

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KİNG 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE  
ASTROMETRİK ANALİZİ**

**SEVİNÇ GÖKMEN**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**KİNG 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE  
ASTROMETRİK ANALİZİ**

**SEVİNÇ GÖKMEN**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZİRAN 2023**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİNG 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE  
ASTROMETRİK ANALİZİ**

**SEVİNÇ GÖKMEN**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından  
113F270 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**HAZİRAN 2023**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİNG 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE  
ASTROMETRİK ANALİZİ**

**SEVİNÇ GÖKMEN**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 15/06/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Zeki EKER (Danışman)  
Prof. Dr. Volkan Bakış  
Dr. Öğr. Üyesi TALAR YONTAN]

## ÖZET

### KING 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE ASTROMETRİK ANALİZİ

Sevinç GÖKMEN

Yüksek Lisans Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Zeki EKER

Haziran 2023;54 sayfa

Yüksek lisans tez çalışmasında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin CCD UBV gözlemleri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevindeki 100-cm ayna çaplı T100 teleskobuyla gerçekleştirilmiştir. Sayısal değerlere dönüştürülen fotometrik veriler ile *Gaia* DR3 fotometrik ve astrometrik verileri bir arada kullanılmıştır. Analizler sonucunda incelenen iki açık kümenin yapısal, astrometrik ve temel astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. İki kümenin güncel *Gaia* DR3 verileriyle analizi ilk defa bu tez çalışmasında gerçekleştirilmiş ve elde edilen astrofizik parametreleri güncellenmiştir. Astrofizik parametrelerin tayininde güncel, yeni olarak bağımsız yöntemler kullanılmıştır. Bu durum, olası parametre dejenerasyonluğunu engellemekle birlikte, iki kümenin duyarlı astrofizik parametrelerinin tayininin yapılmasını sağlamıştır. Tez çalışmasında King 6 açık kümesinin renk artığı  $E(B-V) = 0.515 \pm 0.030$  kadir, metal bolluğu  $[Fe/H] = 0.02 \pm 0.06$  dex, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $d = 723 \pm 38$  pc ve  $t = 200 \pm 20$  Myıl elde edilmiştir. NGC 1605'in renk artığı  $E(B-V) = 0.840 \pm 0.054$  kadir, metal bolluğu  $[Fe/H] = 0.01 \pm 0.05$  dex, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $d = 3054 \pm 262$  pc ve  $t = 400 \pm 50$  Myıl tayin edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Yöntemler: Gözlemsel, iki-renk ve renk-parlaklık diyagramları, açık kümeler: King 6 ve NGC 1605

**JÜRİ:** Prof. Dr. Zeki EKER

Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Talar YONTAN

## ABSTRACT

### PHOTOMETRIC AND ASTROMETRIC ANALYSIS OF KING 6 AND NGC 1605 OPEN CLUSTERS

Sevinç GÖKMEN

MSc Thesis in Uzay Bilimleri ve Teknolojileri

Supervisor: Prof. Dr. Zeki EKER

June 2023;54 pages

In this thesis, the CCD UBV observations of the open clusters King 6 and NGC 1605 were performed using the 100-cm mirror diameter T100 telescope at TÜBİTAK National Observatory. Photometric data which were converted to numerical values were used together with *Gaia* DR3 photometric and astrometric data. As a result of the analysis of the two open clusters, the structural, astrometric, and fundamental astrophysical parameters were determined. The analysis of the two clusters with recent *Gaia* DR3 data was carried out for the first time in this thesis and the astrophysics parameters were updated. To determine astrophysical parameters, independent methods were utilized as different from the literature. While this avoided possible parameter degeneration, it allowed the determination of reliable astrophysical parameters of the two clusters. In this study for the King 6 open cluster, we determined the color excess as  $E(B-V) = 0.515 \pm 0.030$  mag, metallicity as  $[Fe/H] = 0.02 \pm 0.06$  dex, distance and age as  $d = 723 \pm 38$  pc and  $t = 200 \pm 20$  Myr, respectively. For the NGC 1605 estimated color excess was  $E(B-V) = 0.840 \pm 0.054$  mag, metallicity was  $[Fe/H] = 0.01 \pm 0.05$  dex, distance and age were  $d = 3054 \pm 262$  pc and  $t = 400 \pm 50$  Myr, respectively.

