıyla, analizlerden önce fotometrik ölçümler incelenerek küme alanlarında bulunan yıldızların sönük parlaklık limitleri belirlenmiştir. Fotometrik tamlık sınırı olarak bilinen bu limit parlaklık, gözlemlerde kullanılan poz sürelerine göre fotometrik ölçümlerin hangi parlaklığa kadar duyarlı olduğunu gösterir. *UBV* ve *Gai*a sisteminde kümelerin fotometrik tamlık sınırlarının belirlenmesinde aynı yol izlenmiştir. İki katalogda bulunan yıldızların *V* ve *G* görünen parlaklık aralıklarındaki yıldız sayılarının histogramları oluşturulmuştur. Dağılımlarda, yıldız sayılarının en yüksek değere ulaştığı parlaklıklar kümelerin *V* ve *G* limit parlaklıkları olarak kabul edilmiştir. Küme doğrultusundaki yıldızların *V* ve *G* parlaklıkları dikkate alınarak oluşturulmuş histogramları Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Şekil 4.2a (Czernik 41) ve Şekil 4.2c'de (NGC 1342) yıldız sayılarının ardışık *V* görünen parlaklığına karşı dağılımları verilmiştir. Czernik 41 (Şekil 4.2a)

incelendiğinde yıldız sayılarının sönük V parlaklıklarına doğru arttığı ve $V = 20$ kadirden sonra ani bir düşüş gösterdiği belirlenmiştir. NGC 1342'de (Şekil 4.2c) de benzer bir durum söz konusu olup yıldız sayısındaki düşüş ilk olarak $V = 19$ kadirde görülmektedir. Fakat $V = 19$ ve $V = 20$ kadirlerdeki yıldız sayıları dikkate alındığında değerlerin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Czernik 41 ile NGC 1342 kümeleri için *UBV* sistemindeki fotometrik tamlık sınırları $V = 20$ kadir kabul edilmiştir. Şekil 4.2b (Czernik 41) ve Şekil 4.2d'de (NGC 1342) yıldız sayılarının 0.5 kadir aralıklar ile G görünen parlaklıklarına karşı dağılımları gösterilmiştir. Yıldız sayılarının en yüksek değere ulaştığı parlaklıklar Czernik 41 (Şekil 4.2b) için G =21 kadir, NGC 1342 (Şekil 4.2d) için $G = 20.5$ kadir belirlenmiştir. Kümelerin *UBV* ve *Gaia* sistemindeki analizleri, V ve G fotometrik tamlık sınırlarından parlak yıldızlar dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2: Czernik 41 (a ve b) ile NGC 1342 (c ve d) doğrultusunda tespit edilen yıldızların V ve G görünen parlaklıklarına göre histogramları. Kırmızı kesikli çizgiler V ve G görünen parlaklıklarındaki fotometrik tamlık sınırlarını göstermektedir.

Küme alanlarında tespit edilen yıldızların Johnson (V, U-B, B-V) ve *Gaia* (G, G_{BP}-G_{RP}) fotometrik sistemlerindeki parlaklık ve renk indeks hataları, sırasıyla, V ve G görünen parlaklık aralıklarına göre Tablo 4.1'de listelenmiştir. Parlaklık ve renk hataları, sırasıyla, aletsel parlaklıkların istatistiksel belirsizliklerinden ve ilgili bantlardaki hataların yayılımından tayin edilmiştir. Czernik 41'in V bandı ölçümündeki fotometrik tamlık sınırı dikkate alındığında, $9 < V \leq 20$ kadir aralığında V görünen parlaklıklarındaki ortalama hataların 0.05 kadiri, U-B ve

B-V renk indekslerindeki hataların 0.17 kadiri geçmediği belirlenmiştir. Bu değerler NGC 1342 kümesinde $8 < V \leq 20$ kadir aralığında, *V* parlaklığı için 0.025 kadiri, *U-B* ve *B-V* renk indeksleri için de 0.06 kadiri geçmemektedir. Kümelerin *Gaia* parlaklık ve renklerindeki ortalama hatalar incelendiğinde $5 < G \leq 21$ (Czernik 41) ve $7 < G \leq 21$ (NGC 1342) kadir aralıklarında ortalama hataların *G* parlaklığı için 0.007 kadiri, G_{BP}-G_{RP} renk indeksleri için de 0.16 kadiri geçmediği tespit edilmiştir.

Tablo 4.1: *V* ve *G* görünen parlaklıkların bir fonksiyonu olarak tayin edilen fotometrik hatalar. *N; V* ve *G* parlaklık aralığına düşen yıldız sayılarını, σ_V, σ_{U-B}, σ_{B-V}, σ_G, $\sigma_{GBP-GRP}$, sırasıyla, *V*, *U-B, B-V*, *G* ve G_{BP}-G_{RP} parlaklık ve renk indekslerindeki ortalama hataları göstermektedir.

	Czernik 41				**NGC 1342**			
V aralığı	***N***	σ_V	σ_{U-B}	σ_{B-V}	***N***	σ_V	σ_{U-B}	σ_{B-V}
[08, 12]	10	0.002	0.003	0.003	26	0.001	0.003	0.002
(12, 14]	49	0.007	0.014	0.011	43	0.004	0.009	0.006
(14, 15]	62	0.011	0.036	0.017	43	0.004	0.011	0.006
(15, 16]	129	0.016	0.070	0.031	59	0.002	0.013	0.005
(16, 17]	249	0.019	0.106	0.023	94	0.003	0.014	0.013
(17, 18]	436	0.023	0.137	0.046	135	0.006	0.025	0.026
(18, 19]	725	0.032	0.155	0.058	231	0.012	0.037	0.045
(19, 20]	801	0.044	0.162	0.125	215	0.224	0.052	0.057
(20, 22]	64	0.057	0.193	0.168	58	0.334	0.069	0.065

	Czernik 41			**NGC 1342**		
G aralığı	***N***	σ_G	$\sigma_{GBP-GRP}$	***N***	σ_G	$\sigma_{GBP-GRP}$
[06, 12]	6	0.003	0.006	34	0.003	0.005
(12, 14]	46	0.003	0.006	104	0.003	0.005
(14, 15]	84	0.003	0.007	82	0.003	0.005
(15, 16]	228	0.003	0.012	147	0.003	0.006
(16, 17]	566	0.003	0.014	212	0.003	0.009
(17, 18]	1334	0.003	0.025	354	0.003	0.019
(18, 19]	2703	0.003	0.052	581	0.003	0.042
(19, 20]	5121	0.004	0.094	770	0.004	0.082
(20, 23]	5881	0.006	0.154	475	0.007	0.157

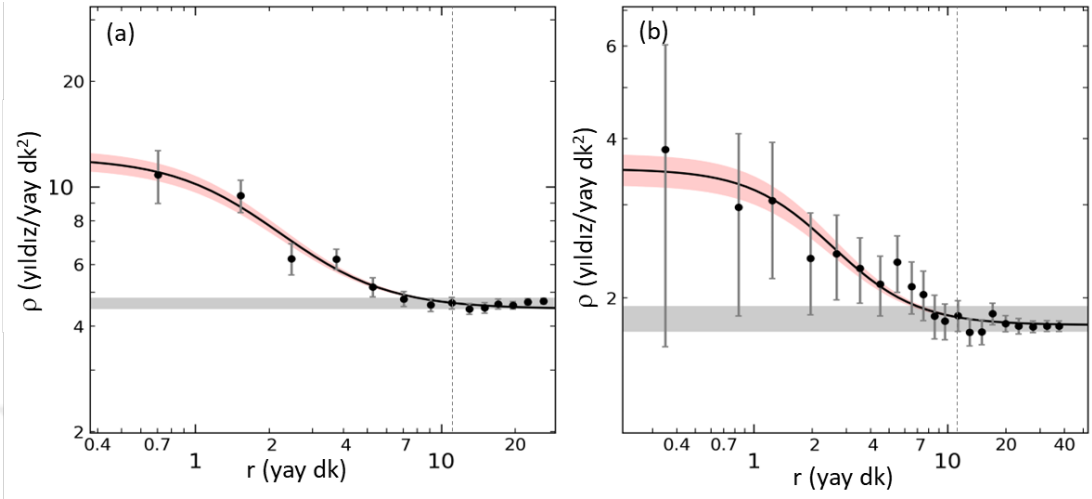
4.2 KÜMELERİN RADYAL YOĞUNLUK PROFİLLERİ

TUG T100'e bağlı CCD kamera geniş görüş alanına sahip olmasına rağmen, açık küme gözlemlerinde tek pozlamayla küme merkezinden ancak 10 yay dakikası uzaklığa kadar yıldızların tespitini sağlamaktadır. Bu da kümenin açısal çapının belirlenmesine bir sınırlama getirmektedir. Söz konusu problemin üstesinden gelebilmek ve kümelerin etkin yarıçaplarını daha duyarlı belirleyebilmek için tez çalışmasında incelenen iki kümenin radyal yoğunluk profili analizlerinde *Gaia*'nın fotometrik verileri tercih edilmiştir. Radyal yoğunluk profillerinden yapısal parametrelerin hesaplanması için, her bir kümenin merkezinden itibaren 40×40 yay dakika^2 alanı içerecek şekilde oluşturulan kataloglardaki yıldızların fotometrik G parlaklıkları dikkate alınmış ve yıldızların sayı yoğunluk profilleri oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan ekvatoral koordinat sistemindeki küme merkezi konumları Czernik 41 ve NGC 1342 kümeleri için Cantat-Gaudin ve diğ.'nin (2020) kataloğundan alınmıştır.

Analizlerde, öncelikle küme merkezinden itibaren belirlenen farklı yarıçaplı daireler içindeki yıldızlar sayılmıştır. Böylece, yıldız sayılarının bulundukları her bir daire parçasının alanına bölünmesiyle yıldız sayı yoğunlukları tayin edilmiştir ($\rho(r_i) = N_i/A_i$; Bkz. Bölüm 3.3.1).

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) Bölüm 3.3.1 ve Bağıntı (3.5)'te verilen matematiksel ifadesi 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. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yoğunluk profilleri ve bu profiller için en iyi çözümü veren King modelleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Kümelerin modelden hesaplanan yapısal parametreleri Tablo 4.2'de listelenmiştir. Şekil 4.3 incelendiğinde Czernik 41 (a) ile NGC 1342 (b) açık kümelerinin yıldız sayı yoğunlukları ile dağılımı en iyi temsil eden modellerin küme merkezlerinden 11 yay dakikası uzaklıkta hemen hemen aynı seviyeye geldikleri görülmüştür. Bu değer görsel olarak belirlenmiş olup, iki kümenin de limit yarıçapı (r_{lim}) olarak kabul edilmiştir. King modelinden hesaplanan zemin yoğunluğu ve hataları dikkate alındığında, $r_{lim} = 11'$ yarıçap değeri iki kümenin 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.



Şekil 4.3: Czernik 41 (a) ve NGC 1342'nin (b) King profilleri. Siyah katı eğri en iyi çözümü veren King modelini, taralı kırmızı ve gri alanlar, sırasıyla, modelin ve zemin yıldız yoğunluğunun güvenilirlik bölgelerini göstermektedir. Kesikli dikey çizgiler kümelerin limit yarıçaplarını belirtmektedir.

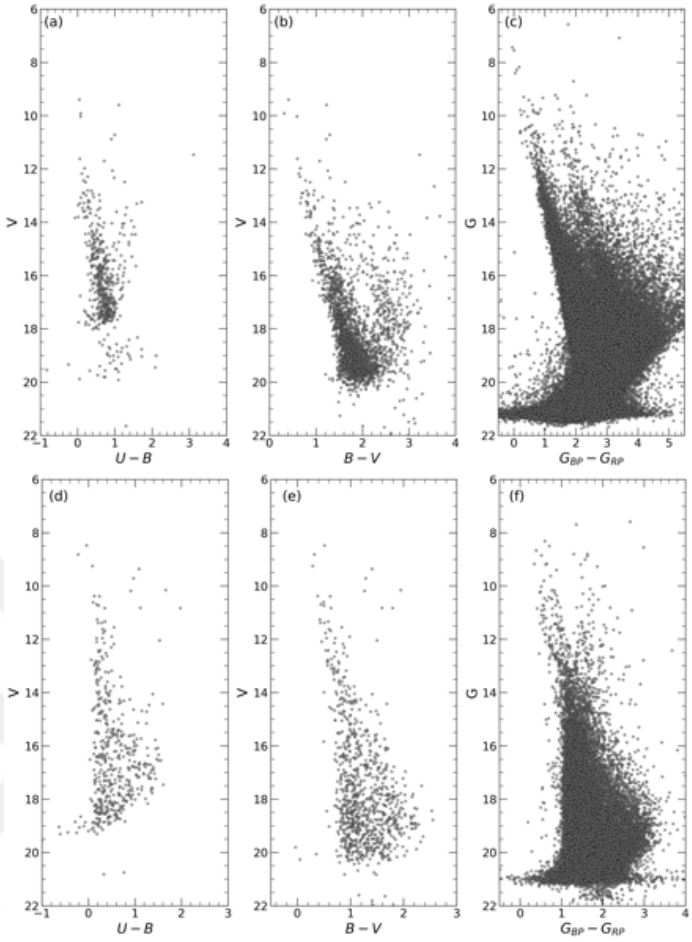
Tablo 4.2: İki açık kümenin King (1962) modeliyle karşılaştırılması sonucunda elde edilen yapısal parametreleri. f_0 ve f_{bg}, sırasıyla, kümelerin merkezi ve zemin yıldız sayı yoğunluklarını, r_c ile r_{lim}, sırasıyla, kümelerin kor ve gözlemsel olarak belirlenen yarıçapları, R^2 de King modelinin korelasyon katsayısını ifade etmektedir.

Küme	f_0	f_{bg}	r_c	r_{lim}	R^2
	(yıldız/yay dakika²)		**(yay dakika)**		
Czernik 41	7.622±0.750	4.481±0.171	1.728±0.266	11	0.973
NGC 1342	1.733±0.240	1.766±0.090	2.155±0.568	11	0.912

4.3 KÜMELERİN RENK-PARLAKLIK DİYAGRAMLARI

Gözlemsel renk-parlaklık diyagramları kümelerin yaş, uzaklık gibi astrofizik parametrelerinin tayin edilmesinde kullanılan önemli araçlardır. Ayrıca, söz konusu diyagramlar farklı renk uzaylarında kümelerin anakol, dönüm noktası, dev kolu gibi yapılarının ortaya çıkartılmasında etkilidir. Bununla birlikte, açık kümelerin Galaksi'deki konumları, yaşları, uzaklıkları ve kümedeki yıldız sayı yoğunluğu gibi faktörler renk-parlaklık diyagramları üzerindeki küme yapısını etkileyerek, açık kümelerin morfolojik yapılarının ortaya çıkartılmasını güçleştirebilir. Tez çalışmasında incelenen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin alanında tespit edilen

yıldızların *UBV* ve *Gaia* sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekilde, iki küme için de ön ve arka plan alan yıldızları tüm görünen parlaklıklarda göze çarpmakta ve sönük parlaklıklara doğru bu etki artmaktadır. İki küme için de *UBV* sisteminde tespit edilen yıldız sayıları (Bkz. Bölüm 4.1) *Gaia* sistemindekinden farklı olduğundan, $G \times G_{BP}$-G_{RP} renk-parlaklık diyagramlarında (Şekil 4.4c; Czernik 41 ve Şekil 4.4f; NGC 1342) alan yıldızlarının baskınlığı küme morfolojilerinin ortaya konmasını zorlaştırmaktadır. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yaş, uzaklık ve bulundurdukları yıldız yoğunlukları bakımından farklı olmaları, renk-parlaklık diyagramlarındaki anakol, dönüm noktası, alt dev ve dev kolu gibi bölgelerin değişkenlik göstermesinde etkilidir. Şekil 4.4'te Czernik 41'in renk-parlaklık diyagramları (a-b-c) incelendiğinde *UBV* sisteminde kümenin anakolunun $V \sim 16$ kadire kadar kabaca ayırt edilebildiği, sönük parlaklıklarda alan yıldızlarının bu yapıyı ayırt etmeyi güçleştirdiği görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4.4c'de kümenin *Gaia* fotometrik uzayındaki yeri, alan yıldızlarının fazlalığı nedeniyle net bir şekilde ayırt edilememektedir. Şekil 4.4 (d-e-f)'de NGC 1342'nin renk-parlaklık diyagramları incelendiğinde küme anakolunun V ve G parlaklıklarında $V \sim 13.5$ kadire kadar ayırt edilebildiği belirlenmiştir. Bununla birlikte, Czernik 41 (Şekil 4.4a-b-c) alanında $V < 11$ ve $G < 10.5$ kadir aralıklarında kümenin muhtemel dev yıldız adayları, $11.5 < V < 12.5$ kadir aralıklarında da olası dönüm noktası yıldızları göze çarpmaktadır. NGC 1342 (Şekil 4.4d-e-f) alanında da $V < 10.5$ ve $G < 11$ ile $10.5 < V < 11$ kadir aralıklarında kümenin yaş tayininde önemli olan olası dev yıldız adaylarıyla dönüm noktası yıldızları görülmektedir. Açık küme yıldızları renk-parlaklık diyagramlarında kabaca belirlenmekte veya özellikle sönük parlaklıklarda alan yıldızlarından çok zor ayırt edilebilmektedir. Söz konusu durum fotometrik renk uzaylarının tek başına küme üyesi yıldızları duyarlı bir şekilde belirlemede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, kümeye en muhtemel üyelerin duyarlı bir şekilde belirlenmesinde fotometrik, astrometrik ve yeterli ölçümler olduğu takdirde, tayfsal verilerin bir arada kullanılması gerekmektedir.



Şekil 4.4: Czernik 41 (a-b-c) ve NGC 1342 (d-e-f) alanlarında tespit edilen yıldızların *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemlerinde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları.

4.4 KÜMELERE ÜYE YILDIZLARIN SEÇİMİ

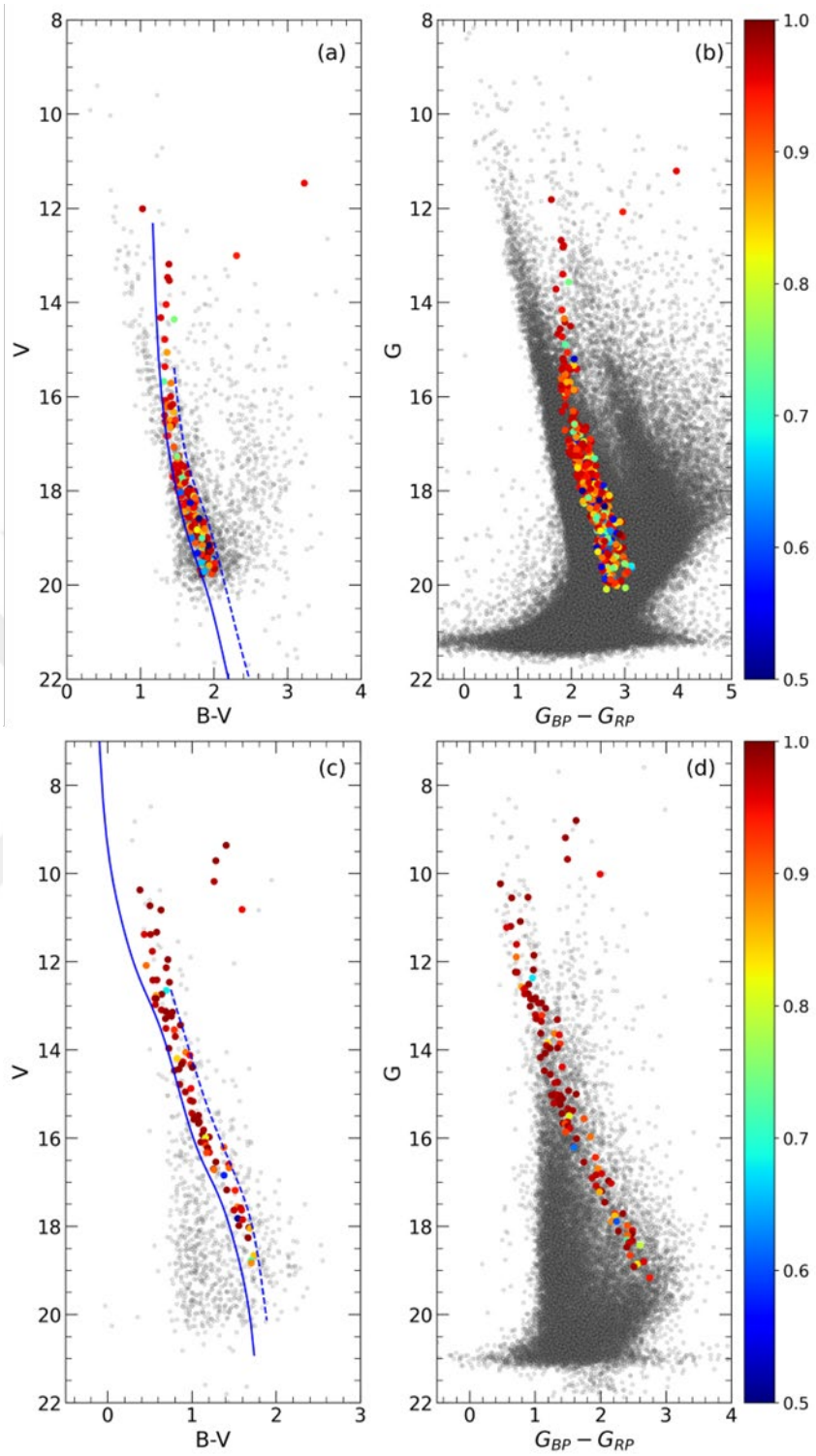
Çalışmada incelenen iki küme alanında bulunan yıldızların üyelik olasılıkları UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) yöntemiyle hesaplanmıştır (Bölüm 3.3.2). Czernik 41 ile NGC 1342 kümeleri için oluşturulan *Gaia* DR3 sistemindeki kataloglar dikkate alınarak yıldızların kümelere üyelik olasılıklarının (*P*) hesaplanmasında konum ve astrometrik verilerini içeren beş-boyutlu parametre uzayı kullanılmıştır. Buna göre, kataloglardaki her bir yıldızın ekvatoral koordinatları (α, δ), trigonometrik paralaksları (ϖ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) ve bu ölçümlere ait belirsizlikler programda girdi parametrelerini oluşturmaktadır. Analizlerde UPMASK, *k-means* değerleri 6 ile 30 arasında değişecek şekilde ve 25 iterasyonlu olarak çalıştırılmıştır. En iyi çözümü veren *k-means* seçiminde, yıldızların üyelik olasılıklarının bağlı

bulundukları küme yapısını en iyi gösteren değerler dikkate alınmıştır. Buna göre Czernik 41 ve NGC 1342 için *k-means* değerleri, sırasıyla, 8 ve 25 kabul edilmiştir. Renk-parlaklık diyagramlarında küme yapısının homojen ve belirgin bir şekilde ifade edilebilmesi, kümelerin duyarlı astrofizik ve kinematik parametrelerinin elde edilmesi açısından analizlerde üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar kullanılmıştır. *Gaia* sistemindeki üyelik analizleri sonucunda, kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan ve kümenin etkin yarıçapı ($r_{\rm lim} = 11'$) içinde bulunan yıldızların sayısı Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri için sırasıyla, 382 ve 111'dir.