**KEYWORDS:** Methods: observational, two-color and color-magnitude diagrams, open clusters: King 6 and NGC 1605

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Zeki EKER

Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

Asst. Prof. Dr. Talar YONTAN

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmalarım süresince derin bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren, her koşulda desteğini esirgemeyen, bilim insanlığı ve eğitimlik konularında örnek olan, değerli danışmanım, Prof. Dr. Zeki EKER'e,

Gerek lisans gerek yüksek lisans eğitimim ve gerekse tez çalışmalarım esnasında akılcı düşünce ve araştırmacı bilim insanlığı ile örnek aldığım ve bu süreçte her türlü katkıyı esirgemeyen Prof. Dr. Selçuk BİLİR'e,

Amerika Birleşik Devletleri'nde yüksek lisans eğitimim esnasında tanışma imkânı bulduğum, yapıcı desteği ile çalışmalarımında motive eden Florida Atlantic Üniversitesi'nin değerli öğretim görevlisi olan Prof. Ata SARAJEDİNİ'ye,

Yüksek lisans eğitimimim ve tez çalışmalarım esnasında hem galaktik kümeler ile ilgili bilgi ve birikimini koşulsuz paylaşan, hem de moral olarak her zaman yanımda olan arkadaştan öte dostum Dr. Öğr. Üyesi Talar YONTAN'a,

Tez kümelerimin gözlemlerimin gözlemcisi olan, gözlemler hakkında bilimsel bilgi birikimlerini paylasan Prof. Dr. Tansel AK'a,

Bana tez çalışmalarım esnasında yanımda olarak motive eden canım arkadaşlarım Remziye CANBAY ve Seval TAŞDEMİR'e

Bu çalışmayı 113F270 proje numarasıyla destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK),

Benim her zaman arkamda olan, maddi manevi desteğini esirgemeyen, onlara sahip olmakla kendimi çok şanslı bir birey olarak gördüğüm canım aileme,

Her zaman yanımda olan, koşulsuz desteği sayesinde daha da güçlü hissetmemi sağlayan canım eşim, yol arkadaşım Abdurrahman YILMAZ'a

Teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
AKADEMİK BEYAN .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK TARAMASI .....	4
2.1. Galaksimizdeki Açık Kümeler.....	5
2.2. Açık Kümelerin Temel Parametreleri .....	8
2.3. <i>Gaia</i> Uydusu .....	12
3. MATERYAL VE METOT .....	16
3.1. Gözlemler .....	16
3.1.1. Standart yıldız alanı ve açık küme gözlemleri.....	17
3.2. Fotometrik Analizler .....	17
3.2.1. CCD kalibrasyonları .....	17
3.2.2. Standart alan yıldız fotometrisi.....	19
3.2.3. Mutlak fotometri.....	20
3.2.4. Açık kümelerin fotometrik ve astrometrik kataloglarının oluşturulması ....	21
3.3 Açık Kümelerin Fotometrik ve Astrometrik Analizleri .....	22
3.3.1 Küme doğrultusundaki yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının tayini .....	22
3.3.2. Küme doğrultusundaki renk artığının tayini.....	23
3.3.3. Kümelerin metal bolluğu tayini .....	24
3.3.4. Kümelerin uzaklık ve yaş tayini .....	25
4. BULGULAR.....	27
4.1. Kümelerin Fotometrik Analizi .....	28



4.2. Kümelerin Yapısal Parametreleri .....	30
4.3. Kümelerin Üye Yıldızları .....	31
4.4. Kümelerin Astrofizik Parametrelerinin Tayini.....	35
4.4.1. Renk Artıkları .....	36
4.4.2. Metal Bolluğu .....	37
4.4.3. Uzaklık Modülleri Ve Yaşları .....	38
5. TARTIŞMA .....	41
6. SONUÇLAR .....	46
7. KAYNAKLAR .....	47
ÖZGEÇMİŞ	

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “KİNG 6 VE NGC 1605 AÇIK KÜMELERİNİN FOTOMETRİK VE ASTROMETRİK ANALİZİ” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

15/06/2023

Sevinç GÖKMEN

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$A_V$	: $V$ bandındaki sönmleme miktarı (kadir)
$b$	: Johnson $B$ bandı âletsel kadiri
$b$	: Galaktik enlem (derece)
$d$	: uzaklık (pc)
$B-V$	: $B-V$ renk indeksi (kadir)
$C$	: Gecelik sönmleme sabit
$E(B-V)$	: Johnson $B-V$ renk artığı (kadir)
$E(U-B)$	: Johnson $U-B$ renk artığı (kadir)
$k$	: Birinci mertebe sönmleme katsayıları
$k'$	: İkinci mertebe sönmleme katsayıları
$\ell$	: Galaktik boylam
$M_{\odot}$	: Güneş kütlesi
[Fe/H]	: Göreli demir bolluğu
$M_V$	: Johnson $V$ bandı için Mutlak parlaklık (kadir)
$r$	: Küme merkezinden uzaklık
$r_c$	: Kümenin etkin yarıçapı
$t$	: Küme yaşı (yıl)
$u$	: Johnson $u$ bandı âletsel kadiri
$U-B$	: $U-B$ 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)
$G$	: <i>Gaia</i> $G$ bandı görünen parlaklığı
$v$	: $v$ bandı âletsel kadiri
$X$	: Hava kütle değeri

$X, Y$	: CCD görüntüsü üzerindeki kaynakların piksel koordinatları
$Z$	: Ağır element bolluğu
$\text{Å}$	: Angström
$\alpha$	: Standart sisteme dönüşüm katsayılarını
$\alpha_{2000}$	: Epos 2000 için sağ açıklık
$\delta_{2000}$	: Epos 2000 için dik açıklık
$\delta(U-B)$	: Morötesi fazlalık (renk artığı farkı) (kadir)
$\delta(U-B)_{0.6}$	: $B-V=0.6$ için normalize edilen morötesi fazlalık (kadir)
$\sigma_c$	: Küme yıldızlarının öz hareket dispersiyonu
$\sigma_V$	: $V$ bandındaki ortalama hata
$\sigma_{U-B}$	: $U-B$ rengi için ortalama hata
$\sigma_{B-V}$	: $B-V$ rengi için ortalama hata
$\lambda$	: Dalgaboyu
$\Delta\lambda$	: Band genişliği
$\mu$	: Uzaklık modülü
$\xi$	: Gözlenen yıldız alan merkezinin zenit uzaklığı
$\chi$	: Ki-kare değeri
$\rho$	: Yıldız yoğunluğu
$P$	: Bir yıldızın kümeye üyelik olasılığı

## **Kısaltmalar**

<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>DIONYSOS</b>	: Disc Optical Near-Infrared Stellar Object Spectroscopy
<b>e<sup>-</sup></b>	: Elektron
<b>ESA</b>	: European Space Agency
<b>ESO</b>	: European Southern Observation
<b>Gaia</b>	: Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
<b>Gyl</b>	: Milyar yıl
<b>HR</b>	: Hertzsprung-Russell
<b>IDL</b>	: Interactive Data Language
<b>IRAF</b>	: Image Reduction and Analysis Facility (Görüntü İndirgeme ve Analiz Programı)
<b>km</b>	: Kilometre
<b>kpc</b>	: Kiloparsek
<b>mas</b>	: Mili yay saniyesi
<b>Myıl</b>	: Milyon yıl
<b>NGC</b>	: New General Catalogue
<b>PARSEC</b>	: Padova And Trieste Stellar Evolution Code
<b>pc</b>	: Parsek
<b>PPMXL</b>	: Position and Proper Motion Extended-L
<b>PSF</b>	: Point Spread Function (Nokta Yayılım Fonksiyonu)
<b>Python</b>	: Python Programlama Dili
<b>SExtractor</b>	: Software for source extraction
<b>SIMBAD</b>	: Set of Identifications, Measurements and Bibliography for Astronomical Data
<b>SDSS</b>	: Sloan Digital Sky Survey
<b>sn</b>	: Saniye

<b>S/N</b>	: Sinyal/Gürültü oranı
<b>TUG</b>	: TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi
<b>T100</b>	: TUG yerleşkesindeki 100 cm ayna çaplı teleskop
<b>UCAC</b>	: USNO CCD Astrograph Catalog
<b>ZAMS</b>	: Zero Age Main Sequence (Sıfır Yaş Anakolu)
<b>2MASS</b>	: Two Micron All-Sky Survey (İki Mikron Gökyüzü Taraması)
<b>WEBDA</b>	: Açık kümeler için elektronik veri tabanı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.1.** Perseus takımyıldızındaki M34 açık kümesinin optik bölgede alınmış bir görüntüsü. .... 2
- Şekil 2.1.** Hao vd'nin (2021) kataloğundan seçilen 3,800 açık kümenin Galaktik düzlem üzerindeki konumları. (a) Mavi içi dolu daireler  $t = 20$  Myıl'dan genç kümeleri temsil etmektedir. Galaksi merkezi ve Güneş'in konumu, sırasıyla, kırmızı yıldız ve Güneş sembolü ile gösterilmiştir. Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8.15 kpc olarak alınmıştır (Reid vd. 2019). (b), (c) ve (d) panelleri, sırasıyla,  $20 < t \leq 200$  Myıl,  $200 < t \leq 1000$  Myıl aralığında ve  $t > 1000$  Myıl olan açık kümelerin 6 Galaktik düzlem üzerindeki dağılımlarını ifade etmektedir. .... 6
- Şekil 2.2.** Üç farklı yaş grubundaki yaklaşık 2,000 açık kümenin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla ( $R_{gc}$ ) sayıları arasında (üst panel) ve Galaksi merkezden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemde dik uzaklıklarının ( $z$ ) arasındaki dağılımlar (alt panel). Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8340 pc alınmış ve bu uzaklık gri kesikli çizgiler ile belirtilmiştir. .... 7
- Şekil 2.3.** Berkeley 68'in renk-parlaklık diyagramı (a), küme üyeliği ve çift yıldız etkisinin dikkate alınarak belirlenen küme üyesi yıldızlar (b). Mavi çizgi kümeye fit edilen ZAMS eğrisini kesikli mavi çizgi ise anakol kalınlaşmasını dikkate almak için ZAMS eğrisinin 0.75 kadir parlak bölgesine kaydırılmış halini göstermektedir. Farklı renkteki yıldızlar kümeye üyelik olasılığını göstermektedir. .... 10
- Şekil 2.4.** Anakol, dev yıldızlar ve karacisim (teorik yıldız) kızarma doğrusuna paralel olarak  $(U-B) \times (B-V)$  diyagramında sağa doğru kayar (Arp 1961). .... 11
- Şekil 2.5.** *Gaia* uydusunun temsili görüntüsü. .... 13
- Şekil 2.6.** *Gaia* DR3'te kullanılan  $G$ ,  $G_{BP}$  ve  $G_{RP}$  fotometrik bandlarının geçirgenlik fonksiyonları. Yeşil eğri  $G$ , mavi eğri  $G_{BP}$  ve kırmızı eğri de  $G_{RP}$  filtresini göstermektedir. .... 15
- Şekil 3.1.** Küme gözlemlerinin yapıldığı 100 cm ayna çaplı T100 teleskobu, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi/Bakırlitepe. .... 16
- Şekil 3.2.** TUG'dan gözlemleri yapılan King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin uzun poz süreli  $V$  bandı görüntüleri. .... 19
- Şekil 4.1:** King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin ekvatorial koordinat sistemindeki yıldız haritaları. Şekillerin Şekillerin üst kısımları Kuzey, sol tarafları Doğu yönünü göstermektedir. .... 28
- Şekil 4.2:** King 6 (a ve b) ve NGC 1605 (c ve d) açık kümeleri alanında tespit edilen yıldızların  $V$  ve  $G$  görünen parlaklıklarına göre histogramları. Histogramdaki siyah düz ve kırmızı kesikli çizgiler  $V$  ve  $G$  görünen parlaklık aralıklarındaki yıldız