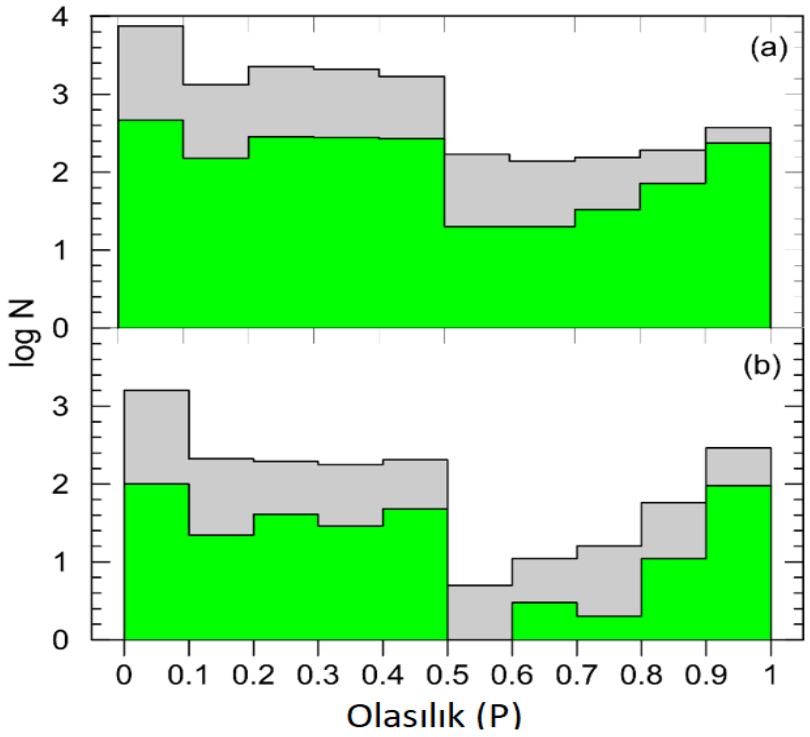
Yıldızların kümeye üyelik olasılıkları istatistiksel yöntemler ile hesaplanabilse de, fotometrik ölçümlerdeki belirsizliklerin sönük kadirlere doğru artması, küme anakolunda bulunan olası çift sistemlerin fotometrik olarak ayırt edilememesi gibi sebepler, istatistiki yaklaşım sonuçlarının duyarlılığını azaltır. Bu nedenle, küme üyelerinin seçiminde astrometrik hesaplamaların yanısıra 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 yer alır. Bu durum çift yıldız etkisi olarak tanımlanır ve küme anakolunun kalın bir band şeklinde görünmesine yol açar. Çalışılan iki kümede söz konusu etkileri dikkate almak ve daha doğru üye seçimi yapmak amacıyla istatistiksel üyelik hesaplamalarının yanı sıra *UBV* sisteminde fotometrik kriterlere getirilen sınırlamalar da dikkate alınmıştır (Bölüm 3.3.2). Bunun için kümelerin etkin yarıçapı içinde bulunan ($r_{\rm lim} \leq 11'$), kümeye üyelik olasılıkları $P \geq 0.5$ olan ve fotometrik tamlık sınırlarından parlak ($V \leq 20$ kadir) yıldızlar seçilerek $V\times(B\text{-}V)$ renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları incelenmiştir. Seçilen yıldızların oluşturduğu küme morfolojisi dikkate alınarak kümelerin anakolunun alt sınırı göz ile belirlenmiş ve Sung ve diğ.'nin (2013) ZAMS verileri bu alt sınırın seçilmesinde kullanılmıştır. ZAMS eğrisinin alt sınırı $V\times(B\text{-}V)$ renk-parlaklık diyagramında anakolda parlak yıldızlara doğru dik yönde en fazla ~0.75 kadir olacak şekilde kaydırılmış, böylece hem küme anakolundaki olası çift yıldız etkisi dikkate alınmış, hem de fotometrik ve astrometrik ölçümlerin belirsizliklerinin etkisi en aza indirgenmiştir (Şekil 4.5). ZAMS eğrisinin kaydırılmasıyla en muhtemel üye anakol yıldızlarının yanı sıra, kümelerin dönüm noktası ve dev bölgelerinde bulunan parlak ve üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$) yıldızların seçimi de yapılmıştır. *UBV* sisteminde astrometrik ve fotometrik kriterler ile birlikte, iki kümenin $r_{\rm lim} \leq 11'$ etkin yarıçapı içinde kalan, parlaklığı V ≤ 20 kadir, ZAMS eğrileriyle sınırlanan

bölgede yer alan ve üyelik olasılıkları $P \geq 0.5$ olan yıldızlar kümelerin en muhtemel üyeleri olarak seçilmiştir. Bu yıldızların sayısı, Czernik 41 ve NGC 1342 için, sırasıyla, 172 ve 89 olup, kümelerin renk artıkları, fotometrik metal bolluğu ile uzaklık ve yaş tayinlerinde kullanılmıştır. *UBV* sisteminde iki küme alanında tespit edilen yıldızların $V \times (B\text{-}V)$ diyagramlarındaki dağılımı ve ZAMS ile sınırlanan anakol bandı Şekil 4.5a (Czernik 41) ve Şekil 4.5c'de (NGC 1342) sürekli ve kesikli mavi eğriler ile gösterilmiştir. *Gaia* sisteminde 40×40 yay dakika^2 küme alanları içinde tespit edilen yıldızların da $G \times (G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramları Şekil 4.5b (Czernik 41) ve Şekil 4.5d'de (NGC 1342) gösterilmiştir. *UBV* ve *Gaia* tabanlı diyagramlarda renk ölçeğine göre işaretlenen yıldızlar $r_{lim} \leq 11'$ içinde kalan ve üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan en muhtemel üye yıldızları temsil etmektedir.

Gaia sisteminde oluşturulan küme kataloglarında tespit edilen yıldızlar ile $r_{lim} \leq 11'$ içinde ve fotometrik G tamlık sınırlarından daha parlak yıldızların olasılık histogramları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Kümelerin limit yarıçapı içinde kalan ve üyelik olsılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızlar incelendiğinde 40×40 yay dakika^2 küme alanında bulunan tüm olasılıklardaki ($0 \leq P \leq 1$) yıldızlara oranı Czernik 41 için %2.34 ve NGC 1342 için de %3.77'dir.



Şekil 4.5: Czernik 41 (a-b) ve NGC 1342 (c-d) alanlarında tespit edilen yıldızlar ile birlikte en muhtemel küme üyelerinin *UBV* (panel a ve c) ve *Gaia* (panel b ve d) fotometrik sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramları. Gri daireler olasılığı $P < 0.5$ ve farklı renkteki daireler de üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızları göstermektedir. Sürekli ve kesikli mavi çizgiler kümelerin anakollarının seçiminde kullanılan ZAMS eğrileridir (Sung ve diğ., 2013).

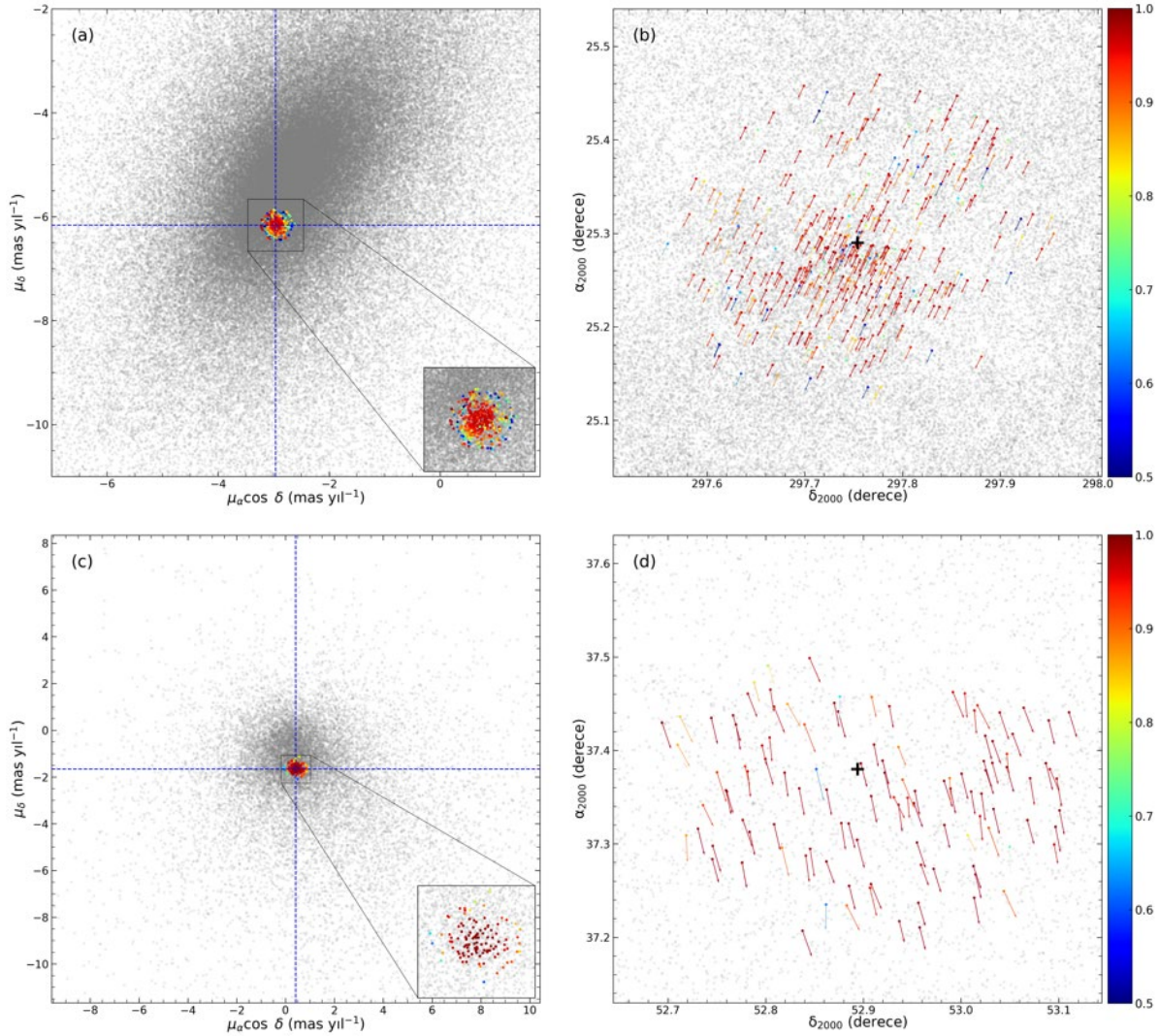


Şekil 4.6: *Gaia* sisteminde Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) küme alanlarında tespit edilen tüm yıldızların kümeye üyelilik olasılığını (içi dolu gri histogramlar) ve $r_{\rm lim} \leq 11'$ içinde kalan yıldızların üyelik olasılıklarını (içi dolu yeşil histogramlar) göstermektedir.

4.5 KÜMELERİN ASTROMETRİK PARAMETRELERİ

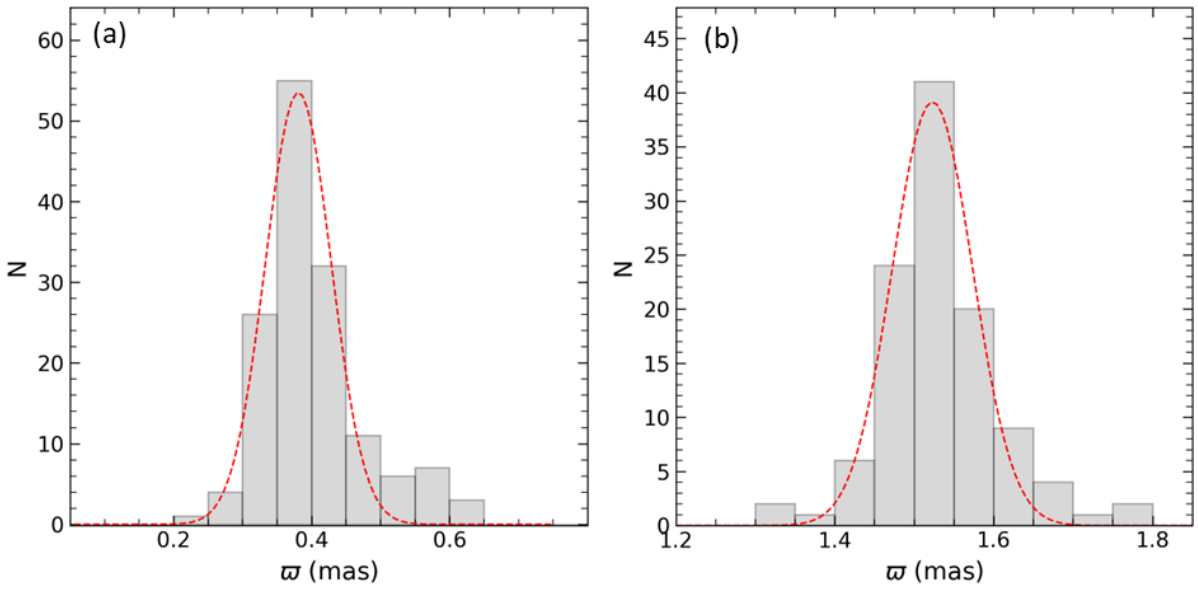
Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin *Gaia* sisteminde oluşturulan katalogları dikkate alındığında iki kümenin etkin yarıçapları içinde bulunan kümeye en muhtemel üye ($P \geq 0.5$) yıldızların sayısı, sırasıyla, 382 ve 111'dir (Bkz. Bölüm 4.4). Bu yıldızların öz hareket uzaylarındaki dağılımlarıyla ekvatoral koordinatlarındaki vektörel hareket yönleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Kümeye en muhtemel üye yıldızlarının (renkli daireler) öz hareket diyagramlarındaki dağılımları incelendiğinde, Czernik 41 (Şekil 4.7a) ve NGC 1342 (Şekil 4.7c) açık kümelerinin alan yıldızlarına (gri daireler) gömülü bir konumda bulundukları görülmektedir. Bununla birlikte iki kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızların belli bir alanda toplandığı, ayrıca, Czernik 41'in NGC 1342 açık kümesine göre daha yoğun yıldız barındırdığı tespit edilmiştir. Şekil 4.7b (Czernik 41) ve Şekil 4.7d'de (NGC 1342) 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 belirlendiğini göstermektedir. Üyelik olasılığı yüksek

yıldızlardan itibaren Czernik 41 ve NGC 1342'nin ortalama öz hareket bileşenleri $\langle \mu_\alpha \cos\delta, \mu_\delta \rangle$, sırasıyla, (-2.963±0.068, -6.163±0.101) ve (0.419±0.041, 1.662±0.031) mas/yıl hesaplanmıştır. Şekil 4.7a (Czernik 41) ve Şekil 4.7c'de (NGC 1342) mavi kesikli çizgilerin kesişim noktaları kümelerin ortalama öz hareket bileşen değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.7: Czernik 41 (a-b) ve NGC 1342 (c-d) açık küme alanlarındaki yıldızların *Gaia* DR3 öz hareket bileşenlerine ait grafikleri ve ekvatoral koordinatlarındaki gökyüzü yönelim vektörleri. Farklı renklerdeki daire ve vektörler üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan, gri daireler de üyelik olasılıkları $0 \leq P < 0.5$ olan yıldızları belirtmektedir. Sağ taraftaki renk ölçeği üyelik olasılığının bir fonksiyonu olup $P \geq 0.5$ için ölçeklendirilmiştir. (a) ve (c) panellerindeki kesikli mavi çizgilerin kesişim noktaları kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini, (b) ve (d) panellerindeki siyah artı işareti de kümelerin merkezi ekvatoral koordinatlarını göstermektedir.

Ortalama öz hareket bileşenlerinin hesabında kullanılan yıldızların ($P \geq 0.5$, $r_{\rm lim} \leq 11'$) ,trigonometrik paralaks verilerinin histogram dağılımlarından, bulundukları kümelerin ortalama trigonometrik paralaksları belirlenmiştir. Duyarlı ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla yıldızların rölatif paralaks hatalarına $\sigma_\varpi/\varpi < 0.2$ sınırlaması getirilmiştir. Histogramlara Gauss fonksiyonu uygulanarak Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin ortalama trigonometrik paralaksları, sırasıyla, $\varpi = 0.381 \pm 0.048$ mas ve $\varpi = 1.523 \pm 0.051$ mas hesaplanmıştır. İki kümeye üye yıldızlardan oluşturulan histogramlar ve uygulanan Gauss fonksiyonları Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Ayrıca, iki küme için hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks verileri d(pc) = 1000/ϖ(mas) doğrusal bağıntısı kullanılarak uzaklıklara dönüştürülmüştür. Czernik 41 ile NGC 1342 açık kümelerinin ortalama trigonometrik paralakslarından hesaplanan uzaklıkları, sırasıyla, d_ϖ =2625±331 pc, NGC 1605'in de d_ϖ =657±22 pc belirlenmiştir.



Şekil 4.8: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerine en olası üye ve limit yarıçapı içinde kalan yıldızların ($P \geq 0.5$, $r_{\rm lim} \leq 11'$) rölatif paralaks hatalarına $\sigma_\varpi/\varpi < 0.2$ sınırlaması getirilerek oluşturulan trigonometrik parlakas histogramları. Dağılıma uygulanan Gauss fonksiyonu kesikli kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.