sayılarını, gri kesikli çizgiler de iki fotometrik sistemdeki tamlık sınırlarını göstermektedir. ....	30
<b>Şekil 4.3:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerinin uzay yoğunluk profilleriyle bu profilleri en iyi ifade eden King model eğrileri (siyah eğri). Taralı gri bölge zemin yoğunluğunu, kırmızı band King profilinin güvenilirlik bölgesini göstermektedir. Yıldız sayı yoğunluklarındaki hatalar Poisson gürültü istatistiğiyle $(1/\sqrt{N})$ hesaplanmıştır. ....	31
<b>Şekil 4.4:</b> King 6 (a-b) ve NGC 1605 (c-d) küme alanlarındaki yıldızlar ile üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olanların $V \times (B-V)$ ve $G \times (G_{BP}-G_{RP})$ renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları. Gri daireler alan yıldızlarını, farklı renkteki daireler kümeye en muhtemel üyeleri temsil etmektedir. Kümenin anakolunun alt tabanını temsil eden sürekli mavi çizgi Sung vd.'ne (2013) ait ZAMS eğrisini, üstte olan kesikli çizgi ise ZAMS'ın çift yıldız etkisi dikkate alınarak 0.75 kadir parlaklaştırılan eğrisini göstermektedir. ....	33
<b>Şekil 4.5:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık küme alanlarındaki tüm nesnelere kümeye üyelik olasılığı (beyaz renk) ve renk-parlaklık diyagramlarıyla etkin yarıçap sınırları içindeki yıldızların üyelik olasılıkları (açık mavi). ....	33
<b>Şekil 4.6:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık küme alanlarındaki yıldızların <i>Gaia</i> DR3 veri tabanından alınan öz hareket bileşenlerine ait grafikleri. Renk ölçekleri yüksek olasılıklı küme yıldızlarını, içi dolu gri daireler ise alan yıldızlarını göstermektedir. Kesikli mavi çizgiler kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini temsil etmektedir. Büyütülmüş kutular içinde farklı renk ölçekleriyle gösterilen yıldızlar kümeye yüksek olasılıklı üye yıldızları göstermektedir. ....	35
<b>Şekil 4.7:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) kümelerine yüksek olasılıklı üye ve rölatif paralaks hataları $\sigma_{\pi}/\pi < 0.2$ olan yıldızlardan oluşturulan trigonometrik paralaks histogramları. Kırmızı kesikli eğri dağılıma geçirilen Gauss fitini göstermektedir. ....	36
<b>Şekil 4.8:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerindeki küme üyeliği yüksek anakol yıldızlardan (gri daireler) oluşturulan <i>UBV</i> sistemindeki iki-renk diyagramları. Şekil üzerindeki kırmızı kesikli çizgi ZAMS eğrisini ve yeşil eğriler de $\pm 1\sigma$ belirsizliğini göstermektedir. ....	38
<b>Şekil 4.9:</b> King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerindeki orta tayf türündeki anakol yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramları (üst panel) ve $(B-V)_0 = 0.6$ kadir renk indeksine normalize edilmiş mor-ötesi artıklarının histogramı (alt panel). Panellerdeki düz çizgiler, sırasıyla, Hyades kümesinin anakolunu ve dağılıma fit edilen Gauss eğrisini ifade etmektedir. ....	39
<b>Şekil 4.10:</b> King 6 (a, b ve c) ve NGC 1605 (d, e ve f) açık kümelerinin $V \times U-B$ , $V \times B-V$ ve $G \times G_{BP}-G_{RP}$ renk-parlaklık diyagramlarıyla yüksek olasılıklı üye yıldızları en iyi temsil eden PARSEC eş-yaş modelleri. Farklı renkteki daireler kümeye üyelik olasılığı $P \geq 0.5$ olan, gri daireler de $P < 0.5$ olan yıldızları, mavi düz çizgi kümelerin uzaklık modülünü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrilerini, yeşil düz çizgiler de yaş tayinindeki belirsizlikleri göstermektedir. ....	40



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin konumları ve gözlem verileri. Kümelerin koordinatları Cantat-Gaudin vd.'den (2020) alınmıştır. ....	19
<b>Çizelge 3.2.</b> Standart yıldız alanı gözlemlerinden hesaplanan birinci ve ikinci mertebe fotometrik sönmüleme katsayıları, standart sisteme dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler. ....	21
<b>Çizelge 4.1:</b> V bandı parlaklıklarına göre tayin edilen fotometrik hatalar. Çizelge verilen $N$ incelenen parlaklık aralığındaki yıldız sayısı, $\sigma_V$ , $\sigma_{U-B}$ , $\sigma_{B-V}$ , $\sigma_G$ , $\sigma_{GBP-GRP}$ , sırasıyla, $V$ , $U-B$ , $B-V$ , $G$ ve $G_{BP-GRP}$ parlaklıklar ve renk indekslerindeki belirsizlikleri göstermektedir. ....	29
<b>Çizelge 4.2:</b> King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yapısal parametreleri. $f_0$ ve $f_{bg}$ , sırasıyla, kümelerin merkezi ve zemin yıldız sayı yoğunluklarını, $r_c$ kümelerin kor yarıçaplarını, $r_{lim}^{obs}$ ve $r_{lim}^{teo}$ gözlemsel ve teorik küme limit yarıçaplarını ve $R^2$ de King modelinin korelasyon katsayısını göstermektedir. ....	31
<b>Çizelge 5.1:</b> King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yapısal ve astrofizik parametreleri. ....	43
<b>Çizelge 5.2:</b> King 6 ve NGC 1605 kümelerinin literatür bilgileriyle tez çalışmasında elde edilen sonuçları. ....	46

## 1. GİRİŞ

Açık kümeler, Galaksimizin diski içinde aynı molekül bulutundan kabaca aynı zamanda oluşmuş, gravitasyon ile birbirine bağlı yıldızların oluşturduğu yıldız gruplarıdır. Galaksimizin halosunda bulunan küresel kümelerin aksine açık kümelerin belirgin bir şekli yoktur. Samanyolunun yapı, oluşum ve evriminde ihmal edilmemesi gereken önemli gök cisimlerindedir. Açık kümelerdeki yıldızlar kabaca Güneş'e aynı uzaklıkta, aynı kimyasal yapıda ve aynı yaşta oldukları kabul edilir. Başlangıç kütle fonksiyonuna bağlı olarak kümedeki yıldızların kütle dağılımları farklılıklar içerir.

Galaksimiz Samanyolunda iki binden fazla açık küme keşfedilmiştir. Elektromanyetik tayfin farklı pencerelerinde sürdürülen gökyüzü tarama programlarıyla özellikle Galaksi disk içinde yıldızlararası ortama gömülü halde bulunan yeni açık kümelerin keşifleri halen yapılmakta ve bilinen açık küme sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Uzay tabanlı uydu gözlemlerinin devreye girmesiyle birlikte açık küme gözlemleri fotometrik, astrometrik ve tayfsal yöntemler ile sürdürülmektedir. Özellikle gözlemlerin uzaydan yapılar hale gelmesi, Dünya atmosferinin bozucu etkilerinin ortadan kaldırılmasında büyük rol oynamıştır. Bu durum uydulardaki küçük aynalı teleskoplar ile daha sönük nesnelere gözlemlerini yapılabilir hale getirmiştir. Ayrıca farklı gözlem tekniklerinin kullanılması astrometrik gözlemlerdeki duyarlılığın artmasına neden olmuştur. Astrometrik gözlemlerdeki doğruluk ve duyarlılığın artması birbirine zayıf çekimsel kuvvetler ile bağlı açık küme üyesi daha sönük yıldızların tespitini kolaylaştırmıştır. Benzer durum tayfsal gözlemler için de geçerlidir. Bir molekül bulutunun çökmesiyle oluşan açık kümelerdeki yıldızların uzay hızlarının da birbirine benzer olması beklenir. Gözlenen açık kümelerin iyi bilinen yöntemler ile araştırılması duyarlı yapısal ve astrofizik parametrelerin tayiniyle birlikte, yıldız oluşumu ve evrimi için oluşturulan modellerin açıklanmasına yardımcı olmaktadır. Şekil 1.1'de genç sayılabilecek 200 Myıl yaşında bulunan M34 açık kümesinin bir görüntüsü yer almaktadır (Meibom vd. 2011).