4.6 KÜMELERİN RENK ARTIKLARI

Bu tez çalışmasında, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin, $E(B\text{-}V)$ ve $E(U\text{-}B)$ renk artıkları $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramları kullanılarak hesaplanmıştır (Bkz. Bölüm 3.3.3). Öncelikle iki kümeye yüksek olasılıklı üye ($P \geq 0.5$) ve kümelerin belirlenen limit yarıçapları

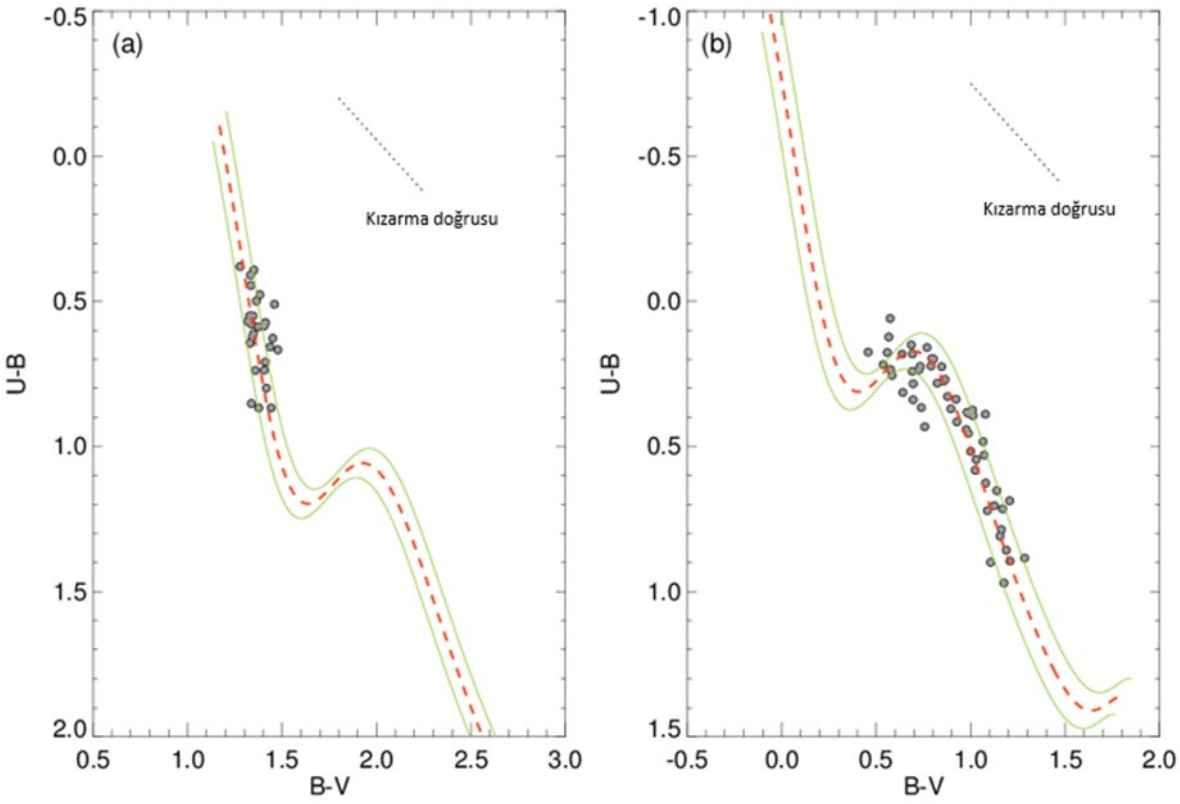
içinde kalan anakol yıldızları seçilerek $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramları oluşturulmuştur. Bu kriterler ile birlikte, kümelerin renk artıklarının tayininde Czernik 41 açık kümesinin görünen parlaklığı $14 \leq V \leq 17$ kadir aralığında 27 ve NGC 1342 için $12 \leq V \leq 19$ kadir aralığında 56 yıldız tespit edilmiştir. Sung ve diğ.'nin (2013) Güneş bolluğundaki ZAMS eğrisi $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramları üzerine işaretlenen yıldızlar ile uyum sağlayıncaya kadar kaydırılmıştır. Kaydırma işlemi için renk artıkları $0.01 < E(B\text{-}V) < 2$ kadir aralığında ve 0.01 kadirlik adımlar ile Bağıntı (3.6)'da verilen eşitliğe göre hesaplanmış ve sonuçlar χ^2 işlemine tabi tutulmuştur. En iyi çözümü veren minimum χ^2'e karşılık gelen $E(U\text{-}B)$ ve $E(B\text{-}V)$ ölçümleri iki kümenin kızarma değerleri olarak kabul edilmiştir. Buna göre Czernik 41 ile NGC 1342 açık kümeleri doğrultusunda hesaplanan renk artık değerleri, sırasıyla, $E(B\text{-}V) = 1.500 \pm 0.035$ ve $E(U\text{-}B) = 1.080 \pm 0.025$ kadir ile $E(B\text{-}V) = 0.270 \pm 0.043$ ve $E(U\text{-}B) = 0.194 \pm 0.031$ kadir hesaplanmıştır. İki kümenin $U\text{-}B \times B\text{-}V$ iki-renk diyagramlarında yüksek olasılıklı üye anakol yıldızlarıyla en iyi uyumun sağlandığı ZAMS eğrisi Şekil 4.9'da kırmızı kesikli çizgiler ile, renk artıklarının bir standart sapmasına ($\pm 1\sigma$) karşılık gelen belirsizlikler de yeşil sürekli çizgiler ile gösterilmiştir.

4.7 KÜMELERİN METAL BOLLUKLARI

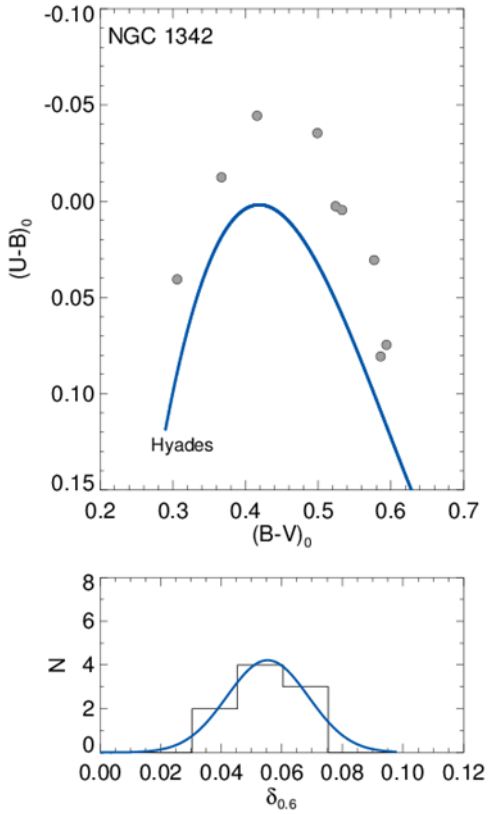
Tez çalışmasında iki kümenin metal bolluğunun belirlenmesinde, Karaali ve diğ.'nin (2011) F-G tayf türü anakol yıldızları için geliştirdiği ve morötesi artığına duyarlı fotometrik metal bolluğu kalibrasyonu kullanılmıştır (Bkz. Bağıntı 3.7). Kümelerin hesaplanan renk artıkları dikkate alınarak *UBV* sistemindeki küme kataloglarında bulunan yıldızların gerçek $(U\text{-}B)_0$ ve $(B\text{-}V)_0$ renk indeksleri hesaplanmıştır. Bunun için $(B\text{-}V)_0 = E(B\text{-}V) - (B\text{-}V)$ ve $(U\text{-}B)_0 = E(U\text{-}B) - (U\text{-}B)$ bağıntıları kullanılmıştır. Gerçek renk indeksleri hesaplanan yıldız örneği içinden renk indeksleri $0.3 \leq (B\text{-}V)_0 \leq 0.6$ kadir aralığında, üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ ve kümelerin etkin yarıçapı ($r_{lim} \leq 11'$) içinde bulunan F-G tayf türündeki anakol yıldızları seçilmiştir (Eker ve diğ., 2018; 2020). Bu kriterlere göre Czernik 41 kümesinde metal bolluğu tayini için üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ bulunan bir F-G anakol yıldızı tespit edilememiştir. Bu nedenle, kümenin metal bolluğu Güneş bolluğunda kabul edilmiş olup, kümenin metal bolluğu [Fe/H] = 0 dex'tir. Tez çalışmasında sadece NGC 1342 açık kümesinin fotometrik metal bolluğu tayini yapılmış olup, küme için kalibrasyonlarda kullanılmak üzere ilgili kriterleri sağlayan dokuz anakol yıldızı tespit edilmiştir. Bu yıldızların morötesi artıkları Bölüm 3.3.4'te söz edilen yöntemler ile tayin edilmiş, bunu takiben $(B\text{-}V)_0 = 0.60$ kadir renk indeksindeki

değerlerine göre normalize edilmiştir (Şekil 4.10; üst panel). NGC 1342 açık kümesinin metal bolluğu tayininde seçilen yıldızların normalize edilmiş morötesi artıklarının ($\delta_{0.6}$) histogramı Şekil 4.10'un alt panelinde gösterilmiştir. Bu dağılıma Gauss fonksiyonu uygulanarak ortalama morötesi artığı hesaplanmış ve Bağıntı (3.7)'de verilen eşitlikte (Karaali ve diğ., 2011) yerine yazılarak NGC 1342 açık kümesi için fotometrik metal bolluk değeri tayin edilmiştir. Kalibrasyon sonucunda kümenin hesaplanan metal bolluk değeri , [Fe/H] = -0.14±0.07 dex'tir.

Kümelerin yaş hesabında ağır element bolluğu (Z) dikkate alındığından kümeler için hesaplanan metal bolluklarının ağır element bolluklarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için Bölüm 3.3.4'te verilen (3.8)-(3.9) bağıntıları kullanılmıştır. Czernik 41 açık kümesi için ağır element bolluğu Güneş ile aynı olup Z = 0.0152 (Bressan ve diğ., 2012) kabul edilirken NGC 1342 açık kümesi için bu değer Z = 0.011 elde edilmiştir.



Şekil 4.9: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin *U-B* × *B-V* iki-renk diyagramları. Yüksek olasılıklı anakol yıldızları ($P \geq 0.5$) gri daireler ile işaretlenmiştir. Kırmızı kesikli çizgi ile yeşil sürekli çizgiler, sırasıyla, gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayan ZAMS eğrisini ve ±1σ içindeki yıldızları göstermektedir.



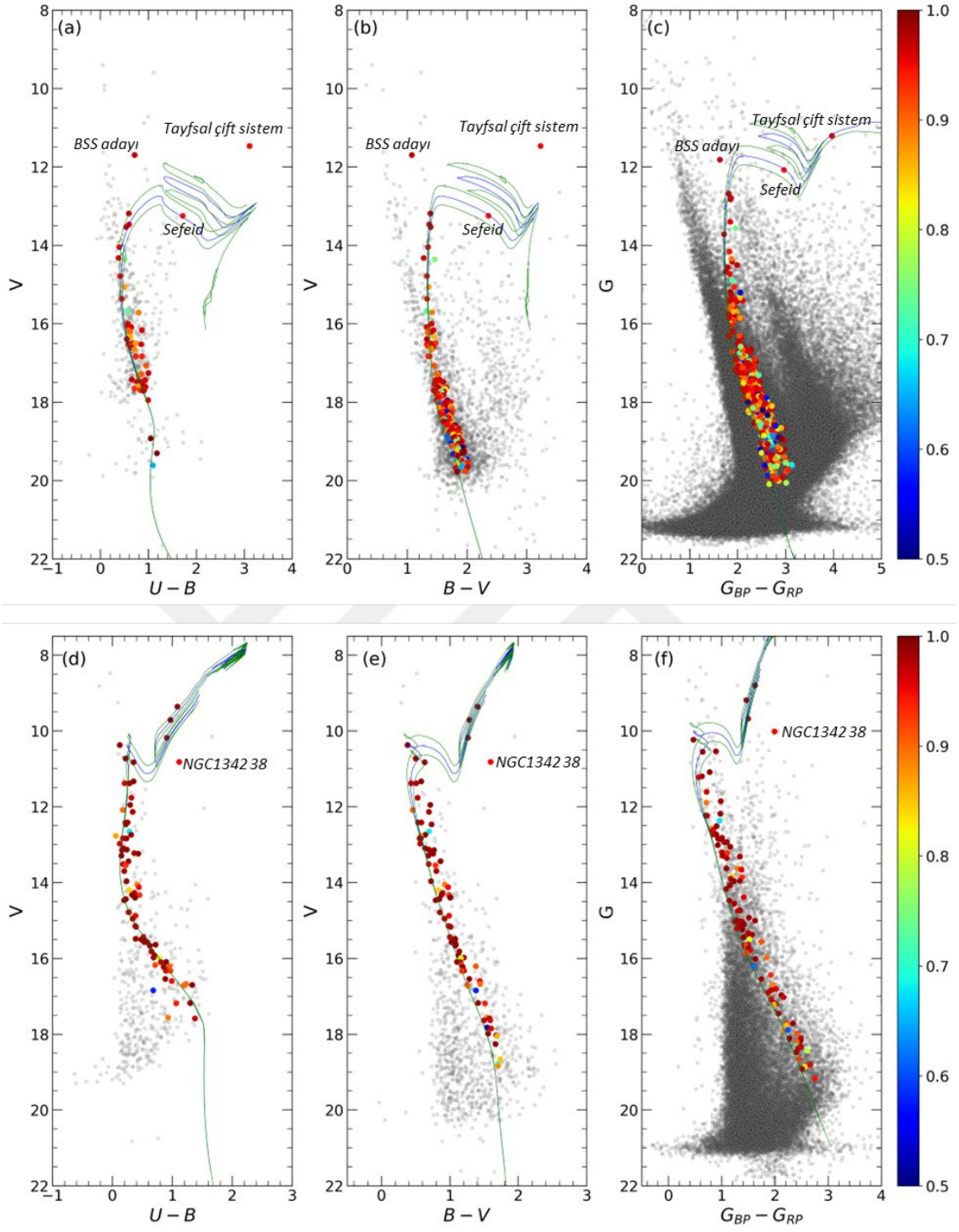
Şekil 4.10: NGC 1342 açık kümesine yüksek olasılıklı üye dokuz F-G tayf türü yıldızın $(U\text{-}B)_0 \times (B\text{-}V)_0$ iki-renk diyagramı (üst panel). Üst paneldeki mavi eğri Hyades açık kümesinin anakolunu gösteririr. Alt panel normalize edilmiş ($\delta_{0.6}$) morötesi artıklarının histogramını, mavi eğri, histograma uygulanan Gauss fonksiyonunu göstermektedir.

4.8 KÜMELERİN UZAKLIK VE YAŞLARI

Tez çalışmasında incelenen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin uzaklık modülleri ve yaşlarının tayininde Bressan ve diğ.'nin (2012) PARSEC eş-yaş eğrileri kullanılmıştır (Bölüm 3.3.5). Küme alanlarında tespit edilen yıldızlardan itibaren $V\times U\text{-}B$, $V\times B\text{-}V$ ve $G\times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramları çizilerek bu yıldızlardan üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan ve kümelerin limit yarıçapı ($r_{lim} \leq 11'$) içinde kalan yıldızlar renk-parlaklık diyagramı üzerinde işaretlenmiştir. PARSEC eş-yaş eğrileri iki kümenin belirlenen ağır element bolluğunu içerecek şekilde farklı yaşlarda seçilmiş olup, *UBV* ve *Gaia* fotometrik sisteminde oluşturulmuş renk-parlaklık diyagramlarında olasılığı $P \geq 0.5$ olan küme üyesi yıldızlara ağırlık verilecek şekilde kaydırılmıştır. Bu işlem sonucunda iki kümenin kızarmış uzaklık modülleriyle yaşları eş-zamanlı tayin edilmiştir. Kaydırma işlemi *U-B* ve *B-V* renk indekslerinde kümeler için

hesaplanan $E(U\text{-}B)$ ve $E(B\text{-}V)$ renk artıklarına göre, V görünen parlaklıklarında da Bağıntı (3.10)'a göre yapılmıştır. PARSEC eş-yaş eğrilerinin $G\times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramları üzerinde gözlemsel veriler ile karşılaştırılmasında kümelerin uzaklık modülü ve yaşıyla birlikte *Gaia* fotometrik sistemindeki $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artığının tayini eş zamanlı yapılmıştır. Ayrıca G görünen parlaklıklarındaki karşılaştırmada da Bağıntı (3.11) kullanılmıştır. 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 yaşına karşılık gelen PARSEC eş-yaş eğrileri belirlenmiştir. Bu parametreler ile birlikte *Gaia* fotometrik sisteminde gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayan kızarma değerleri de tayin edilmiştir. *UBV* ve *Gaia* sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarında kümelerin yaşlarındaki belirsizlikler yüksek olasılıklı yıldızların tamamını temsil edecek, ayrıca küme yaşlarına en yakın değerleri kapsayacak ve alt/üst yaş aralığını tanımlayacak şekilde belirlenmiştir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin $V\times U\text{-}B$, $V\times B\text{-}V$ ve $G\times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramlarıyla, kümelere üyelik olasılığı yüksek ($P \geq 0.5$) ve kümelerin limit yarıçapları ($r_{lim} \leq 11'$) içinde kalan yıldızlar ile bu yıldızları en iyi temsil eden ve uzaklık modülü ile yaş parametrelerini veren PARSEC eş-yaş eğrileri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

Analizler neticesinde Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin kızarmış uzaklık modülleri, sırasıyla, $m_V\text{-}M_V = 16.594\pm0.128$ ve 9.880 ± 0.136 kadir hesaplanmış, bu değerlere karşılık gelen kızarmadan arındırılmış uzaklıkları da, sırasıyla, $d = 2485\pm151$ ve 645 ± 42 pc olarak belirlenmiştir. Kümelerin uzaklık modülleri ve uzaklıklarındaki belirsizlikler, Bağıntı (3.12)'de verilen eşitlikler ile tayin edilmiştir. Ayrıca, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin $G\times(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramlarından uzaklık modülü ve uzaklıklarıyla eş zamanlı tayin edilen *Gaia* tabanlı renk artıkları $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$, sırasıyla, 1.959 ± 0.096 ve 0.362 ± 0.014 kadirdir.



Şekil 4.11: Czernik 41 (a, b ve c) ve NGC 1342 (d, e ve f) açık kümelerinin $V \times U\text{-}B$, $V \times B\text{-}V$ ve $G \times G_{BP}\text{-}G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramlarıyla gözlemsel veriyi en iyi ifade eden PARSEC eş-yaş eğrileri. Renkli daireler kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ ve gri daireler de $0 < P < 0.5$ olan yıldızları temsil etmektedir. Mavi düz çizgi kümelerin uzaklık modülünü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrilerini, yeşil düz çizgiler de yaş değerlerindeki belirsizliklerini temsil etmektedir.

4.9 KÜMELERİN UZAY HIZLARI VE GALAKTİK YÖRÜNGE PARAMETRELERİ

Kümelerin kinematik ve yörünge dinamik analizlerinin gerçekleştirilmesinde gerekli parametrelerden biri de radyal hız ölçümleridir (V_R). Tez çalışmasında iki kümenin ortalama radyal hızlarının hesaplanması amacıyla *Gaia* sistemindeki kataloglarında kümelerin limit yarıçapı içinde kalan ($r_{lim} \leq 11'$) en muhtemel küme ($P \geq 0.5$) üyesi yıldızların *Gaia* DR3 radyal hız verileri taranmıştır. Buna göre kataloglarda Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri için, sırasıyla, yedi ve 43 yıldızın radyal hız ölçümünün bulunduğu tespit edilmiştir. Czernik 41 açık kümesine üye yedi yıldızın radyal hızları incelendiğinde değerlerin birbirleriyle tutarsız olduğu ve $232.93 \leq V_R \leq -160.45$ km/sn aralığında değiştiği görülmüştür. Bu problemin üstesinden gelebilmek için Czernik 41 kümesine yüksek olasılıklı üye olarak belirlenen sefeid yıldızı ve tayfsal çift sistemin *Gaia* DR3 radyal hız ölçümlerinin ağırlıklı ortalaması dikkate alınarak, kümenin kinematik analizleri bu iki yıldızdan hesaplanan veriler üzerinden yapılmıştır. Sefeid yıldızı ve tayfsal çift sistemi için *Gaia* DR3'te verilen radyal hız ölçümleri, sırasıyla, $V_R = 1.84 \pm 1.04$ ve $V_R = 2.27 \pm 0.16$ km/sn'dir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin radyal hız ve belirsizliklerinin ağırlıklı ortalama hesabında Soubiran ve diğ.'nin (2018) bağıntılarından faydalanılmış ve iki kümenin ortalama radyal hız değerleri, sırasıyla, $V_R = 2.26 \pm 0.21$ ile $V_R = -10.48 \pm 0.20$ km/sn olarak belirlenmiştir.

Kümelerin uzay hızı bileşenleri ve Galaktik yörüngelerinin belirlenmesi analizlerinde *galpy* (Bovy, 2015) kütüphanesi altında bulunan potansiyel fonksiyonlardan *MWPotential2014* algoritması kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 3.4). Czernik 41 ve NGC1342 açık kümelerinin uzay hızı bileşenlerinin ve Galaktik yörünge parametrelerinin hesabında girdi parametreleri olarak kümelerin ekvatoral koordinatlarıyla, bu çalışmadan elde edilen radyal hızları, ortalama öz hareket bileşenleri (Bkz. Bölüm 4.5), uzaklıkları (Bkz. Bölüm 4.8) ve bu ölçümlere ait belirsizlikler kullanılmıştır (Bkz. Tablo 4.3). Hesaplamalarda Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı $R_{GM} = 8$ kpc, rotasyon hızı V_{rot}=220 km/sn (Bovy ve Tremaine 2012; Bovy, 2015) ve Galaktik düzlemden olan dik uzaklığı da 27±4 pc kabul edilmiştir (Chen ve diğ., 2000).

Tablo 4.3: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Galaktik yörünge parametrelerinin hesabında kullanılan girdi parametreleri. Burada; α, δ, sırasıyla, kümelerin 2000 epoğundaki ekvatoral koordinatları, $\mu_\alpha \cos\delta$ ve μ_δ öz hareket bileşenleri, d ve V_R de, sırasıyla, uzaklık ve ortalama radyal hızlarıdır.

Küme	α (J2000) (ss:dd:ss)	δ (J2000) (ss:dd:ss)	$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	μ_δ (mas/yıl)	d (pc)	V_R (km/sn)
Czernik 41	19:51:01.0	25:17:24	-2.963±0.068	-6.163±0.101	2485±151	2.26±0.21
NGC 1342	03:31:34.6	37:22:48	0.419±0.041	-1.662±0.031	645±42	-10.48±0.20

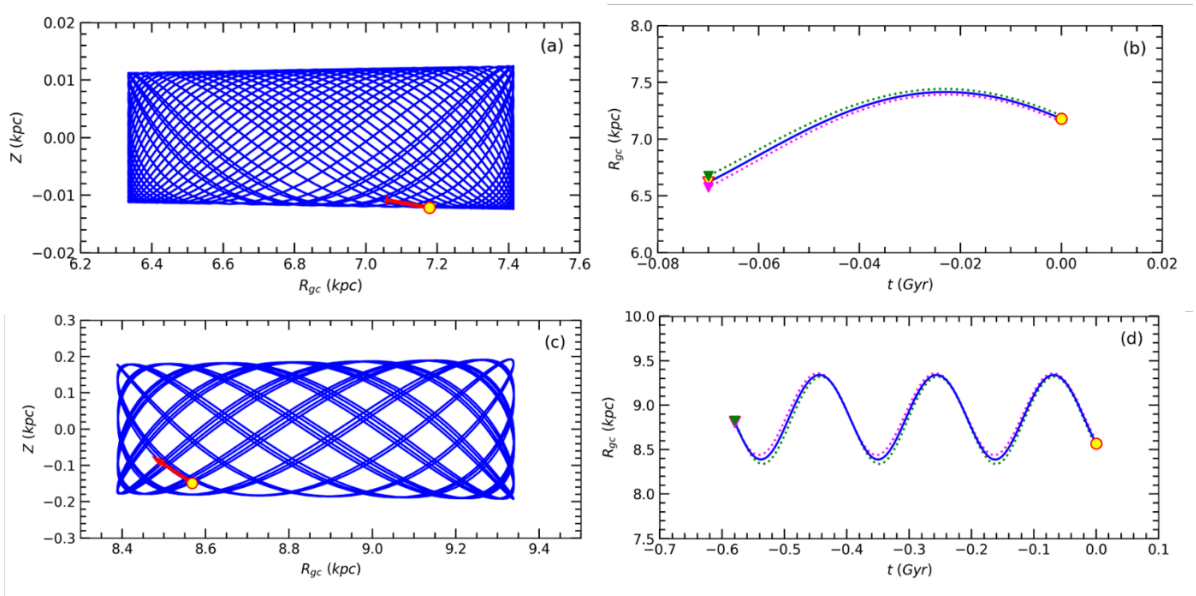
Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yörünge integrasyonları bugünkü konumlarından 2.5 Gyıl'lık bir zamana kadar 1 Myıl'lık adımlar ile zamanda geriye doğru hareket ettirilerek gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda kümelerin Galaksi merkezine en yakın (R_a) ve en uzak (R_p) mesafeleri, yörünge basıklıkları (e), Galaktik düzlemden ayrılabileceği en büyük dik uzaklıkları (z_{max}), uzay hızı bileşenleri (U, V, W) ve yörünge periyotları (T_P) hesaplanarak elde edilen parametreler Tablo 4.4'te listelenmiştir. Analizler sonucunda uzay hız bileşenleri Czernik 41 için (U, V, W) = (71.89±4.34, -35.72±2.07, -7.03±0.43) km/sn ve NGC 1342 için de (U, V, W) = (8.24± 0.24, -8.32±0.18, -0.44±0.25) km/sn hesaplanmıştır (Tablo 4.4). Bu hesaplamalar Güneş'in uzay hız bileşenlerini de içerdiğinden LSR düzeltmesi yapılarak kinematik yanlılık ortadan kaldırılmıştır. LSR düzeltmesi için Coşkunoğlu ve diğ.'nin (2011) değerleri kullanılmıştır. Kümelerin LSR düzeltmesi yapılan uzay hız bileşenleri Czernik 41 ve NGC 1342 için, sırasıyla, $(U, V, W)_{LSR}$ = (80.72±4.35, -21.53±2.10, -0.46±0.48) km/sn ve $(U, V, W)_{LSR}$ = (17.07±0.34, 5.87±0.39, 6.13±0.33) km/sn'dir. Bu değerler dikkate alındığında, toplam uzay hız değerleri Czernik 41 için S_{LSR} = 83.55±4.85 km/sn ve NGC 1342 için de S_{LSR} = 19.06±0.61 km/sn olarak belirlemiştir.

Tablo 4.4: Czernik 41 ve NGC1342 açık kümelerinin hesaplanan Galaktik yörünge parametreleri ve uzay hız bileşenleri.

Küme	R_a (kpc)	R_p (kpc)	e	z_{max} (pc)	U (km/sn)	V (km/sn)	W (km/sn)	T_P (Myıl)
Czernik 41	7.41±0.02	6.33±0.05	0.079±0.002	12±2	71.89±4.34	-35.72±2.07	-7.03±0.43	190±1
NGC 1342	9.34±0.02	8.39±0.05	0.054±0.002	192±8	8.24± 0.24	-8.32±0.18	-0.44±0.25	250±1

Czernik 41 ile NGC 1342 açık kümelerinin Galaktik yörüngelerinin Galaktik düzlemden dik uzaklığıyla Galaksi merkezinden uzaklığı ($Z \times R_{GC}$) ile kümelerin Galaksi merkezinden

uzaklığının zaman ile değişimi ($R_{GC} \times t$) Şekil 4.12'de gösterilmiştir. Şekil 4.12a ve c, sırasıyla, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Galaksi merkezinden ve Galaktik düzleminden uzaklığın bir fonksiyonu olarak Galaksi içindeki hareketlerini, Şekil 4.12b ve d de, bu açık kümelerin zamanın bir fonksiyonu olarak galaksi merkezinden uzaklıklarını göstermektedir. Şekil üzerinde kümelerin doğum ve bugünkü konumları, sırasıyla, üçgenler ve içi dolu sarı daire sembolleriyle işaretlenmiştir. Mor ve yeşil kesikli çizgiler girdi parametrelerindeki en küçük ve en büyük hatalar dikkate alındığında kümelerin Galaksi merkezinden uzaklığının zaman ile değiştiğini göstermektedir. Ayrıca, mor ve yeşil içi dolu üçgen semboller de söz konusu koşullarda iki açık kümenin doğum konumlarını belirtmektedir. Galaksi merkezine olan en yakın ve en uzak konumları incelendiğinde, Czernik 41 açık kümesinin tamamen Güneş çemberi içinde kaldığı (R_a = 7.41±0.02, R_p = 6.33±0.05 kpc), NGC 1342' açık kümesinin de yörüngesi boyunca Güneş çemberinin dışında (R_a = 9.34±0.02, R_p = 8.39±0.05 kpc) hareket ettiğini göstermiştir. Ayrıca, iki açık kümenin de yörünge biçimlerinin basık birer çember oldukları ve basıklıklarının 0.1 değerini aşmadığı tespit edilmiştir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Galaktik yörünge periyotları, sırasıyla, T_P = 190±1 ve T_P = 250±1 Myıl ve Galaktik düzlemden ayrılabilecekleri en büyük dik uzaklıkları da, sırasıyla, z_{max} = 12±2 ve z_{max} = 192±8 pc olduğu hesaplanmıştır.



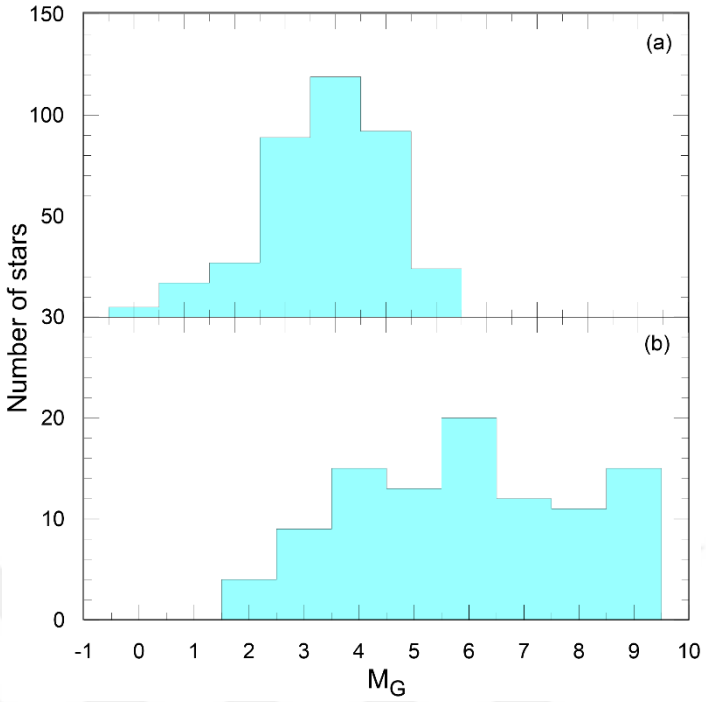
Şekil 4.12: Czernik 41 (a, b) ve NGC 1342 (c, d) açık kümelerinin Galaksi merkezinden uzaklıkları ve Galaktik düzlemden dik doğrultudaki yörüngeleri. Sarı içi dolu daire ve üçgenler kümelerin, sırasıyla, bugünkü ve doğdukları zamandaki konumlarını, kırmızı oklar da kümelerin hareket vektörlerini göstermektedir.

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin Güneş merkezli Galaktik koordinatlarındaki kartezyen uzaklıkları $(X, Y, Z)_{\odot}$ de tayin edilmiştir. *X,* Galaksi merkezi doğrultusunda, *Y* Galaksinin dönme doğrultusunda ve *Z* de Galaktik düzlemden Kuzey Galaktik Kutup doğrultusundaki dik uzaklıklardır. Kümelerin Güneş'e uzaklıklarının hesaplanmasında $X = d\cos b\cos l, Y = d\sin l\cos b$ ve $Z = d\sin b$ bağıntıları kullanılmış olup, burada *d*, tez çalışmasında elde edilen küme uzaklığını (Bkz. Bölüm 4.8), *l* ve *b* de, sırasıyla, Galaktik enlem ve boylamı temsil etmektedir. İki açık küme için uzaklık ve koordinat verileri yukarıda verilen bağıntılarda kullanılması sonucunda Czernik 41 ve NGC 1342'nin kartezyen uzaklıkları $(X, Y, Z)_{\odot}$, sırasıyla, (1166, 2194, -30) ile (-563, 263, -171) pc hesaplanmıştır.

4.10 KÜMELERİN IŞIMA GÜCÜ VE KÜTLE FONKSİYONLARI

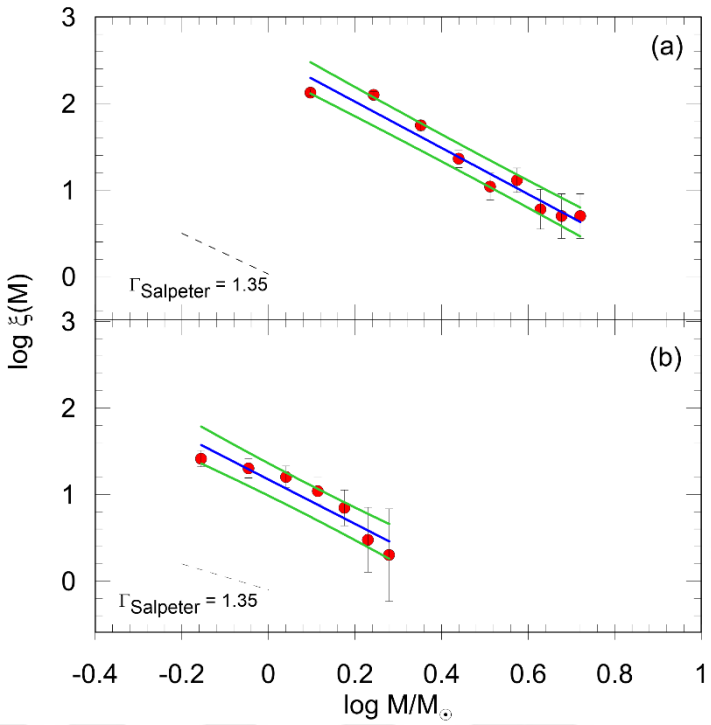
Tez çalışmasında incelenen iki açık kümenin ışıma gücü fonksiyonlarının (IF) tayininde kümeler için belirlenmiş etkin yarıçap içinde kalan anakol yıldızları kullanılmıştır. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümesinin IF'sinin hesaplanmasında *Gaia* sisteminde oluşturulan küme kataloglarından faydalanılmıştır. Açık kümelerin etkin yarıçapları 11 yay dakikası olup, bu bölgeler içinde kalan ve üyelik olasılıkları $P \geq 0.5$ olan anakol yıldızlarının *G* görünen parlaklık aralıkları, Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri için, sırasıyla, $14 \leq G \leq 21$ ve $11 \leq G \leq 20.5$ kadirdir. Bu yıldızların mutlak parlaklıkları $M_G = G - 5\times\log d + 1.8626\times E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ (Cardelli, Clayton ve Mathis 1989; O'Donnel 1994) bağıntısıyla hesaplanmış olup, burada *G, d* ve $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$, sırasıyla, çalışmada her bir küme için *Gaia* fotometrik sistemindeki görünen parlaklık, uzaklık ve renk artığıdır. Hesaplamalar sonucunda Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerindeki yıldızların mutlak parlaklık aralıkları, sırasıyla, $1.50 < M_G < 4.50$ ve $1.40 < M_G < 9.60$ kadir olarak tespit edilmiş ve birim mutlak parlaklık aralıklarına karşılık gelen yıldız sayılarının IF histogramı oluşturulmuştur (Şekil 4.13). Şekil 4.13'den yıldız sayılarının Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinde, sırasıyla, $M_G = 3$ ve 6 kadire kadar arttığı, bu parlaklıklardan sonra yıldız sayılarının azaldığı görülmektedir.

İncelenen iki açık kümenin bugünkü kütle fonksiyonları elde edilmiştir. Yıldızların kütleleri kümelerin bu çalışmada yaş ve uzaklık modüllerinin tayininde kullanılan teorik PARSEC modellerinden belirlenmiştir (Bressan ve diğ., 2012). PARSEC modellerine ait veri dosyalarında yıldızların çok sayıda fotometrik sistemde tanımlanmış mutlak parlaklıklarının yanında kütle değerleri de bulunmaktadır.



Şekil 4.13: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümelerinin ışıma gücü dağılımları.

Tez çalışmasında, PARSEC modellerinden mutlak parlaklık ve kütle verileri arasında bir polinom fonksiyonu yardımıyla iki parametre arasında bir bağıntı oluşturulmuştur. Söz konusu mutlak parlaklık-kütle bağıntıları her bir küme için bağımsız elde edilmiş ve mutlak parlaklıkları IF belirlenmesinde tayin edilen anakol yıldızlarının kütlelerinin hesabında kullanılmıştır. Analizler sonucunda Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri için anakol yıldızlarının kütle aralıkları, sırasıyla, $1.10 < M/M_{\odot} < 5.2$ ve $0.43 < M/M_{\odot} < 0.82$ olduğu tespit edilmiştir. Kümelerin bugünkü kütle fonksiyonlarının hesaplanmasında öncelikle yıldızların kütle dağılımları oluşturulmuştur. Bunun için yıldızlar iki kümede de 0.1 $M/M_{\odot}$'lik kütle aralıklarına göre gruplandırılmıştır. Daha sonra her bir kütle aralığındaki yıldız sayılarının logaritmik değerleri hesaplanmış ve kütle dağılımları Şekil 4.14'teki gibi gösterilmiştir. Yıldızların kütle değerlerinin hataları Possion istatistiğiyle ($1/\sqrt{N}$) hesaplanmıştır. Kümelerin bugünkü kütle fonksiyonlarının tayininde Bölüm 3.5'te verilen doğrusal Bağıntı (3.24) kullanılmıştır. Şekil 4.14'te kütle değerlerine uygulanan bağıntı mavi düz çizgiyle ifade edilmiştir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri için bugünkü kütle fonksiyonlarına ait eğimler (x), sırasıyla, x = -1.67±0.23 ve -1.56±0.41 olarak hesaplanmıştır. Bu x değerleri Salpeter'in (1955) x = -1.35 değeriyle uyum içindedir.



Şekil 4.14: Czernik 41 (a) ve NGC 1342 (b) açık kümeleri için elde edilen kütle dağılımları (kırmızı noktalar) ve bu dağılıma uygulanan doğrusal bağıntı (mavi çizgi). Yeşil çizgiler doğrusal bağıntının bir standart sapma sınırlarını göstermektedir.

5 TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek lisans tez çalışmasında, Galaksimizin I. ve II. çeyreğinde bulunan Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yer ve uzay tabanlı gözlem verilerinden detaylı fotometrik ve astrometrik analizleri gerçekleştirilerek kümelerin yapısal, astrometrik, astrofizik, kinematik ve dinamik yörünge parametreleri tayin edilmiştir. Kümelerin CCD *UBV* gözlemleri 21 Temmuz 2020 (Czernik 41) ile 29 Eylül 2019 (NGC 1342) tarihlerinde TUG'daki T100 teleskobuyla yapılmıştır. Ayrıca, kümeler ile aynı gecelerde farklı hava kütlelerinde Landolt'un, (2009) standart yıldız alanlarının gözlemleri de gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin sayısal hale getirilmesinde öncelikle tüm görüntülerin CCD kalibrasyonları tamamlanmıştır. Standart yıldızların aletsel parlaklıkları açıklık fotometrisiyle ölçülmüş olup, elde edilen sonuçlar gecelik sönümleme ve dönüşüm katsayılarıyla, gecelik sabitlerin hesabında kullanılmıştır. İki açık küme alanında tespit edilen yıldızların aletsel parlaklıkları PSF fotometrisiyle belirlenmiş ve standart sistemdeki parlaklıklara dönüştürülmesinde standart alan yıldızlarından hesaplanan katsayılar kullanılmıştır. Böylece iki açık kümenin *UBV* sisteminde *V* görünen parlaklık ile *U-B* ve *B-V* renk indekslerini içeren katalogları oluşturulmuştur. Bu aşamaya kadar yapılan analizlerde literatürde kabul gören ve standart IRAF, PSFex programlarıyla Python ve IDL yazılımları kullanılmıştır. Bununla birlikte, iki açık küme için uzay tabanlı fotometrik, astrometrik ve tayfsal veriler *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) veri tabanından derlenmiş ve *UBV* sisteminden ayrı *Gaia* katalogları oluşturulmuştur.

İncelenen her bir açık kümenin analizi için *UBV* ve *Gaia* fotometrik sisteminde oluşturulan iki ayrı katalog dikkate alınmıştır. Küme doğrultusundaki yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının hesaplanmasında *Gaia* DR3 öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks verileri (Gaia işbirliği, 2023) kullanılmış ve sonuçlar *Gaia* sistemindeki küme kataloglarına eklenmiştir. Daha sonra sonuçlar *Gaia* ve *UBV* sistemindeki kataloglarda bulunan yıldızlar ile eşleştirilmiş ve *UBV* kataloglarındaki aynı yıldızların kümeye üyelik olasılıkları belirlenmiştir. Kümelerin temel astrofizik parametrelerinin tayininde *UBV* sisteminde oluşturulan kataloglar kullanılırken, yapısal parametrelerin elde edilmesi ve kinematik analizlerde *Gaia* veri tabanında oluşturulan kataloglar dikkate alınmıştır. İlk analizler ile iki açık küme alanında tespit edilen yıldızların *V* ve *G* bantlarındaki fotometrik tamlık sınırları belirlenmiştir. *Gaia* DR3 (Gaia işbirliği, 2023) veri tabanındaki veriler kullanılarak kümelerin yapısal parametreleri hesaplanmıştır. Bunun için küme merkezlerinden itibaren farklı yarıçapta daireler belirlenmiş

ve bu dairelerdeki yıldız sayı yoğunlukları belirlenmiştir. Küme merkezinden uzaklığa göre oluşturulan yıldız sayı yoğunluğu profillerine King (1962) modeli uygulanmıştır. Kümelerdeki yıldız yoğunlukları, hatalarıyla birlikte dikkate alındığında zemin yoğunluklarıyla kesiştiği uzaklıklar kümelerin limit yarıçapları olarak belirlenmiş ve analizlerde bu yarıçap içinde kalan yıldızlar dikkate alınmıştır.

Kümelere en olası üyelerin belirlenmesinde istatistiksel yöntemlerin yanı sıra yıldızların *UBV* fotometrik sisteminde renk uzaylarındaki dağılımları da dikkate alınmıştır. İstatistiksel yöntemde UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) programı kullanılmış olup, üyelik olasılıklarının hesabında yıldızların *Gaia* DR3 astrometrik verileriyle birlikte bu ölçümlere ait belirsizlikleri dikkate alınmıştır. Daha sonra üyelik olasılığı yüksek yıldızların $V \times B\text{-}V$ renk-parlaklık diyagramları oluşturularak kızarmadan arındırılmış ZAMS (Sung ve diğ., 2013) eğrisiyle kümelerin anakolunun alt zarfları belirlenmiştir. Anakoldaki çift yıldız etkisi göz önünde bulundurularak ZAMS eğrisi V görünen parlaklıklarında dik yönde 0.75 kadir kaydırılmıştır. Sonuç olarak, V ve G fotometrik tamlık sınırı değerilerinden parlak, üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan ve kümelerin etkin yarıçaplarıyla ZAMS eğrileri arasında kalan yıldızlar Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin en muhtamel üyeleri seçilmiş ve analizlerde bu yıldızlar dikkate alınmıştır. İki açık kümenin renk artığı ve fotometrik metal bollukları, *UBV* kataloglarında üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan anakol yıldızlarından itibaren hesaplanmıştır. Kızarma tayininde Sung ve diğ.'nin (2013) ZAMS verileri, fotometrik metal bolluğu kalibrasyonlarında da Karaali ve diğ.'nin (2011) bağıntısından faydalanılmıştır. Fotometrik metal bolluğu tayini kızarmadan arındırılmış $0.3 \leq (B\text{-}V)_0 \leq 0.6$ kadir renk indeksi aralığında bulunan F-G tayf türü yıldızlardan itibaren gerçekleştirilmiştir. Czernik 41 açık kümesinde söz konusu renk indeksi aralığında üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan anakol yıldızı tespit edilmediğinden, metal bolluğu tayini sadece NGC 1342 açık kümesi için 43 yüksek olasılıklı anakol yıldızının verisinden hesaplanmıştır. İki kümenin uzaklık ve yaşları, *UBV* ve *Gaia* fotometrik sisteminde oluşturulan renk-parlaklık diyagramlarından belirlenmiştir. Bunun için kümelerin anakol, dönüm noktası ve dev bölgesinde bulunan üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan yıldızların dağılımına ağırlık verilmiş ve PARSEC modelleri (Bressan ve diğ., 2012) küme morfolojilerini en iyi temsil edecek şekilde göz ile bu diyagramlar üzerinde kaydırılmıştır. Kümelerin temel astrofizik parametreleri bağımsız yöntemler ile belirlenmiş, böylece olası parametre dejenerasyonluğunun önüne geçilmiştir.