Açık küme yıldızlarının farklı kütlelerde olması küme üyeleri için oluşturulan renk-parlaklık diyagramında geniş bir parlaklık ve renk aralığında bulunmalarına yol açar. Bu da kütleleri farklı olan ve evriminin farklı aşamalarında bulunan yıldızların teorik evrim modellerinin sınanmasında önemlidir. Gözlemsel fotometrik verilerin yıldız evrim modelleriyle sınanması kümelerin eş-zamanlı renk artıklarının, uzaklık modüllerinin, metal bolluklarının ve yaşlarının tayin edilmesine fırsat verir. Farklı Galaktik bölgelerde bulunan açık kümelerin tek tek bu yöntem ile incelenmesi başta Galaksimizin yapısının ortaya çıkartılmasında önemli rol oynar. Açık kümeler iyi bir uzaklık göstergesi olduklarından Samanyolunun spiral yapısının ve diskinde gözlenen burulmanın açıklanmasında kullanılan en önemli gök cisimlerinden sayılırlar.

Açık kümelerdeki yıldızların geniş ışıltma sınıfı gücü ve tayf türü aralığında olması nedeniyle astronomlar çoğunlukla geniş-bant fotometrik sistemlerini kullanırlar. Açık küme gözlemlerinde *UBVRI* filtrelerinin kullanılmasıyla duyarlı renk artığının hesaplanmasının yanı sıra, yaşı 100 Myıl'dan daha büyük kümelerin fotometrik metal bolluğu da hassas bir şekilde belirlenebilmektedir. Kümelerdeki üye yıldızların Güneş'e uzaklıkları hemen hemen aynı olduğundan benzer yıldızlararası sönükleşmeye veya renk artığına maruz kalırlar. Açık küme doğrultusundaki yıldızlarının  $3000 < \lambda < 4000 \text{ \AA}$  dalgaboyu aralığında tasarlanmış bir filtreyle, *U* bandı gibi, gözlenmesi renk artıklarının

belirlenmesinde önemli bir yere sahiptir. Özellikle *UBV* parlaklıklarından oluşturulan iki-renk diyagramı üzerindeki küme üyesi yıldızların konumları, küme doğrultularındaki renk artıklarının hesaplanmasını sağlar. Bu yöntemin kullanılmasında yıldızlararası kızarmanın etkisinden arındırılmış gözlemsel veya teorik modeller küme yıldızlarıyla karşılaştırılırlar. Karşılaştırma işlemleri  $(U-B) \times (B-V)$  iki-renk diyagramlarındaki kızarma eğrilerine göre yapılır ve bu yöntemle kümenin ortalama renk artığı için gözlem ile modelin en uyumlu olduğu değer belirlenir.



**Şekil 1.1** Perseus takımyıldızındaki M34 açık kümesinin optik bölgede alınmış bir görüntüsü<sup>1</sup>.

Açık kümeyi oluşturan yıldızların kimyasal yapılarının aynı olmasından dolayı astronomlar, elektromanyetik tayfin optik bölgesinde metal çizgilerine hassas filtreler kullanarak kümelerin fotometrik metal bolluklarını hesaplayabilir. Metal bolluğu tayini için kümeye üye orta tayf türünden F-G anakol yıldızlarıyla, fotometrik ve tayfsal olarak çok iyi incelenmiş, Hyades açık kümesinin anakolu (Sandage 1969, Karaali vd. 2003a) iki-renk diyagramları üzerinde karşılaştırılır. Kümenin anakolu Hyades anakoluyla karşılaştırıldığında bir mor-ötesi artık meydana gelir ve bu fark incelenen kümenin metal bolluğunu göstermekle beraber kümenin fotometrik metal bolluğu da morötesi artığın bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

Açık kümelerin Güneş'e olan uzaklıklarının tayin edilmesinde anakol karşılaştırma yöntemi kullanılmaktadır. Anakol karşılaştırma yönteminde geniş bir tayf türü aralığındaki yıldızlar kullanıldığından küme uzaklığı oldukça duyarlı olarak hesaplanır. Ayrıca küme için oluşturulan farklı renk-parlaklık diyagramlarının kullanılması da uzaklığın doğruluğunu ve duyarlılığını artırır. Anakol karşılaştırma yöntemi açık kümelerin geniş bir dalgaboyu aralığında yapılan fotometrik gözlemlerinden farklı renk-parlaklık

<sup>1</sup> <https://asterisk.apod.com/viewtopic.php?t=25161>

diyagramlarının oluşturularak gözlemsel verilerin teorik eğriler ile karşılaştırılması sonucu uzaklık modülünün tayin edilmesine dayanır.

Küme içindeki yıldızlar farklı kütlelerde ve farklı evrim aşamalarında bulduklarından kuramsal eş-yaş eğrileriyle kümelerin yaşları tayin edilmektedir. Literatürde geniş bir metal bolluğu aralığı için oluşturulan kuramsal eş-yaş eğrileri açık kümelerin renk-parlaklık diyagramlarındaki gözlemsel veriler ile karşılaştırılması sonucunda küme yaşları belirlenebilir. Gelişen teknolojiyle birlikte yüksek çözünürlüklü CCD kameraların üretilmesi ve gözlemlerde kullanılmasıyla birlikte sönük yıldızların daha duyarlı gözlemlerinin yapılabilmesi mümkün olmuştur. Büyük teleskoplara bağlı CCD kameraların küme gözlemlerinde devreye girmesiyle kümeye üye daha sönük yıldızların da tespitini sağlamıştır. Böylece açık kümelerin daha duyarlı yapısal ve astrofizik parametrelerinin tayini söz konusu olmuştur. Bu sayede daha sönük küme üyesi yıldızların da incelenebilir hale gelmesi geri tayf türündeki küçük kütleli yıldızların evrim modelleriyle sınanmasına fırsat vermiştir.

Açık kümelerdeki yıldızların tek bir molekül bulutundan oluşması nedeniyle uzay hızları ve yönelim doğrultuları benzer özellikler gösterirler. Küme yıldızlarının Galaksi içindeki spiral yapı, uzun çubuk yapı ve diğer çevresel faktörlerin neden olduğu dinamik tedirginlik sonucunda etkilenmeleri üye yıldızların uzay hızı ve yönelim açılarını etkiler. Yıldızların uzay hızlarının hesaplanmasında tayfsal verilerden elde edilen radyal hız ölçümleri burada kilit bir rol oynar. Tayf gözlemleri fotometrik gözlemlere göre daha fazla zaman gerektirmektedir. Bu nedenle günümüzde tüm yıldızların duyarlı tayf ölçümlerini yapan sistematik olarak sürdürülen tayfsal gökyüzü taramaları bulunmamaktadır. Günümüzde rölatif olarak orta ve derin gökyüzündeki kaynakların radyal hız gözlemleri yapılmadığından küme üyeliklerinin sınanmasında astrometrik yöntemler ile belirlenen öz hareket verileri kullanılmaktadır. Küme üyesi yıldızların tespit edilmesinde, öz hareket bileşenlerinin görünen parlaklığın bir fonksiyonu olarak incelenmesiyle alan yıldızlarından kolaylıkla ayırt edilebilir.

King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri ile ilgili yapılmış çalışmaların sayıca az olması dikkatimizi çekmiş, henüz yapısal ve astrofiziksel parametrelerinin tayin edilmemiş olması bu teze konu olarak seçilmelerine sebep olmuştur. Bu açık kümelerin en olası üyelerinin tespitinde yer tabanlı CCD *UBV* fotometrik verileriyle birlikte *Gaia* uydusunun üçüncü veri sürümündeki (*Gaia* DR3, *Gaia* Collaboration 2022) fotometrik ve astrometrik veriler kullanılmıştır. Kümelerin renk artığı, uzaklık modülü, fotometrik metal bolluğu ve yaş tayininde üyelik olasılığı yüksek yıldızlar dikkate alınmış ve yukarıda bahsedilen bağımsız yöntemler kullanılarak astrofizik parametrelerdeki dejenerasyonunun önüne geçilmiştir.