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin kinematik ve dinamik yörünge analizleri de bu tez çalışması kapsamında yapılmıştır. Bunun için öncelikle *Gaia* kataloğunda yüksek olasılıklı üye yıldızlardan *Gaia* DR3 radyal hız ölçümü bulunanlar tespit edilmiş ve iki kümenin ortalama radyal hızları hesaplanmıştır. Bu değerler ile birlikte tez çalışmasında hesaplanan ortalama öz hareket bileşenleri ve Güneş'e uzaklıklar, kümelerin uzay hızı bileşen tayini ve yörünge analizleri için girdi parametreler olarak alınmıştır. Kinematik ve dinamik yörünge analizlerinde *galpy* (Bovy, 2015) kütüphanesinde bulunan *MWPotential2014* potansiyel fonksiyonu kullanılmıştır.

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin literatür özeti ve tez çalışmasının bulguları diğer çalışmalar ile karşılaştırılmış ve bu bölümde detaylıca tartışılmıştır. İki kümenin literatür karşılaştırması Tablo 5.1'de elde edilen bulguları da Tablo 5.2'de listelenmiştir.

5.1 CZERNİK 41 VE NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALARI

Yüksek lisans tez çalışmasında incelenen iki kümenin literatür çalışmaları dikkate alındığında Czernik 41'in NGC 1342'ye göre daha az araştırmacı tarafından incelendiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, iki kümenin farklı araştırmacılar tarafından elde edilen astrofizik parametrelerinin geniş değer aralıklarında olduğu görülmüştür. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümeleri *Gaia* çağının başlamasıyla astrometrik ve kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir. İki kümenin homojen veri ve yöntemler ile analiz edilmesi literatüre göre bir üstünlük sağlamaktadır.

Czernik 41: Czernik 41 açık kümesi Galaksinin I. çeyreğinde yer almaktadır. Kümenin ilk detaylı CCD fotometrik incelenmesi Maciejewski ve Niedzielski (2007) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar 42 kümenin *BV* fotometrik bandlarında verilerini analiz ederek, kümenin yapısal parametreleriyle birlikte astrofizik parametrelerini de tayin etmiştir. Çalışmada Czernik 41'in yaşı, uzaklık modülü ve uzaklığı, sırasıyla, t = 500 Myıl, $\mu = 14.64^{+0.42}_{-0.87}$ kadir ve $d = 1360^{+400}_{-650}$ pc; küme doğrultusundaki renk artığını da $E(B-V) = 1.28^{+0.14}_{-0.17}$ kadir verilmiştir. Ayrıca Maciejewski ve Niedzielski (2007) kümenin kor yarıçapını $r = 0.69^{+0.20}_{-0.33}$ yay dakikası belirlemiştir. Kharchenko ve diğ. (2013) Milky Way Star Catalog'da (MWSC) bulunan 3,784 nesnenin 2MASS fotometrik (Skrutskie ve diğ., 2006) ve PPMXL astrometrik (Roeser ve diğ., 2010) verilerini inceleyerek Czernik 41'in de dahil olduğu 3,006 nesnenin açık

küme olduğunu belirlemiş ve bunların uzay dağılımlarıyla birlikte temel astrofizik parametrelerini tayin etmiştir. Araştırmacılar parametrelerin elde edilmesinde çok boyutlu renk-parlaklık diyagramları üzerinde işleme algoritması kullanmıştır. Bunun sonucunda Czernik 41 açık kümesinin uzaklığı d = 1540 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 1.280 kadir ve yaşı t = 300 Myıl tayin edilmiştir. Ayrıca çalışmada kümenin öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-1.34, -3.30) mas/yıl hesaplanmıştır. Dias ve diğ. (2014) 1,805 açık kümenin UCAC4 (Zacharias ve diğ., 2013) öz hareket verilerinden itibaren yıldızların kümelere üyelik olasılıklarıyla birlikte kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini elde etmiştir.

Tablo 5.1: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin literatür verileriyle tez çalışmasında elde edilen sonuçları.

$E(B\text{-}V)$ (kadir)	d (pc)	[Fe/H] (dex)	t (Myıl)	$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	μ_δ (mas/yıl)	V_R (km/sn)	Kaynak
Czernik 41							
$1.28^{+0.14}_{-0.17}$	1360^{+400}_{-650}	---	500	---	---	---	01
1.280	1540	---	300	-1.34	-3.30	---	02
---	---	---	---	-2.49±5.08	-2.60±1.22	---	03
1.336	3032	---	30	-1.250±0.659	-2.863±0.676	---	04
---	2511^{+16}_{-17}	---	---	-2.932±0.138	-6.164±0.128	---	05
---	2786±450	---	100	-2.900±0.230	-6.072±0.297	---	06
1.326	2543	---	13	-2.932±0.138	-6.164±0.128	---	07
---	2511^{+16}_{-17}	---	---	-2.932±0.138	-6.164±0.128	---	08
1.237±0.008	2620±212	0.002±0.108	6±1	-2.937±0.137	-6.153±0.128	-13.40±0.53	09
---	2451	---	14	-2.932±0.138	-6.164±0.128	-2.41±11.67	10
1.500±0.035	2485±151	0.00	69±10	-2.963±0.068	-6.163±0.101	2.26±0.21	11
NGC 1342							
0.42	610	-0.163	---	---	---	---	12
---	550	-0.44	---	---	---	---	13
---	550	-0.38	300	---	---	---	14
0.401±0.151	530±118	---	400	---	---	---	15
---	665	---	---	-0.12±0.27	-3.10±0.37	---	16
0.32	665	---	160	0.13±0.80	2.72±0.77	-10.90±0.30	17
---	---	---	---	---	---	-10.67±0.11	18
0.331	665	-0.160	400	-3.12	-5.50	-11.50±0.40	02
---	---	---	---	-2.99±2.45	-1.82±1.76	---	03
---	665±133	-0.14±0.05	452	-1.15±0.87	-2.80±0.87	-10.67±0.11	19
0.345	667	---	452	-2.704±0.413	-8.046±0.386	-11.50±0.40	04
---	665	-0.160	160	0.13±0.80	-2.72±0.77	-10.90±0.10	20
---	$653^{+1.0}_{-0.7}$	---	---	0.520±0.233	-1.604±0.195	---	05
---	$653^{+1.0}_{-0.7}$	---	---	0.520±0.233	-1.604±0.195	-9.95±0.21	21
---	668±25	---	871	0.516±0.273	-1.595±0.254	---	06
0.331	665	-0.205	400	0.520±0.233	-1.604±0.195	-18.85	22
0.229	686	---	813	0.520±0.233	-1.604±0.195	---	07
---	653^{+46}_{-40}	---	---	0.520±0.233	-1.604±0.195	---	08
0.396±0.053	626±19	-0.115±0.030	580±190	0.523±0.264	-1.598±0.242	-9.41±1.06	09
---	675	---	850	0.520±0.233	-1.604±0.195	-10.35±0.19	10
0.270±0.043	645±42	-0.14±0.07	1000±150	0.419±0.041	-1.662±0.031	-10.48±0.20	11

(01) Maciejewski ve Niedzielski (2007), (02) Kharchenko ve diğ. (2013), (03) Dias ve diğ. (2014), (04) Loktin ve diğ. (2017), (05) Cantat-Gaudin ve diğ. (2018), (06) Liu ve Pang (2019), (07) Cantat-Gaudin ve diğ. (2020), (08) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (09) Dias ve diğ. (2021), (10) Tarricq ve diğ. (2021), (11) Tez çalışması, (12) Cameron (1985), (13) Strobel ve Poland (1991), (14) Strobel (1991), (15) Pena ve diğ. (1994), (16) Loktin ve Beshenov (2003), (17) Kharchenko ve diğ. (2005), (18) Mermilliod ve diğ. (2008), (19) Reddy ve diğ. (2015), (20) Conrad ve diğ. (2017), (21) Soubiran ve diğ. (2018), (22) Zhong ve diğ. (2020)

Tablo 5.2: Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin yapısal, astrofizik ve astrometrik parametreleri.

Parametre	Czernik 41	NGC 1342
$(\alpha, \delta)_{J2000}$	19:51:01.0, 25:17:24	03:31:34.6, 37:22:48
$(l, b)_{J2000}$	062.0238, -00.6899	154.9402, -15.3463
f_o (yıldız/yay dakikası^2)	7.622±0.750	1.733±0.240
f_{bg} (yıldız/yay dakikası^2)	4.481±0.171	1.766±0.090
r_c (yay dakikası)	1.728±0.266	2.155±0.568
r_{lim} (yay dakikası)	11	11
r (pc)	7.95	2.06
Küme üye sayısı ($P \geq 0.5$)	382	111
$\mu_\alpha \cos\delta$ (mas/yıl)	-2.963±0.068	0.419±0.041
μ_δ (mas/yıl)	-6.163±0.101	-1.662±0.031
ϖ (mas)	0.381±0.048	1.523 ±0.051
d_ϖ (pc)	2625±331	657±22
$E(B\text{-}V)$ (kadir)	1.500±0.035	0.270±0.043
$E(U\text{-}B)$ (kadir)	1.080±0.025	0.194±0.031
Av (kadir)	4.650±0.109	0.837±0.133
$E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ (kadir)	1.959±0.096	0.362±0.014
A_G (kadir)	3.649±0.179	0.674±0.026
[Fe/H] (dex)	0.00*	-0.14±0.07
Z	0.0152*	0.0112
μ_V (kadir)	16.594±0.128	9.880±0.136
d (pc)	2485±151	645±42
t (Myıl)	69±10	1000±150
$(X, Y, Z)_\odot$ (pc)	(1166, 2194, -30)	(-563, 263, -171)
R_{gc} (pc)	7.178±0.027	8.57±0.037
MF eğimi	-1.67±0.23	-1.56±0.41
V_r (km/sn)	2.26±0.21	-10.48±0.20
U_{LSR} (km/sn)	80.72±4.35	17.07±0.34
V_{LSR} (km/sn)	-21.53±2.10	5.87±0.39
W_{LSR} (km/sn)	-0.46±0.48	6.13±0.33
S_{LSR} (km/sn)	83.55±4.85	19.06±0.61
R_a (kpc)	7.41±0.02	9.34±0.02
R_p (kpc)	6.33±0.05	8.39±0.05
z_{max} (pc)	12±2	192±8
e	0.079±0.002	0.054±0.002
T_P (Myıl)	190±1	250±1
$R_{doğum}$ (kpc)	6.62±0.05	8.81±0.01

*Güneş metal bolluğunda kabul edilmiştir.

Bu araştırmaya göre kümenin ortalama öz hareket verileri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.49±5.08, -2.60±1.22) mas/yıl'dır. Loktin ve Popova (2017) 2MASS fotometrik ve PPMXL astrometrik verilerinden 959 kümenin temel astrofizik ve ortalama öz hareket değerlerini hesaplamıştır. Çalışmada Czernik 41'in uzaklığı d = 3032 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 1.336 kadir, yaşı t = 30 Myıl ve ortalama öz hareket bileşenleri de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-1.250±0.659, -2.863±0.676) mas/yıl belirlenmiştir. Czernik 41 açık kümesinin *Gaia* çağında ilk çalışması Cantat-Gaudin ve diğ.

(2018) tarafından yapılmıştır. Araştırmaclar *Gaia* DR2 verilerinden (Gaia işbirliği, 2018) 1,229 açık kümeye üye olası yıldızlar ile birlikte bağlı bulundukları açık kümelerin uzaklık ve astrometrik parametrelerini hesaplamıştır. Çalışmada kümeye üye yıldızların belirlenmesinde UPMASK programı kullanılmış olup, temel astrofizik parametreler araştırmacıların geliştirdiği bir algoritmayla eş-zamanlı tayin edilmiştir. Buna göre Cantat-Gaudin ve diğ. (2018) Czernik 41 açık kümesinde üyelik olasılığı 0.5'ten büyük 234 muhtemel küme üyesi tespit etmişlerdir. Çalışmada kümenin uzaklığı, $d = 2511^{+16}_{-17}$ pc, ortalama öz hareket bileşenlerini de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.932±0.138, -6.164±0.128) mas/yıl verilmiştir. Liu ve Pang (2019) Galaktik enlemi $|b|$ = 25º'ye kadar ve görünen parlaklığı G < 18 kadir olan 2,443 açık küme adayını incelediği çalışmasında *Gaia* DR2 fotometrik ve astrometrik verilerinden itibaren bu kümelerin uzaklık, yaş ve öz hareket verilerini elde etmiştir. Çalışmada otomatik eş-yaş eğrisi eşleştirme algoritması kullanılmış ve Czernik 41 açık kümesinin uzaklığıyla yaşı, sırasıyla, d = 2786±450 pc ve t = 100 Myıl, ortalama öz hareket bileşenleri de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.900±0.230, -6.072±0.297) mas/yıl hesaplanmıştır. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) *Gaia* DR2 görünen parlaklıkları G = 18 kadar olan yıldızları barındıran 1,867 açık kümenin uzaklık, yaş ve kızarma değerlerin tayin etmiştir. Araştırmacılar kümenin uzaklığı, renk artığı ve yaşını, sırasıyla, d = 2543 pc, $E(B\text{-}V)$ = 1.326 kadir ve t = 13 Myıl belirlemiştir. Aynı çalışmada Czernik 41 açık kümesinin ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.932±0.138, -6.164±0.128) mas/yıl hesaplamıştır. Cantat-Gaudin ve Anders (2020) küme alanında bulunan yıldızların *Gaia* DR2 verilerini analiz ederek kümenin uzaklığını $d = 2511^{+16}_{-17}$ pc ve ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.932±0.138, -6.164±0.128) mas/yıl belirlemiştir. Dias ve diğ. (2021) *Gaia* DR2 fotometrik, astrometrik ve tayfsal verileri kullanarak 1,743 açık kümenin analizini yapmıştır. Çalışmada kümelerin astrofizik parametreleri izokron eşleştirme algoritmasıyla eş-zamanlı tayin edilmiştir. Araştırmacılar, Czernik 41 kümesinin merkezinden itibaren 4.7 yay dakikası içinde üyelik olasılığı 0.5'ten büyük 227 muhtemel küme üyesi belirlemiştir. Buna göre, kümenin uzaklığı d = 2620±212 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 1.237±0.008 kadir, metal bolluğu [Fe/H] = 0.002±0.108 dex ve yaşı t = 6±1 Myıl tayin edilmiştir. Çalışmada kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.932±0.137, -6.164±0.128) mas/yıl ve dört yıldızdan hesaplanan radyal hızı V_R = -13.40±0.53 km/sn'dir. Tarricq ve diğ. (2021) 1,382 açık kümenin *Gaia* DR2 verilerinden fotometrik, astrometrik ve kinematk analizlerini gerçekleştirmiştir. Çalışmada kümenin uzaklığı d = 2451 pc, yaşı t = 14 Myıl ve öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.932±0.137, -6.164±0.128) mas/yıl elde edilmiştir. Tarricq ve diğ. (2021)

kümeye yüksek olasılıklı beş yıldızın radyal hız ölçümlerinin ağırlıklı ortalamasını alarak kümenin ortalama radyal hızını V_R = -2.41±11.67 km/sn hesaplamıştır. Czernik 41 açık kümesinin literatürdeki çalışmaları Tablo 5.1'de listelenmiştir.

NGC 1342: Kümenin *UBV* fotoelektrik analizlerinin sonucu 1974 ile 1985 yıllarında Jennes ve Helfer (1974) ve Cameron (1985) tarafından sunulmuştur. Buna göre; Jennes ve Helfer (1974) kümenin kızarmasını, fotometrik metal bolluğunu, uzaklığını ve yaşını, sırasıyla, $E(B\text{-}V) = 0.30$ kadir, [Fe/H] = -0.7 dex, d = 759 pc ve t = 5 Myıl belirlerken, Cameron (1985) kümenin yaş dışında bu değerleri, sırasıyla, $E(B\text{-}V)$ = 0.42 kadir, [Fe/H] = -0.163 dex, d = 610 pc elde etmiştir. Strobel ve Poland (1991) Strömgren fotometrik sisteminde kümenin metal bolluğunu [Fe/H] = -0.44 dex ve uzaklığını d = 550 pc vermiştir. Strobel (1991) de bu veriler ile birlikte NGC 1342'nin metal bolluğunu, [Fe/H] = -0.38 dex, uzaklığını d = 550 pc ve yaşını t = 300 Myıl belirlemiştir. Pena ve diğ. (1994) NGC 1342 açık kümesinin *ubvy* ve H_β filterelerinde incelemiş olup, kümenin kızarmasını $E(B\text{-}V)$ = 0.401±0.151 kadir, uzaklığını d = 530±118 pc ve yaşını t = 400 Myıl hesaplamıştır. Loktin ve Beshenov (2003) NGC 1342 açık kümesinin de içinde bulunduğu 167 Galaktik açık kümenin ortalama öz hareket verileriyle uzaklıklarını hesaplamıştır. Araştırmacılar *Tycho*-2 (Hog ve diğ., 2000) kataloğundan derledikleri astrometrik ve fotometrik veriler ile analizleri gerçekleştirmiştir. Buna göre çalışmada, küme için uzaklık ve ortalama öz hareket verileri, sırasıyla, d = 665 pc ve ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-0.12±0.27, -3.10±0.37) mas/yıl verilmiştir. Kharchenko ve diğ. (2005) CCD *BV* fotometrik verilerini analiz ederek kümenin astrofizik parametrelerini sunmuştur. Küme doğrultusundaki parlak yıldızların *BV* bandlarındaki ölçümleri literatürden derlenmiş olup, NGC 1342 açık kümesi için eş-zamanlı parametre tayini yapılmıştır. Buna göre, Kharchenko ve diğ. (2005) kümenin kızarma, uzaklık ve yaşını, sırasıyla, $E(B\text{-}V)$ = 0.32 kadir, d = 665 pc ve t = 160 Myıl hesaplamıştır. Ayrıca araştırmacılar *Tycho*-2 (Hog ve diğ., 2000) ve UCAC 2.0 (Zacharias ve diğ., 2004) verleriyle kümenin ortalama öz hareket bileşenlerini ve radyal hızını, sırasıyla, ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.13±0.80, -2.72±0.77) mas/yıl ve V_R = -10.90±0.30 km/sn elde etmiştir. Mermilliod ve diğ. (2008) literatürde açık küme çalışmalarını derleyerek kümelerin radyal hızlarını içeren bir katalog oluşturmuş ve NGC 1342 açık kümesinin ortalama radyal hız ölçümünü V_R = -10.67±0.11 km/sn vermiştir. Kharchenko ve diğ. (2013) NGC 1342'in uzaklık, metal bolluğu, renk artığı ve yaşını, sırasıyla, d = 665 pc, [Fe/H] = -0.160 dex, $E(B\text{-}V)$ = 0.331 kadir ve t = 400 Myıl tayin etmiştir. Ayrıca, çalışmada kümenin ortalama öz hareket verileri ve radyal hızı, sırasıyla,

($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-3.12, -50) mas/yıl ve V_R = -11.50±0.40 km/sn verilmiştir. Dias ve diğ. (2014) UCAC4 (Zacharias ve diğ., 2013) kataloğundaki öz hareket verilerini analiz ederek kümenin ortalama öz hareket değerini ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.99±2.45, -1.82±1.76) mas/yıl hesaplamıştır. Reddy ve diğ. (2015) beş açık küme üyesi kırmızı dev yıldızların yüksek çözünürlüklü tayf verilerini analiz ettiği çalışmasında NGC 1342 açık kümesinin tayfsal metal bolluğunu [Fe/H] = -0.14±0.05 dex ve radyal hızını V_R = -10.67±0.11 km/sn hesaplamıştır. Çalışmada kümelerin fotometrik ve astrometrik verileri WEBDA ve SIMBAD veri tabanından alınmış olup, NGC 1342 açık kümesinin uzaklığı d = 665±133 pc ve yaşını t = 452 Myıl verilmiştir. Ayrıca, çalışmada kümenin ortalama öz hareket verileri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-1.15±0.87, -2.80±0.87) mas/yıl tayin edilmiştir. Loktin ve Popova (2017) 2MASS fotometrik ve PPMXL astrometrik analiz ederek NGC 1342 açık kümesinin uzaklık, renk artığı ve yaşını, sırasıyla, d = 667 pc, $E(B\text{-}V)$ = 0.345 kadir ve t = 452 Myıl, ortalama öz hareket bileşenleri de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-2.704±0.413, -8.046±0.386) mas/yıl belirlenmiştir. Conrad ve diğ. (2017) RAVE (Steinmetz ve diğ., 2006) gökyüzü taramasındaki radyal hız verilerini kullanarak 650 Galaktik açık kümeyi incelemiştir. Araştırmacılar, ayrıca kümelerin uzaklık, yaş ve öz hareket verilerini COCD (Kharchenko ve diğ., 2004; 2005) kataloğundan derlemiş ve bu parametreleri fotometrik ve tayfsal verilerden elde etmiştir. Ayrıca, araştırmacılar COCD'de verisi bulunmayan kümeler için de parametreleri Kharchenko ve diğ.'den (2005) almıştır. Buna göre, Conrad ve diğ. (2017) NGC 1342 açık kümesinin uzaklık, metal bolluğu ve yaşını, sırasıyla, d = 665 pc, [Fe/H] = -0.160 dex ve t = 160 Myıl olarak sunmuştur. Kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ve radyal hızı, sırasıyla, ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.13±0.80, -2.72±0.77) mas/yıl ve V_R = -10.90±0.10 km/sn verilmiştir. NGC 1342 açık kümesinin *Gaia* çağında ilk çalışması Cantat-Gaudin ve diğ. (2018) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar küme doğrultusunda 0.5'ten büyük 361 muhtemel küme üyesi yıldız belirlemiştir. Çalışmada kümenin uzaklığı, $d = 653^{+1}_{-0.7}$pc, ortalama öz hareket bileşenlerini de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.520±233, -1.604±0.195) mas/yıl verilmiştir. Soubiran ve diğ. (2018), *Gaia* DR2'deki radyal hızları kullanarak 861 Galaktik açık kümenin ağırlıklı ortalama radyal hızlarını tayin etmiştir. Araştırmacılar NGC 1342 açık kümesinin en muhtemel 13 üye yıldızdan itibaren ortalama radyal hızını V_R = -9.95±0.21 km/sn hesaplamıştır. Liu ve Pang (2019) *Gaia* DR2 fotometrik ve astrometrik verilerinden itibaren NGC 1342 açık kümesinin uzaklığını d = 668±25 pc, yaşını t = 871 Myıl ve ortalama öz hareket bileşenlerini ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.516±0.273, -1.595±0.254) mas/yıl olarak belirlenmiştir. Zhong ve diğ. (2020) kümelere üye yıldızların *Gaia* DR2 verileriyle yüksek

çözünürlüklü tayf verilerini bir arada değerlendirerek 295 açık kümeden itibaren Galaksi diskindeki radyal ve dik metal bolluğu gradyanti ile yaş metal bolluğu ilişkisini araştırmışlardır. Çalışmada kümenin uzaklık, renk artığı ve yaşı, sırasıyla, d = 665 pc, $E(B\text{-}V)$ = 0.331 kadir ve t = 400 Myıl elde edilmiştir. NGC 1342'nin tayfsal metal bolluğu, kümeye yüksek olasılıklı 45 üyeden itibaren [Fe/H]=-0.205±0.010 dex hesaplanmıştır. Zhong ve diğ. (2020) kümenin ortalama radyal hızını en muhtemel 65 küme üyesinden itibaren V_R =-18.85±4.71 km/sn ölçmüştür. Ayrıca çalışmada, NGC 1342 açık kümesinin ortalama öz hareket bileşenlerini de ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.520±0.233, -1.604±0.195) mas/yıl verilmiştir. Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) kümenin uzaklık, renk artığı ve yaşını, sırasıyla, d = 686 pc, $E(B\text{-}V)$ = 0.229 kadir ve t = 813 Myıl belirlemiştir. Aynı çalışmada NGC 1342 açık kümesinin ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.520±0.233, -1.604±0.195) mas/yıl verilmiştir. Cantat-Gaudin ve Anders (2020) kümenin uzaklığını $d = 653^{+46}_{-40}$ pc ve ortalama öz hareket bileşenlerini ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.520±0.233, -1.604±0.195) mas/yıl belirlemiştir. Dias ve diğ. (2021), NGC 1342 açık kümesi merkezinden itibaren 16 yay dakikası içinde üyelik olasılığı 0.5'ten büyük 355 muhtemel küme üyesi belirlemiştir. Buna göre, kümenin uzaklığı d = 626±19 pc, renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.396±0.053 kadir, metal bolluğu [Fe/H] = -0.115±0.030 dex, yaşı t = 580±190 Myıl tayin edilmiştir. Çalışmada kümenin ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.523±0.264, -1.598±0.242) mas/yıl ve 15 yıldızdan hesaplanan ortalama radyal hızı V_R = -9.41±1.06 km/sn'dir. Tarricq ve diğ. (2021) kümenin uzaklığını d = 675 pc, yaşını t = 850 Myıl, öz hareket bileşenlerini ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (0.520±0.233, -1.604±0.195) mas/yıl elde etmiştir. Tarricq ve diğ. (2021) kümeye yüksek olasılıklı sekiz yıldızdan itibaren kümenin ortalama radyal hızını V_R = -10.35±0.19 km/sn hesaplamıştır. NGC 1342 açık kümesinin literatürdeki çalışmaları Tablo 5.1'de listelenmiştir.

5.2 CZERNİK 41 AÇIK KÜMESİNİN LİTERATÜR KARŞILAŞTIRMASI

Yüksek lisans tez çalışmasında, Czernik 41'in en muhtemel üyelerinden itibaren Bölüm 3'te verilen yöntemler ile kümenin renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 1.50±0.04 kadir, uzaklık modülü μ_V = 16.59±0.13 kadir, uzaklığı d = 2485±151 pc ve yaşı t = 69±10 Myıl belirlenmiştir. Literatür özetinde görüleceği gibi Czernik 41 açık kümesinin üye yıldızlarının yüksek çözünürlüklü tayfsal verileri bulunmadığından, tayfsal yöntemle ortaya konan metal bolluğu değeri bulunmamaktadır. Fotometrik metal bolluğu kalibrasyonlarında kullanılması gereken ve renk

indeksi $0.3 \leq (B\text{-}V)_0 \leq 0.6$ kadir aralığında bulunan ve üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan F-G tayf türü anakol yıldızları Czernik 41 kümesi için belirlenemediğinden, tez çalışmasında kümenin metal bolluğu Güneş bolluğunda ([Fe/H] =0.0 dex) kabul edilmiştir. Yıldız evrim modellerine göre 70 Myıl yaşına kadar olan kümelerde *G* tayf türünden yıldızların anakolda bulunuyor olması gerekmektedir. Czernik 41'in çalışmada belirlenen yaşı dikkate alındığında, yüksek olasılıklı yıldızlar içinde F-G tayf türü yıldızların tespit edilememesi, üyelik olasılıklarına ve kümenin limit yarıçapına getirilen sınırlamalardan kaynaklanmaktadır. Kümeye ait astrofizik parametreler literatürdeki sonuçları da kapsayacak biçimde Tablo 5.1'de listelenmiştir. Tablo 5.1 incelendiğinde kümenin metal bolluğu değerinin sadece Dias ve diğ.'nin (2021) çalışmasında hemen hemen Güneş metal bolluğunda verildiği görülmüştür. Dias ve diğ. (2021)'nin bu değeri eş-zamanlı parametre tayinine dayalı olup, tez çalışmasında küme için kabul edilen değer ile uyumludur. Literatürdeki çalışmalarda (Tablo 5.1) Czernik 41 açık kümesi doğrultusundaki kızarmanın $1.20 < E(B\text{-}V) < 1.34$ kadir aralığında değiştiği görülmektedir. Tez çalışmasında küme için hesaplanan kızarma, literatürde verilen aralığın alt sınır değerleriyle uyumludur (Loktin ve diğ., 2017; Cantat-Gaudin ve diğ., 2020). Kümenin farklı araştırmacılar tarafından sunulan yaşları 6 ile 500 Myıl gibi geniş bir aralıkta bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde kümenin astrofizik parametrelerinin renk-parlaklık diyagramlarından ve güncel olmayan eş-yaş eğrilerinden elde edildiği tespit edilmiştir. *Gaia* çağında duyarlı astrometrik ölçümler her ne kadar küme üyesi yıldızların belirlenmesindeki doğruluğu arttırmış olsa da parametre tayinlerinde kullanılan otomatik algoritmalar kümenin renk-parlaklık diyagramları üzerindeki dev bölgesi veya dönüm noktasındaki yüksek olasılıklı üye yıldızların istatistik dışı kalmasına ve hatalı parametre tayini ihtimalini ortaya çıkarmasına neden olmaktadır. Küme uzaklığı farklı araştırmacılar tarafından $1360 \leq d \leq 3032$ pc aralığında belirlenmiştir (Tablo 5.1). Tablo 5.1 incelendiğinde Czernik 41 açık kümesinin *Gaia* DR2 verileriyle elde edilen uzaklıklarının genelde hata mertebelerinde uyumlu olduğu görülmektedir (Bkz. Tablo 5.1). Tez çalışmasında kümenin renk-parlaklık diyagramlarından elde edilen uzaklığı $d = 2485 \pm 151$ olup, bu değer literatürde 2018 yılından itibaren *Gaia* verileriyle tayin edilen uzaklık sonuçlarıyla oldukça uyumludur. Ayrıca tez çalışmasında Czernik 41 açık kümesine üye yüksek olasılıklı yıldızların ortalama trigonometrik paralaks ölçümlerinden hesaplanan uzaklığı da $d_{\varpi} = 2625 \pm 331$ pc'dir (Bkz. Bölüm 4.5). Ayrıca tez çalışmasında kümenin eş-yaş eğrilerinden elde edilen uzaklık değeri hatalar mertebesinde uyum içerisindedir. Birbirinden bağımsız elde edilen bu iki uzaklık değeri, renk-parlaklık

diyagramlarından belirlenen uzaklık ile uyumludur. Şekil 4.11a,b ve c (Bkz. Bölüm 4.8) incelendiğinde, Czernik 41 açık kümesi için t = 69+10 Myıl'lık eş-yaş eğrisinin kümenin anakol, dönüm noktası ve alt dev kolundaki yüksek olasılıklı yıldızları iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4.11a,b ve c (Bkz. Bölüm 4.8), $V\times U\text{-}B$, $V\times B\text{-}V$ renk-parlaklık diyagramlarında eş-yaş eğrileriyle uyuşmayan yüksek olasılıklı ve görünen parlaklıkları (V, G) ≤ 12 kadir olan biri dönüm noktasının mavi tarafında, diğeri dev kolunun ötesinde bulunan iki parlak yıldız göze çarpmaktadır. Bunlardan dev kolunun ötesinde bulunan yıldız literatürde *IRAS* 19488+2513 (Şekil 4.11a,b,c; tayfsal çift sistem) ile isimlendirilmiş ve tayfsal çift sistem olarak sınıflandırılmıştır. Kümenin dönüm noktasının mavi tarafında yer alan yıldız ise *Tycho* yıldızı *TYC* 2144-1284-1 olup (Şekil 4.11a,b,c; BSS adayı), özel bir isimlendirme kullanılmamıştır. *IRAS* 19488+25132'ın ekvatoral koordinatları (α, δ) = (297 º.710, 25 º.340), *UBV* ve *Gaia* sistemindeki görünen parlaklıkları ve renk indeksleri, sırasıyla V = 11.47, $U\text{-}B$ = 3.113, $B\text{-}V$ = 3.230 kadir ve G = 11.211 ile G_{BP}-G_{RP} = 3.969 kadir olup, küme merkezine uzaklığı ile kümeye üyelik olasılığı, sırasıyla, r = 3′.84 ve P = 0.95'tir. *TYC* 2144-1284-1 yıldızının da ekvatoral koordinatları (α, δ) = (297 º.706, 25 º.269), *UBV* ve *Gaia* fotometrik sistemindeki görünen parlaklıkları ve renk indeksleri, sırasıyla V = 11.70, $U\text{-}B$ = 0.715, $B\text{-}V$ = 1.08 kadir ve G = 11.819 ile G_{BP}-G_{RP} = 1.63 kadir olup, küme merkezine uzaklığı ve kümeye üyelik olasılığı r = 2′.90 ve P = 0.97'dir. Ayrıca yıldızın Hog ve diğ. (2000) tarafından verilen *Tycho* parlaklığı V = 11.74 ve renk indeksi $B\text{-}V$ = 1.32 kadir olup, tez çalışmasında ölçülen değerler ile uyumludur. Czernik 41 açık kümesi doğrultusunda tespit edilen *IRAS* 19488+2513 sistemi ile *TYC* 2144-1284-1 yıldızının *Gaia* DR3 trigonometrik paralaksları, sırasıyla ϖ = 0.39±0.04 ve 0.37±0.01 mas, öz hareket bileşenleri de, sırasıyla, ($\mu_\alpha\cos\delta$, μ_δ) = (-3.030±0.026, -6.261±0.0.038) ve ($\mu_\alpha\cos\delta$, μ_δ) = (-2.958±0.010, -6.077±0.014) mas/yıl'dır. Yıldızların küme merkezine uzaklıkları ve astrometrik verileri bir arada değerlendirildiğinde Czernik 41 açık kümesinin ortalama astrometrik ölçümleriyle (Bkz. Bölüm 4.5, Tablo 5.2) uyum içinde olduğu ve kümenin fiziksel üyesi oldukları doğrulanmıştır. Ayrıca, *TYC 2144-1284-1*'nin Czernik 41 açık kümesinde bulunan mavi mücadeleci yıldız (BSS; Blue Struggler Star) adayı olarak tez çalışmasında tanımlanmıştır. Çift veya çoklu yıldız sistemlerinin görünen parlaklıkları, bileşenler arasındaki parlaklık oranlarından, kütle merkezine olan uzaklıklarından ve gözlem zamanlarından etkilenmekte, bu faktörler de sistemin ölçülen parlaklıklarında farklılıklara sebep olmaktadır (Minnaert, 1969). Küme doğrultusundaki büyük renk artığı ($E(B\text{-}V)$ = 1.50

kadir) da dikkate alındığında söz konusu durumlar, *IRAS* 19488+25132 sisteminin *UBV* fotometrik sisteminde renk-parlaklık diyagramları üzerinde neden eş-yaş eğrileriyle uyuşmadığını açıklamaktadır. Mavi mücadeleci yıldızların küme içi dinamik yıldız karşılaşmaları veya çift yıldızlardaki kütle transferleri sonucunda oluştuğu düşünülmektedir (Leiner ve Geller, 2021). Söz konusu mekanizmalar bu yıldızların kümelerin renk-parlaklık diyagramlarının dönüm noktasının daha mavi ve parlak tarafında yer almalarına sebep olur. *TYC* 2144-1284-1'in Şekil 4.11a,b ve c'deki konumu bu yıldızı Czernik 41 açık kümesine üye bir mavi mücadeleci yıldız adayı yapmaktadır. Kümenin parlak yıldızları incelendiğinde, Şekil 4.11a,b ve c'de eş-yaş eğrilerinin alt dev kolu bölgesinde bulunan Czernik 41 açık kümesinin yaş tayininde önem arz eden bir başka yıldız dikkat çekmektedir. Bu yıldızın literatürde bulunan isimlerinden biri ATO J297.7863+25.3136 olup (Heinze ve diğ., 2018), koordinatları (α, δ) = (297^{o}.786, 25^{o}.314)'dir. Bu yıldız sefeid türü bir değişen olarak bilinmektedir (Hao ve diğ., 2022; Skowron ve diğ., 2018; Heinze ve diğ., 2018). Hao ve diğ. (2022) sefeid değişeninin Czernik 41 açık kümesinin üyesi olduğunu raporlanmıştır. Ayrıca yıldızın küme merkezine olan uzaklığı r = 2′.26, üyelik olasılığı P = 0.94 ve *Gaia* DR3 kataloğundaki öz hareket bileşenleriyle, trigonometrik paralaksı, sırasıyla, ($\mu_\alpha \cos\delta$, μ_δ) = (-3.025±0.012, -6.294±0.017) mas/yıl ve ϖ = 0.32±0.02 mas'dır. Üyelik olasılığı ve küme merkezine olan uzaklığının yanı sıra astrometrik parametrelerin Czernik 41 açık kümesinin ortalama verileriyle uyumlu olması sefeid değişeninin kümenin kesin üyesi olduğunu doğrulamaktadır. Bu da kümenin eş-yaş eğrileriyle yaşının duyarlı bir şekilde tayin edildiğinin bir diğer göstergesidir.

Czernik 41 açık kümesinin yıldız yoğunluk profiline King modelinin (King, 1962) uygulanması sonucunda merkezi yıldız yoğunluğu f_0 = 7.622±0.750 yıldız/(yay dakikası)^2, zemin yıldız yoğunluğu f_{bg} = 4.481±0.171 yıldız/(yay dakikası)^2 ve kümenin kor yarıçapı r_c = 1.728±0.266 yay dakikası tayin edilmiştir. Kümenin tez çalışmasında elde edilen kor yarıçapı Maciejewski ve Niedzielski'nin (2007) r_c = 1′.7±0.2 ile Dib ve diğ.'nin (2018) r_c = 1′.7 değerleriyle oldukça uyumludur.

Czernik 41 açık kümesinin kütle fonksiyonu üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan 373 anakol yıldızından belirlenmiş olup, bu yıldızların kütle aralığı $1.10 < M/M_\odot < 5.2$ dir. Bu yıldızlardan hesaplanan kütle fonksiyonun eğimi x = -1.67±0.23'tür. Elde edilen sonuç Salpeter'in (1955) çalışmasında Güneş civarındaki yıldızlar için verilen x = -1.35 değeriyle uyumludur.

5.3 NGC 1342 AÇIK KÜMESİNİN LİTERATÜR KARŞILAŞTIRMASI

NGC 1342 açık kümesinin renk artığı $E(B\text{-}V)$ = 0.270±0.043 kadir, fotometrik metal bolluğu [Fe/H] = -0.14±0.07 dex, uzaklığı d = 645±42 pc ve yaşı t = 1000±150 Myıl olarak bağımsız yöntemler ile (Bkz. Bölüm 3), hesaplanmış ve literatürdeki sonuçlar ile birlikte Tablo 5.1'de listelenmiştir. Tablo incelendiğinde küme doğrultusundaki renk artığının $0.229 \leq E(B\text{-}V) \leq 0.42$ kadir aralığında değiştiği, bu tez çalışmasında hesaplanan renk artığının literatürde verilen aralık içinde kaldığı görülmektedir. Buna göre NGC 1342 açık kümesi için bu çalışmada belirlenen renk artığının Kharchenko ve diğ. (2005; 2013), Loktin ve diğ. (2017), Cantat-Gaudin ve diğ. (2020) ve Zhong ve diğ.'nin (2020) sonuçlarıyla belirsizlikler içinde uyumludur. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kümenin metal bolluğunun fotometrik ve tayfsal yöntemlerle araştırıldığı ve metalce fakir bir açık küme olduğu belirlenmiştir (Bkz. Tablo 5.1). Tez çalışmasında NGC 1342'nin metal bolluğu kümeye yüksek olasılıklı dokuz yıldızın CCD *UBV* fotometrik ölçümlerinden hesaplamıştır. Tablo 5.1 incelendiğinde, hesaplanan metal bolluğu değerinin Strobel ve Poland (1991) ile Strobel'in (1991) haricinde diğer tüm araştırmacıların verdiği sonuçlar ile belirsizlikler dahilinde uyumlu olduğu görülmektedir. Özellikle, kümeye üye yıldızların yüksek çözünürlüklü tayf analizlerinin yapıldığı çalışmalarda, sunulan metal bolluğu sonuçlarının ([Fe/H] = -0.14 ± 0.05 dex; Reddy ve diğ., 2015, [Fe/H] = -0.160 dex; Conrad ve diğ., 2017, [Fe/H] = -0.205 dex; Zhong ve diğ., 2020), bu tez çalışmasında NGC 1342 açık kümesi için hesaplanan değer ile uyumlu olması ([Fe/H] = -0.14±0.07 dex), hem analiz edilen *UBV* fotometrik verilerinin hem de metal bolluğu tayininde kullanılan kalibrasyonların güvenilir olduğunu göstermektedir. Kümenin eş-yaş eğrilerinden belirlenen uzaklığı dikkate alındığında literatürde verilenlerin neredeyse tamamıyla uyum içindedir (Bkz. Tablo 5.1). Ayrıca Bölüm 4.5'te kümenin yüksek olasılıklı yıldızlarının trigonometrik paralaks ölçümlerinden belirlenen uzaklığı olan d_{ϖ} = 657±22 pc değeri de bu çalışmada eş-yaş eğrisinden belirlenen uzaklık ile oldukça uyumludur. Kümenin farklı araştırmacılar tarafından sunulan yaşları 160 ile 850 Myıl gibi geniş bir aralıkta bulunmakradır. Bu çalışmalar incelendiğinde kümenin astrofizik parametrelerinin renk-parlaklık diyagramlarından ve güncel olmayan eş-yaş eğrilerinden elde edildiği tespit edilmiştir. Ayrıca *Gaia* verilerinin devreye girmesiyle birlikte küme parametrelerinin tayininde kullanılan makine öğrenmesi ve eş-zamanlı parametre tayinine dayalı program algoritmalarıyla kümeler, çoklu gruplar halinde incelenmekte ve bu da yaş ve uzaklık tayininde belirleyici rol alan dönüm noktası ve dev yıldızların gözden kaçmasına sebep olabilmektedir. Bu da parametre

dejenerasyonluğuna yol açarak yaşın hatalı tayin edilmesine sebep olur. Şekil 4.11d,e ve f (Bkz. Bölüm 4.8) incelendiğinde, NGC 1342 açık kümesi için t=1000+150 Myıl'lık eş-yaş eğrisinin kümenin anakol, dönüm noktası ve dev kolundaki yüksek olasılıklı yıldızları iyi bir şekilde temsil ettiği görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4.11d,e ve f, $V\times(U\text{-}B)$, $V\times(B\text{-}V)$ ve $G\times(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramlarında eş-yaş eğrileriyle uyuşmayan üyelik olasılığı yüksek ve dev kolunun kırmızı bölgesinde bulunan bir yıldız göze çarpmaktadır. Ekvatoral koordinatları (α, δ) = ($53^{o}.004$, $37^{o}.461$) olan yıldızın küme merkezine uzaklığı ve üyelik olasılığı, sırasıyla, r = 7′.14 ve P = 0.95, *UBV* ile *Gaia* fotometrik sistemindeki parlaklık ve renk indeksleri, sırasıyla, V = 10.820, $U\text{-}B$ = 1.116, $B\text{-}V$ = 1.60 kadir ve G = 10.020 ile ($G_{BP}\text{-}G_{RP}$) =1.993 kadirdir. Ayrıca, yıldızın *Gaia* DR3 kataloğundaki öz hareket bileşenleri ve trigonometrik paralaks ölçümleri, sırasıyla, ($\mu_{\alpha}\cos\delta$, μ_{δ}) = (0.152±0.025, -1.659±0.018) mas/yıl ve ϖ= 1.43±0.02 mas'dır. Küme merkezine uzaklığı ve üyelik olasılığıyla birlikte astrometrik verileri yıldızın, NGC 1342 açık kümesinin muhtemel üyesi olduğunu göstermektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, birçok çalışmada söz konusu yıldızın kümeye üye olarak doğrulandığı ve NGC1342 38 ismiyle etiketlendiği tespit edilmiştir (Cantat-Gaudin, 2018; 2020; Cantat-Gaudin ve Anders, 2020; Tarricq ve diğ., 2021). Bununla birlikte Plavchan ve diğ. (2008) 2MASS fotometrik verileriyle yaptığı çalışmasında NGC 1342 38'in aday değişen bir yıldız olduğu raporlanmıştır. Değişen yıldız parlaklıkları gözlem zamanlarına bağlı olarak farklı kadirlerde gözlenebilmektedir. Bu da NGC1342 38'in neden Şekil4.11d,e ve f'de eş-yaş eğrileriyle uyuşmadığını açıklamaktadır.

NGC 1342 açık kümesinin yıldız yoğunluk profiline King modelinin (King, 1962) uygulanması sonucunda merkezi yıldız yoğunluğu f_0 = 1.733±0.240 yıldız/(yay dakikası)^2, zemin yıldız yoğunluğu f_{bg} = 1.776±0.090 yıldız/(yay dakikası)^2 ve kümenin kor yarıçapı r_c = 2.155±0.568 yay dakikası tayin edilmiştir. Alves ve diğ. (2012) 2MASS fotometrik verileriyle yaptığı çalışmada kümenin merkezi yıldız ve zemin yoğunluğu ile kor yarıçapını (f_0, f_{bg}, r_c), sırasıyla, 0.98±0.25 ve 0.56±0.01 yıldız/(yay dakikası)^2 ile 6.60±1.98 yay dakikası elde etmiştir. Tez çalışmasında tayin edilen yapısal parametreler ile Alves ve diğ.'nin (2012) sunduğu sonuçlar arasındaki fark, kullanılan katalog ve alanda tespit edilen yıldız sayılarının görünen parlaklık sınırına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

NGC 1342 açık kümesinin kütle fonksiyonu üyelik olasılığı $P\geq0.5$ olan 104 anakol yıldızından belirlenmiş olup, bu yıldızların kütle aralığı $0.43 < M/M_{\odot} < 0.82$ dir. Hesaplanan kütle

fonksiyonun eğimi x = -1.56±0.41'dir. Elde edilen sonuç Salpeter'in (1955) çalışmasında Güneş civarındaki yıldızlar için verilen x = -1.35 değeriyle uyumludur.

Czernik 41 ile NGC 1342 açık kümelerinin *Gaia* fotometrik sistemindeki renk artıkları, renk-parlaklık diyagramları üzerinde eş-yaş eğrileriyle uzaklık ve yaş ile birlikte tayin edilmiştir. Literatürde *UBV* ve *Gaia* sisteminde tanımlanan $E(B\text{-}V)$ ile $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ renk artıkları arasındaki ilişki farklı katsayılar ile tanımlanmıştır: $E(G_{BP}\text{-}G_{RP}) = 1.392\times E(B\text{-}V)$ (Cardelli ve diğ., 1989), $E(G_{BP}\text{-}G_{RP}) = 1.41\times E(B\text{-}V)$ (Sung ve diğ., 2021), $E(G_{BP}\text{-}G_{RP}) = 1.4762\times E(B\text{-}V)$ (Piecka ve Paunzen, 2021), $E(G_{BP}\text{-}G_{RP}) = 1.2949\times E(B\text{-}V)$ (Wang ve Chen, 2019). Tez çalışmasında Czernik 41 açık kümesi için belirlenen $E(B\text{-}V)$ = 1.50±0.035 ve $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ = 1.959±0.096 kadir olup iki değer arasındaki oran $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})/E(B\text{-}V)$=1.306'dır. NGC 1342 açık kümesinin renk artığı değerleri $E(B\text{-}V)$ = 0.270±0.043 ve $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})$ = 0.316±0.046 kadir ve iki değer arasındaki oran $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})/E(B\text{-}V)$ = 1.17'dir. İki küme için oranlar incelendiğinde Czernik 41 açık kümesi için elde edilen sonucun Wang ve Chen (2019) değeriyle uyumlu olduğu, NGC 1342 açık kümesi için hesaplanan sonucun ise literatürde verilenlerden daha küçük olduğu belirlenmiştir. *UBV* ve *Gaia* fotometrik sisteminde iki kümenin eş-yaş eğrilerinden tayin edilen küme yaşları ve uzaklıkları aynıdır. *Gaia* sisteminde renk artığının literatürde verilen oranlar dikkate alınarak belirlenmesi, iki fotometrik sistemden aynı küme için elde edilecek uzaklık ve yaşlarda farklılığa sebep olacak, bu da hatalı sonuçlara yol açacaktır. Bu nedenle, tez çalışmasında literatürde verilen kızarma oranlarına bağlı kalınmamış ve iki küme için farklı $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})/E(B\text{-}V)$ oranları tanımlanmıştır.

5.4 CZERNİK 41 VE NGC 1342 AÇIK KÜMELERİNİN KİNEMATİK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek lisans tez çalışmasında analiz edilen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin ortalama radyal hızları bu iki kümeye yüksek olasılıklı üye, sırasıyla, 2 ve 43 yıldızın *Gaia* DR3 radyal hız ölçümlerinden hesaplanmıştır. Radyal hız verisi kullanılan üye yıldızlardan, Czernik 41 açık kümesi ve NGC 1342 açık kümesinin ortalama radyal hızları, sırasıyla, V_R = 2.26±0.21 ile V_R = -10.48±0.20 km/sn hesaplanmış ve kinematik analizlerde bu veriler girdi parametreleri olarak kullanılmıştır (Bkz. Bölüm 4.9). Literatürde Czernik 41'in ortalama radyal hızını veren iki çalışma bulunmaktadır: Dias ve diğ. (2021) kümeye yüksek olasılıklı dört yıldızdan itibaren Czernik 41 açık kümesinin ortalama radyal hızını V_R=-13.40±0.53 km/sn tayin etmiştir. Tarricq

ve diğ. (2021) Czernik 41 açık kümesinin ortalama radyal hızını kümeye yüksek olasılıklı ve radyal hızları -56.405 ≤ V_R ≤ 2.647 km/sn arasında değişen beş yıldızın *Gaia* DR2 verilerinden itibaren V_R = -2.41±11.67 km/sn hesaplamıştır. Tez çalışmasında kümenin ortalama radyal hızı literatürde verilen bu değerler ile uyuşmamaktadır. Bununla birlikte bu çalışmada Czernik 41 açık kümesinin ortalama radyal hızı kümeye üye olduğu onaylanmış biri sefeid diğeri tayfsal çift sistem olan iki yıldızdan itibaren hesaplanmış olup, kümenin ortalama radyal hızı için duyarlı bir sonuç olduğu söylenebilir. Ayrıca Tarricq ve diğ.'nin (2021) radyal hız değerleri birbirinden oldukça farklı yıldızları kullanması, verdikleri sonucun duyarlılığını azaltmaktadır. Literatürde NGC 1342 açık kümesi için ortalama radyal hız sonuçlarını veren birçok çalışma bulunmaktadır. Tablo 5.1'de çalışmalar incelendiğinde kümenin ortalama radyal hızının -18.85 ≤ V_R ≤ -9.41 km/sn arasında değiştiği tespit edilmiştir. Tez çalışmasında küme için hesaplanan ortalama radyal hız, farklı araştırmacıların verdiği sonuçların çoğunluğuyla belirsizlikler içinde uyumludur (Kharchenko ve diğ., 2005; Mermilliod ve diğ., 2008; Reddy ve diğ., 2015; Conrad ve diğ., 2017; Tarricq ve diğ., 2021).

Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerine uygulanan yörünge integrasyonu sonucunda kümeler için hesaplanan uzay hız bileşenleri (U, V, W), sırasıyla, (71.89±4.34, -35.72±2.07, -7.03±0.43) km/sn ile (8.24± 0.24, -8.32±0.18, -0.44±0.25) km/sn elde edilmiştir. Hesaplardaki kinematik yanlılığın ortadan kaldırılması için uzay hız bileşenlerine LSR düzeltmeleri yapılmıştır (Coşkunoğlu ve diğ., 2011). Kümelerin LSR düzeltmesi yapılan uzay hız bileşenleri (U, V, W)$_{LSR}$, Czernik 41 ve NGC 1342 için, sırasıyla, (80.72± 4.35, -21.53± 2.10, -0.46± 0.48) ve (17.07±0.34, 5.87±0.39, 6.13±0.33) km/sn tayin edilmiştir. Literatür incelendiğinde Czernik 41 açık kümesinin Güneş merkezli kinematik çalışmalarının bulunmadığı tespit edilmiştir. Kümenin Güneş merkezli uzay hız bileşenleri ve dinamik yörünge analizleri ilk defa bu tez çalışmasında sunulmuştur.

Wu ve diğ. (2009) literatürdeki farklı çalışmalardan derledikleri radyal hız ve öz hareket verilerini kullanarak NGC 1342 açık kümesinin uzay hız bileşenlerini (U, V, W) = (20.6±1.4, 217.7±2.6, 1.1±0.2) km/sn, Conrad ve diğ. (2017) (U, V, W) = (-10.8±1.3, 2.7±2.4, 3.7±2.4) km/sn, Soubiran ve diğ. (2018) *Gaia* DR2 astrometrik ölçümlerini dikkate alarak kümenin uzay hız bileşenlerini, sırasıyla, (U, V, W) = (7.62±0.18, -8.25±0.09, -0.30±0.07) km/sn, belirlemiştir. Wu ve diğ. (2009) 488 açık kümenin yörünge parametrelerini tayin ettikleri çalışmada, kümelerin astrometrik verilerini *Hipparcos* (ESA, 1997), *Tycho*-2 (Hog ve diğ., 2000) ve

(Kharchenko ve diğ., 2001) kataloglarından derlemiştir. Conrad ve diğ. (2017) kümenin ortalama radyal hızını RAVE verilerinden, ortalama öz hareket bileşenlerini de PPMXL kataloğundan elde etmiştir. Tez çalışmasında güncel *Gaia* verilerinin kullanılmış olması, hesaplanan uzay hızı bileşenlerinin Wu ve diğ. (2009) ile Conrad ve diğ.'den (2017) farklılığını açıklamaktadır. Bununla birlikte tez çalışmasında küme için hesaplanan sonuçlar Soubiran ve diğ.'nin (2018) değerleriyle uyumludur.

Çalışmada iki kümenin Galaktik düzleminden ayrılabilecekleri en büyük dik uzaklıklar Czernik 41 açık kümesi için z_{max} = 12±2 pc ve NGC 1342 açık kümesi için z_{max} = 192±8 pc'dir. Bu değerler dikkate alındığında Galaksi diskinin yükseklik ölçeği için belirlenen H = 250-350 pc'yi (Bilir ve diğ., 2008) geçmediği ve iki kümenin de Galaksimizin ince disk popülasyonuna ait olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Schuster ve diğ. (2012) çalışmasında V_{LSR} uzay hızına göre yıldızları üç Galaktik popülasyon grubuna ayırmıştır. Buna göre uzay hızı -50 < V_{LSR}, -180 < V_{LSR} ≤ -50 ve V_{LSR} ≤ 180 km/sn olan yıldızlar, sırasıyla, Galaksimizin ince disk, kalın disk ve halo popülasyonuna üyedir. Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerinin V_{LSR} uzay hızları, sırasıyla, -21.53± 2.10 ve 5.87±0.39 km/sn hesaplanmış olup, Schuster ve diğ.'nin (2012) kriterlerine göre iki kümenin de ince disk popülasyonunda bulunduğu doğrulanmaktadır.

Yüksek lisans tez çalışmasında analiz edilen Czernik 41 ve NGC 1342 açık kümelerine ait bulguların literatürde farklı araştırmacılar tarafından verilen sonuçlara göre üstün yanları bulunmaktadır. Bunlar aşağıda listelenmiştir:

- Küme doğrultularında tespit edilen yıldızların kümelere üyelik olasılıkları *Gaia* DR3'ün hassas öz hareket ve trigonometrik paralaks verilerinden ilk defa bu tez çalışmasında belirlenmiştir.

- Kümelerdeki yüksek olasılıklı üye yıldızların renk-parlaklık ve iki-renk diyagramlarındaki morfolojileri dikkate alınarak renk artığı, fotometrik metal bolluğu ve uzaklık gibi temel parametreleri bağımsız yöntemler ile tayin edilmiştir.

- İki kümenin *Gaia* fotometrik sistemindeki renk artığı tayini *UBV* fotometrisinden belirlenen uzaklık ve yaş değerlerine göre yapılmış ve iki küme için farklı $E(G_{BP}\text{-}G_{RP})/E(B\text{-}V)$ kızarma oranı değerleri sunulmuştur. Çok sayıda açık kümenin *UBV* ve *Gaia*

verilerinin bir arada incelenmesiyle iki fotometrik sistem arasındaki renk artığı oranlarının hangi koşullarda farklılık göstereceği araştırma konusu olmuştur.

- Czernik 41 açık kümesine yüksek olasılıklı mavi mücedeleci yıldız adayı ilk defa bu tez çalışmasında verilmiştir.

- NGC 1342 açık kümesine yüksek olasılıklı üye ve eş-yaş eğrilerinin dışında kalan parlak NGC1342 38 yıldızının kümeye üye ve parlaklık değişimi gösteren bir yıldız olduğu, yine bu çalışmada tespit edilmiştir.

- Kümelerin uzaklıkları iki farklı yöntem ile hesaplanmış ve literatür karşılaştırmaları sonuçların uyumlu olduğunu göstermiştir. Uzaklık tayininde aşağıda belirtilen iki yöntem kullanılmıştır:

    - Anakol çakıştırma yöntemi,
    - Kümeye yüksek olasılıklı üye yıldızların *Gaia* trigonometrik paralakslardan ortalama uzaklıklarının belirlenmesi.

- Czernik 41 kümesinin literatürde ilk ayrıntılı kinematik ve dinamik yörünge hesapları bu tez çalışmasında yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmasında ülkemizden gözlemleri yapılan iki açık kümenin fotometrik ve astrometrik verileri kullanılarak yapısal ve temel astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. Çalışmada küme doğrultularındaki renk artıkları, kümelerin fotometrik metal bollukları, uzaklık ve yaşları bağımsız yöntemler ile belirlendiğinden, hesaplanan temel astrofizik parametreler arasında parametre dejenerasyonluğunun önüne geçilmiştir. Bu durumun en iyi göstergesi, tez çalışmasında elde edilen parametrelerin *Gaia* DR3 kataloğundaki oldukça duyarlı astrometrik veriler ile yapılan karşılaştırma sonuçlarıdır. *Gaia* gökyüzü taramasının gelecek veri sürümlerinde yüksek duyarlılıktaki astrometrik, fotometrik ve tayfsal verilerinin araştırmacıların kullanımına açılacak olması, göreceli olarak sönük yıldızların radyal hız verilerine ulaşma imkânı sağlayacak, bu da açık kümelerin üye yıldızlarının daha duyarlı bir şekilde tayinini sağlayacaktır. Böylece, açık kümeler sistematik olarak duyarlı fotometrik, tayfsal ve astrometrik yöntemler ile incelenecek, elde edilen sonuçlar küme oluşum ve evriminin yanı sıra Samanyolu'nun yapısı, oluşumu ve evriminin bir bütün olarak anlaşılmasına da doğrudan katkı verecektir.

KAYNAKLAR

Akbulut, B., Ak, S., Yontan, T., Bilir, S., Ak, T., Banks, T., Ulgen, K., Paunzen, E., 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.

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

Alves, V. M., Pavani, D. B., Kerber, L. O., Bica, E., 2012, On Open Cluster Physical Parameters from 2MASS data, *New Astronomy*, 17, 488.

Andersen, J., Nordström, B., 2000, Dynamical Evolution of Intermediate-Age and Old Clusters, Stellar Clusters and Associations: Convection, Rotation, and Dynamos, *Proceedings from ASP Conference*, 198, 171.

Andrews, M., 2004, The Seven Sisters of the Pleiades: Stories from Around the World. *Spinifex Press*.

Arp, H., 1961, U - B and B - V Colors of Black Bodies, *Astrophysical Journal*, 133, 874.

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.

Bensby, T., Feltzing, S., Lundstrom, I., 2003, Elemental Abundance Trends in the Galactic Thin and Thick Disks as Traced by Nearby F and G Dwarf Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 410, 527.

Bensby, T., Feltzing, S., Lundstrom, I., Ilyin, I., 2005, α-, r-, and s-Process Element Trends in the Galactic Thin and Thick Disks, *Astronomy and Astrophysics*, 433, 185.

Bensby, T., Zenn, A. R., Oey, M. S., Feltzing, S., 2007, Tracing the Galactic Thick Disk to Solar Metallicities, *The Astrophysical Journal*, 663, L13.

Bensby, T., Feltzing, S., 2010, Abundance Structure and Chemical Evolution of the Galactic Disc, *Highlights of Astronomy*, 15, 789.

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., Lavers, A. C., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Corredoira, M. L., 2008, Estimation of Galactic Model Parameters in High Latitudes with SDSS, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 25, 69.

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., Ortwin E. G., Antoony A. S., Bally J., Uchida K. I., 1991, Understanding the Kinematics of Galactic Centre Gas, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 218, 252.

Blaauw, A., 1963, The Calibration of Luminosity Criteria, *Published by the University of Chicago Press*, 383.

Bonatto, C., Bica, E., 2007, Old Open Clusters in the Inner Galaxy: FSR 1744, FSR 89 and FSR 31, *Astronomy and Astrophysics*, 473, 445.

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, 27.

Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., 2012, PARSEC: Stellar Tracks and Isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 27.

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

Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A., Bragaglia, A., Balaguer-Núñez, L., Soubiran, C., Bossini, D., Moitinho, A., 2018, A Gaia DR2 View of the Open Cluster Population in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics,* 618, 16.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., 2020, Clusters and Mirages: Cataloguing Stellar Aggregates in the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 633, A99, 22.

Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., Jordi, C., Romero-Gómez, M., Soubiran, C., Casamiquela, L., Tarricq, Y., 2020, Painting a Portrait of the Galactic Disc with Its Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 640, A1, 17.

Cantat-Gaudin, T., 2022, Milky Way Star Clusters and Gaia: A Review of the Ongoing Revolution, *Universe*, 8, 111.

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

Carollo, D., Beers, T.C., Lee, Y.S., Chiba, M., Norris, J., Wilhelm, R., Sivarani, T., Marsteller, B., 2007, Two Stellar Components in the Halo of the Milky Way, *Nature*, 450.

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

Carraro, G., 2006, Open Cluster Remnants: An Observational Overview, *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 34, 153.

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.

Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Julbe, F., Morvan, M., Balaguer-Nunez, 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, 18.

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, 10.

Castro-Ginard, A., McMillan, P. J., Luri, X., Jordi, C., Romero-Gomez, M., Cantat-Gaudin, T., Casamiquela, L., Tarricq, Y., Soubiran, C., Anders, F., 2021, Milky Way Spiral Arms from Open Clusters in Gaia EDR3, *Astronomy and Astrophysics*, 625,162.

Chabrier, G., 2005, The Initial Mass Function: From Salpeter 1955 to 2005, *Published by Springer*, 41.

Chen, B. Q., Liu, X. W., Yuan, H. B., Robin, A. C., Huang, Y., Xiang, M., Wang, C., Ren, J. J., 2017, Constraining the Galactic Structure Parameters with the XSTPS-GAC and SDSS Photometric Surveys, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 464, 2545.

Chen, Y. Q., Nissen, P. E., Zhao, G., Zhang, H. W., Benoni, T., 2000, Chemical Composition of 90 F and G Disk Dwarfs, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 141, 491.

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, 15.

Coşkunoğlu, B., Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., ve diğ., 2011, Local Stellar Kinematics from RAVE Data - I. Local Standard of Rest, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 412, 1237.

Curtis, H. D., 1917, Absorption Effects in the Spiral Nebulae, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 12, 678.

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.

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, 8.

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 Slusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 473, 849.

Du, C., Zhou, X., Ma, J., Chen, A. B, Yang, Y., Li, J., Wu, H., Jiang, Z., Chen, J., 2003, Galactic Structure Studies with BATC Star Counts, *Astronomy and Astrophysics*, 407, 541.

Du, C., Ma, J., Wu, Z., Zhou, X., 2006, Galactic Structure Studies from the Beijing–Arizona–Taiwan–Connecticut Survey, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 372, 1304.

Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., Soydugan, F., Steer, I., Soydugan, E., Bakış, H., Aliçavuş, F., 2018, Interrelated Main-Sequence Mass-Luminosity, Mass-Radius, and Mass-Effective Temperature Relations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 479, 5491.

Eker, Z., Soydugan, F., Bilir, S., Bakış, V., Aliçavuş, F., Özer, S., Aslan, G., Alpsoy, M., Köse, Y., 2020, Empirical Bolometric Correction Coefficients for Nearby Main-Sequence Stars in the Gaia Era, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496, 3905.

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

Eskridge, P. B., Frogel J. A., Pogge, R. W., Quillen, A. C., Davies, R. L., DePoy, D. L., Houdashelt, M. L., Kuchinski, L. E., 2000, The Frequency of Barred Spiral Galaxies in the Near-Infrared, *The Astronomical Journal*, 119, 536.

Fitzgerald, M. P., 1970, The Intrinsic Colours of Stars and Two-Colour Reddening Lines, *Astronomy and Astrophysics*, 4, 234.

Freeman, K., 1987, The Galactic Spheroid and Old Disk, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics,* 25, 603.

Freeman, K., Hawthorn J., 2002, The New Galaxy: Signatures of Its Formation, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 40, 487.

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.

Fuhrmann, K., 2008, Nearby Stars of the Galactic Disc and Halo – IV, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 384, 173.

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, 23.

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, 22.

Gaia işbirliği, Brown, W. R., Lattanzi, M. G., Kenyon, S. J., Geller, M. J., ve diğ., 2021, Gaia Early Data Release 3, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A1, 20.

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, 22.

Galilei, G., 1610, Sidereus Nuncius the Siderel Messenger Ventis, Apud Thoman Baglionum, 1610, *University of Chicago Press*, 1989.

Gallart, C., Bernard, E. J., Brook, C., Ruiz-Lara, T., Cassisi, S., Hill, V., Monelli, M., 2020, Uncovering the Birth of the Milky Way Through Accurate Stellar Ages with Gaia, *The Spanish Astronomical Society*, 137, 18.

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.

Gerhard, O., 2015., Fifty Years of Wide Field Studies in the Southern Hemisphere: Resolved Stellar Populations of the Galactic Bulge and Magellanic Clouds, *Astronomical Society of the Pacific*, 461, 169.

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.

Hamadache, C., Le Guillou, L., Tisserand, P., Afonso, C., Albert, J. N., Andersen, J., Ansari, R., Aubourg, E., 2006, Galactic Bulge Microlensing Optical Depth from EROS-2, *Astronomy and Astrophysics,* 454, 185.

Hao, C. J., Xu, Y., Hou, L. G., Bian, S. B., Li, J. J., Wu, Z. Y., He, Z. H., Li, Y. J., Liu, D. J., 2021, Evolution of the Local Spiral Structure of the Milky Way Revealed by Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, A102, 9.

Hao, C. J., Xu, Y., Wu, Z. Y., Lin, Z. H., Bian, S. B., Li, Y. J., Liu, D. J., 2022, Open Clusters Housing Classical Cepheids in Gaia DR3, *Astronomy and Astrophysics*, 668, A13, 13.

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

Heinze, A. N., Tonry, J. L., Denneau, L., Flewelling, H., Stalder, B., Rest, A., Smith, K. W., Smartt, S. J., Weiland, H., 2018, A First Catalog of Variable Stars Measured by the Asteroid Terrestrial-Impact Last Alert System (ATLAS), *The Astronomical Journal*, 156, A241, 49.

Henden, A. A., Kaitchuck, R., 1990, *Astronomical Photometry: A Text and Handbook for the Advanced Amateur and Professional Astronomer*, Richmond, Va.: Willmann-Bell, c1990.

Hernquist, L., 1990, An Analytical Model for Spherical Galaxies and Bulges, *Astrophysical Journal*, 356, 359.

Herschel, W., 1785, On the Construction of the Heavens, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London,* 75, 213.

Hertzsprung E., 1911, Ueber die Verwendung Photographischer Effektiver Wellenlaengen zur Bestimmung von Farbenaequivalenten, *Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam*, 22, 1.

Hog, E., Fabricius, C., Makarov, V. V., Bastian, U., Schwekendiek, P., Wicenec, A., Urban, S., Corbin, T., Wycoff, G., 2000, Construction and Verification of the Tycho-2 Catalogue, *Astronomy and Astrophysics*, 357, 367.

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.

Hubble, E., 1923, Density Distribution in the Photographic Images of Elliptical Nebulae, *The Astrophysical Journal*, 31, 644.

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, 31.

Janes, K., Meibom, S., Barnes, S., Hoq, S., 2013, Baysesian Analysis of Star Cluster Color-Magnitude Diagrams, *American Astronomical Society*, 221, A250.15.

Jennes, P. A., Helfer, H. L., 1974, Photometric Metal Abundances for Twenty Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 172, 681.

Jia Y. P., Du C. H., W, Zhenyu, Peng, X., Ma, J., Zhou, X., Fan, X., Fan, Z., 2014, Estimation of Absolute Magnitude-Dependent Galactic Model Parameters in Intermediate Latitude with SDSS and SCUSS, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 441, 503.

Johnson, D. R. H., Soderblom, D. R., 1982, Calculating Galactic Space Velocities and Their Uncertainties, with an Application to the Ursa Major Group, *Astronomical Journal*, 93, 864.

Johnson, H. L., Hiltner, W. A., 1956, Observational Confirmation of a Theory of Stellar Evolution, *Astrophysical Journal*, 123, 267.

Johnson, H. L., 1966, Astronomical Measurements in the Infrared, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics,* 4, 193.

Joshi, G. C., 2022, A Near-Infrared and UBVRI Photometric Analysis of the Open Cluster IC 361, *Indian Journal of Physics*, 96, 659.

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

Juric J., Ivezic, E., Brooks, A., Lupton, R. H., Schlegel, D., Finkbeiner, D., Padmanabhan, N., Bond, N., 2008, The Milkyway Tomography with SDSS. I. Stellar Number Density Distrubition, *The Astronomical Journal*, 673, 864.

Kant, I., 1755, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, Zeitz, Bei W. Webel, 1798. Neue aufl.

Kapteyn, J. C., 1922, First Attempt at a Theory of the Arrangement and Motion of the Sidereal System, *Astrophysical Journal*, 55, 302.

Karaali, S., Bilir, S., Karataş, Y., Ak, S. G., 2003, New Metallicity Calibration Down to [Fe/H]=-2.75 dex, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 20, 165.

Karaali, S., Bilir, S., Tunçel, S., 2005, New Colour Transformations for the Sloan Photometry, and Revised Metallicity Calibration and Equations for Photometric Parallax Estimation, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 22, 24.

Karaali, S., Bilir, S., Yaz, E., Hamzaoglu, E., Buser, R., 2007, Volume-Limited Dependent Galactic Model Parameters, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 24, 208.

Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoğlu, B., 2011, An Improved Metallicity Calibration with UBV Photometry, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 28, 95.

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., 2004, Astrophysical Supplements to the ASCC-2.5. II. Membership Probabilities in 520 Galactic Open Cluster Sky Areas, *Astronomische Nachrichten*, 325, 740.

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., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R. D., 2013, Global Survey of Star Clusters in the Milky Way. II. The Catalogue of Basic Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A53, 8.

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

King, I. R., 1966, The Structure of Star Clusters. III. Some Simple Dynamical Models, *Astronomical Journal*, 71, 64.

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.

Krone-Martins, A., Moitinho, A., 2014, UPMASK: Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A57, 12.

Kroupa, P., 2001, On the Variation of the Initial Mass Function, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 322, 231.

Kunder, A., Koch, A., Rich, R. M., ve diğ., 2012, The Bulge Radial Velocity Assay (BRAVA). II. Complete Sample and Data Release, *The Astronomical Journal*, 143, A57, 14.

Lada, C. J., Lada, E A., 2003, Embedded Clusters in Molecular Clouds, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 41, 57.

Laird, J. B., Carney, B. W., Latham, D. W., 1988, A Survey of Proper-Motion Stars. III. Reddenings, Distances, and Metallicities, *The Astronomical Journal*, 95, 1843.

Landolt, A. U., 2009, UBVRI Photometric Standard Stars Around the Celestial Equator: Updates and Additions, *The Astronomical Journal*, 137, 4186.

Leiner, Emily M., Geller, A., 2021, A Census of Blue Stragglers in Gaia DR2 Open Clusters as a Test of Population Synthesis and Mass Transfer Physics, *The Astrophysical Journal*, 908, A229, 23.

Liu, L., Pang, X., 2019, A Catalog of Newly Identified Star Clusters in Gaia DR2, *The Astrophysical Journal Supplement Series,* 245, A32, 13.

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

Maciejewski, G., Niedzielski, A., 2007, CCD BV Survey of 42 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics,* 467, 3.

Magrini, L., Viscasillas V. C., Spina, L., Randich, S., Romano, D., Franciosini, E., Recio-Blanco, A., Nordlander, T., 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, 25.

Maiz Apellaniz, J., 2006, A Recalibration of Optical Photometry: Tycho-2, Strömgren, and Johnson Systems, *The Astronomical Journal*, 131, 1184.

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.

Masseron, T., Gilmore, G., 2015, Carbon, Nitrogen and α-Element Abundances Determine the Formation Sequence of The Galactic Thick and Thin Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 453, 855.

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

Mermilliod, J.C., 1981, Comparative Studies of Young Open Clusters- Part Two -an Atlas of Composite Colour-Magnitude Diagrams, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 44, 467.

Mermilliod, J. C., Mayor, M., Udry, S., 2008, Red Giants in Open Clusters. XIV. Mean Radial Velocities for 1309 Stars and 166 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 485, 303.

Minnaert, M. G. J., 1969, Practical Work in Elementary Astronomy, *Practical Work in Elementary Astronomy*, 270.

Minniti, D., Zoccali, M., 2008, The Galactic Bulge: A Review, Formation and Evolution of Galaxy Bulges, Proceedings of the International Astronomical Union, *IAU Symposium*, 245, 323.

Miyamoto, M., Nagai, R., 1975, Three-Dimensional Models for the Distribution of Mass in Galaxies, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 27, 533.

Monteiro, H., Barros, D. A., Dias, W. S., Lepine, J. R. D., 2021, The Distribution of Open Clusters in the Galaxy, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 8, 62.

Moraux, E., Bouvier, J., Stauffer, J. R., Barrado, N. D., Cuillandre, J. C., 2007, The Lower Mass Function of the Young Open Cluster Blanco 1: from 30 M_{Jup} to 3 $M_{\odot}$, *Astronomy and Astrophysics,* 471, 499.

Navarro, J. F., Frenk, C. S., White, S. D. M., 1996, The Structure of Cold Dark Matter Halos, *Astrophysical Journal*, 462, 563.

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.

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, 22.

O'Donnell, J. E., 1994, R v-Dependent Optical and Near-Ultraviolet Extinction, *Astrophysical Journal*, 422, 158.

Oswalt, T. D., Gilmore, G., 2013, Planets, Stars and Stellar Systems: Volume 5: Galactic Structure and Stellar Populations, *Springer Netherlands*, 5.

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, 20.

Pantazis, G., 2017, The Astronomical Orientation of Ancient Greek Theatres in Relation to the Topography and the Greek Mythology, *Civil Engineering and Architecture*, 185-192.

Patat, F., Carraro, G., 1995, NGC 7762: A Forgotten Moderate Age Open Cluster, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114, 281.

Pena, J. H., Penicje R., Bravo, H., Yam, O., 1994, uvby-ß Photometry of Open Clusters. II. II NGC 1342, *Revista Mexicana de Astrnomia y Astrofisica*, 28, 7.

Piecka, M., Paunzen, E., 2021, Aggregates of Clusters in the Gaia Data, *Astronomy and Astrophysics*, 649, A54, 12.

Plavchan, P., Jura, M., Kirkpatrick, J. D., Cutri, R. M., Gallagher, S. C., Near-Infrared Variability in the 2MASS Calibration Fields: A Search for Planetary Transit Candidates, 2008, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 175, 191.

Popowski, P., Griest, K., Thomas, C. L., Cook, K. H., Bennett, D. P., Becker, A. C., Alves, D. R., Minniti, D., 2005, Microlensing Optical Depth toward the Galactic Bulge Using Clump Giants from the MACHO Survey, *The Astrophysical Journal*, 631, 879.

Prieto, C. A., 2009, The Stellar Population of the Thin Disk, Proceedings *IAU Symposium*, 265.

Qin, S., Zohng, J., Tang, T., Chen, L., 2022, Hunting for Neighboring Open Clusters with Gaia DR3:101 New Open Clusters within 500 pc, *Solar and Stellar Astrophysics*, 661, A118, 32.

Randich, S., Tongelli 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, 22.

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.

Recio-Blanco, A., de Laverny, P., Kordopatis, G., Helmi, A., ve dig., 2014, The Gaia-ESO Survey: The Galactic Thick to Thin Disc Transition, *Astronomy and Astrophysics*, 567, A5, 21.

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. 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.

Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., Zheng, X. W., Dame, T. M., Xu, Y., Li, J., Sakai, N., 2015, Trigonometric Parallaxes of High-Mass Star-Forming Regions: Our View of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 885, 131.

Robinson, B., Hudson M. J., Cuillandre, J. C., Erben, T., Fabbro, S., Gavazzi, R., Guinot, A., Gwyn, S., 2022, The Shape of Dark Matter Haloes: Results from Weak Lensing in the Ultraviolet Near-Infrared Optical Northern Survey (UNIONS), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 523, 1628.

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.

Rook, A., Bershady, M.A., 2013, Near-Infrared Detection of A Super-Thin Disk in NGC 891, *The Astrophysical Journal,* 773, 45.

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.

Salpeter, E. E., 1955, The Luminosity Function and Stellar Evolution, *Astrophysical Journal*, 121, 161.

Sandage, A., 1957, Observational Approach to Evolution. I. Luminosity Functions, *Astrophysical Journal*, 125, 422.

Sandage, A., 1969, New Subdwarfs II. Radial Velocities, Photometry and Preleminary Space Motions for 112 Stars with Large Proper Motion, *Astrophysical Journal*, 158, 1115.

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

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, A.45.

Schmidt-Kaler, Th., 1982, Automated Spectral Classification. A Survey, *Bulletin d'Information du Centre de Donnees Stellaires*, 23, 2.

Schuster, W. J., Moreno, E., Nissen, P. E., Pichardo, B., 2012, Two Distinct Halo Populations in the Solar Neighborhood. III. Evidence from Stellar Ages and Orbital Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 538, A21, 18.

Searle, L., Zinn, R., 1978, Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo, *Astrophysical Journal*, 225, 357.

Shapley, H., 1919, On the Existence of External Galaxies, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*,183, 261.

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.

Skowron, D. M., Skowron, J., Mróz, P., Udalski, A., Pietrukowicz, P., Soszyński, I., Szymański, M. K., Poleski, R., 2018, A three-Dimensional Dap of the Milky Way Using Classical Cepheid Variable Stars, *Science*, 365, 478.

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.

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, 11.

Sparavigna, A., 2008, The Pleiades: The Celestial Herd of Ancient Timekeepers, *History and Philosophy of Physics*.

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

Stott, J. J., 2018, Determining Open Cluster Membership. A Bayesian Framework for Quantitative Member Classification, *Astronomy and Astrophysics*, 609, A36, 10.

Strobel, A., 1991, An Observational Age-Metallicity Relation for the Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 247, 35.

Strobel, A., Poland, T., 1991, Metallicities of Open Clusters, *Astronomische Nachrichten*, 312, 177.

Sumi, T., Woźniak, P. R., Udalski, A., Szymański, M., Kubiak, M., Pietrzyński, G., Soszyński, I., Żebruń, K., 2006, Microlensing Optical Depth toward the Galactic Bulge Using Bright Sources from OGLE-II, *The Astrophysical Journal*, 636, 240.

Sung, H., Bessell, M. S., 1999, UBVI CCD Photometry of M 35 (NGC 2168), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 306, 361.

Sung, H., Bessell, M. S., Lee, B., Lee, S., 2002, The Open Cluster NGC 2516. I. Optical Photometry, *The Astronomical Journal*, 123, 290.

Sung, H., Lim, B., Bessell, M. S., Kim, J.S., Hur, H., Chun, M., Park, B., 2013, Sejong Open Cluster Survey (SOS). *Target Selection and Data Analysis, Journal of the Korean Astronomical Society*, 46, 103.

Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., Cantat-Gaudin, T., Chemin, L., Anders, F., Antoja, T., Romero-Gómez, M., 2021, 3D Kinematics and Age Distribution of the Open Cluster Population, *Astronomy and Astrophysics*, 647, A19, 15.

The Event Horizon Telescope işbirliği, Akiyama, K., Alberdi, A., Alef, W., ve diğ., 2022, First Sagittarius A, Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole in the Center of the Milky Way, *The Astrophysical Journal Letters*, 930, L12.

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.

Van den Bergh, S., 1958, Old Galactic Clusters. With 1 Figure in the Text, *Zeitschrift für Astrophysik*, 46, 176.

Van Der Kruit, P.C., Freeman, K.C., 2011, Galaxy Disks, *The Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 49, 301.

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

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.

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, 11.

Walker, A. R., Terndrup, D. M., 1991, The Metallicity of RR Lyrae Stars in Baade's Window, *Astrophysical Journal*, 378, 119.

Wan J. C., Liu C., Deng L. C., 2017, Red Clump Stars from LAMOST II: The Outer Disc of the Milky Way Research, *Astronomy and Astrophysics*,17, A79, 10.

Wang, S., Chen, X., 2019, The Optical to Mid-infrared Extinction Law Based on the APOGEE, Gaia DR2, Pan-STARRS1, SDSS, APASS, 2MASS, and WISE Surveys, *The Astrophysical Journal*, 877, 116.

Wegger, C., Gerhard, O., 2013, Mapping the Three-Dimensional Density of the Galactic Bulge with VVV Red Clump Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 435, 3.

Weiland, J. L., Arendt, R. G., Berriman, G. B., Dwek, E., Freudenreich, H. T., Hauser, M. G., Kelsall, T., Lisse, C. M., 1994, Diffuse Infrared Background Experiment Observations of The Galactic Bulge, *Astrophysical Journal*, 425,2.

Wharton, H. T., 1887, Book on Sappho published on *British Birds*.

Whitmore, B. C, Chandar, R., Bowers, A. S., Larsen, S., 2014, The Luminosity Function of Star Clusters in 20 Star-forming Galaxies Based on Hubble Legacy Archive Photometry, *The Astronomical Journal*, 147, 78.

Wu, Z.-Y., Zhou, X., Ma, J., Du, C.-H., 2009, The Orbits of Open Clusters in the Galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 399, 2146.

Yanny, B., Rockosi, C., Newberg, H. J., Knapp, G. R., 2009, SEGUE: A Spectroscopic Survey of 240,000 Stars with g = 14-20, *The Astronomical Journal*, 137, 4377.

Yaz, E., Karaali, S., 2010, Estimation of Galactic Model Parameters and Metalicity Distribution in Intermediate Latitudes with SDSS, *New Astronomy*, 15, 234.

Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., Ak, T., Karaali, S., Güver, T., Ak, S., Duran, Ş., Paunzen, E., 2015, CCD UBVRI Photometry of NGC 6811, *Astrophysics and Space Science*, 355, 267.

Yontan, T., 2023, An Investigation of Open Clusters Berkeley 68 and Stock 20 Using CCD UBV and Gaia DR3 Data, *The Astronomical Journal*, 165, A79, 20.

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.

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

Zacharias, N., Finch, C. T., Girard, T. M., Henden, A., Bartlett, J. L., Monet, D. G., Zacharias, M. I., 2013, *The Astronomical Journal*, 145, A44, 14.

Zacharias, N., Urban, S. E., Zacharias, M. I., Wycoff, G. L., Hall, D. M., Monet, D. G., Rafferty, T. J., 2004, The Second US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC2), *The Astronomical Journal*, 127, 3043.

Zhao, G., Zhao, Y. H., Chu, Y. Q., Jing, Y.P., 2012, LAMOST Spectral Survey — An overview, *Research in Astronomy and Astrophysics*,12, 723.

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, 12.

Zhong, J., Chen, L., Jiang, Y., Qin, S., 2022, New Insights into the Structure of Open Clusters in the Gaia Era, *The Astronomical Journal*, 164, A54, 10.

ÖZGEÇMİŞ

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

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Ankara Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay bilimleri
Mezuniyet Yılı	06.06.2007

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

Yontan, T., Çakmak, H., Bilir, S., Banks, T., Raul, M., Canbay, R., Koç, S., Taşdemir, S., Erçay, H., Tanık Öztürk, B., 2022, *Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica*, 58, 333-353.

Yontan, T., Göğüş, E., Bilir, S., Dursun, D. C., Tanık Öztürk, B., Canbay, R., Özel, C., 2022, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 3, 1-7.

Bilir, S., Göğüş, E., Soydugan, F., Dursun, D. C., Tanık Öztürk, B., Canbay, R. Özel, C., 2023, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 4, 273-277.