King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin CCD *UBV* gözlemleri, Bakırlitepe/Antalya yerleşkesinde bulunan TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki 100 cm ayna çaplı teleskop ile gerçekleştirilmiş olup ayrıntılı analizleri yapılmıştır. Gözlemlerden elde edilen fotometrik veriler *Gaia* DR3 veri tabanındaki fotometrik ve astrometrik verileriyle birlikte ele alınarak iki kümenin yapısal ve temel astrofizik parametreleri elde edilmiştir.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Genç yıldız popülasyonunun büyük bir kısmını içeren açık kümeler Samanyolunun üç boyutlu yapısının incelenmesinde ve kimyasal evriminin araştırılmasında en kullanışlı gök cisimlerindedir. Birbirine gravitasyon ile bağlı olduğu anlaşılan küme yıldızlarının astrometrik ve astrofiziksel özellikleri benzerlikler gösterir. Bu da açık kümelerin uzaklık, öz hareket, radyal hız, metal bolluğu ve yaş gibi parametrelerinin bir grup yıldızdan tayin edilmesine ve yıldızlardan tayin edilen parametrelere göre daha duyarlı sonuçlar vermesine olanak sağlar. Galaktik kümeler olarak da bilinen açık kümeler Samanyolunun ince disk bileşenini temsil etmekte ve bu yapının araştırılmasında kullanılmaktadır. Samanyolunda yıldız oluşumu Galaksi diskinin bir bileşeni olan spiral kollarda başlar. Genç yıldız kümelerinin bu bölgelerde bulunması, doğum bölgelerinden çok fazla uzaklaşmadıklarını gösterir. Bu özelliklerinden dolayı Galaksinin spiral kol yapısının haritalanmasında da kullanılırlar (Castro-Ginard vd. 2021, Lada ve Lada 2003, Becker ve Fenkart 1970). Yaşı 20 Myıl'dan genç kümeler Galaksinin spiral kollarında bulunurken daha yaşlı olanlar spiral kolların arasında yer alırlar (Lynga 1982). Ayrıca, Becker ve Fenkart (1970) yaşı 55 Myıl'dan genç, Dias ve Lepine (2005) yaşı 12 Myıl'dan genç olan kümelerin Galaksinin spiral yapısını en iyi şekilde temsil ettiğini belirtmiştir. *Gaia* uydusunun hassas astrometrik verilerinin farklı zamanlarda araştırmacıların kullanıma açılmasıyla Galaksinin spiral yapısı açık kümeler ile araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, yaşı 100 Myıl'dan genç olan açık kümelerin de Galaksinin spiral kollarını temsil ettiği ve Galaktik düzlemden çok fazla ayrılmadığını göstermektedir (Castro-Ginard vd. 2021).

Galaksi diskinde yıldız oluşumları aktif bir şekilde devam ettiği gibi bugün gözlenen açık kümelerde de yıldız evrimi halen devam etmektedir. Yeni oluşan büyük kütleli yıldızlar genç, parlak ve sıcak olmakla birlikte, çevrelerindeki yıldız oluşumundan arta kalan gaz ve toz ile iç içedir. Bu yüzden fotometrik gözlemleri optik bölgede tanımlı, 3900 ve 7000 Å dalgaboyu aralığında yapılan küme analizlerinde yıldızlararası ortamın sönmüş etkileri dikkate alınmalıdır. Ayrıca yıldız oluşum bölgelerinde bulunan açık kümelerin gözlemlerinin yakın kızılötesi bölgede yapılması, yeni doğmuş küme yıldızların tespitini kolaylaştırmaktadır. Kızıl-öte dalga boyları tozdan daha az etkilenir.

Kabaca küresel şekillerinden dolayı açık kümeler gökyüzünde birkaç parsek hacim içinde yoğunlaşan yıldız grupları olarak görülür ve alan yıldızlarından kolaylıkla ayırt edilebilirler. Fakat, Galaktik düzlem civarındaki yıldızlararası ortama gömülü bulunan ve nispeten daha az sayıda yıldızdan teşekkül kümelerin üye yıldızlarını teşhis edebilmek, açık küme çalışmalarında görülen yaygın bir sorundur.

Samanyolunun spiral kollarında bulunan molekül bulutunun çökmesi ve kümenin genç, sıcak, parlak yıldızlarını oluşturmasından sonra artan kalan madde açık kümenin iç ve dış kısımlarında görülen gaz ve toz yapıyı oluşturmaktadır. Galaktik düzlemden devam eden yıldız oluşumları ve kümedeki yıldızların kütlelerinin geniş bir aralıkta bulunması nedeniyle açık kümelerin evrimleri sürmektedir. Galaksi diski içindeki molekül bulutlarının zaman zaman kümeler ile karşılaşması sonucu meydana gelen çekimsel tedirginlikler, küme ve Galaksi içi dinamiği etkiler ve zaman içinde yıldızların birbirine uyguladıkları çekim kuvvetini etkileyerek yıldızların açık kümeden ayrılıp alan yıldızlarına karışmasına, bazen de kümenin yıldızlarını tamamen kaybederek buharlaşmasına neden olur.

Açık küme analizleri yapısal, astrofiziksel ve dinamik çalışmalar açısından önemlidir. Küme yıldızlarının aynı yaş ve aynı kimyasal yapıda bulunması oluştukları molekül bulutunun fiziksel durumuyla ilgili önemli bilgiler verir. Kümelerin ayrıntılı araştırılması başta yıldız evrimi olmak üzere çekirdek tepkimeleri, küme içi yıldız etkileşimleri ve kümelerin dinamik evrimlerinin anlaşılmasına katkı verirken, astrofizik parametreleri duyarlı tayin edilen çok sayıda açık kümenin bir arada incelenmesi de Samanyolunun yapısı, oluşum ve evriminin bir bütün halinde anlaşılmasına olanak sağlar.

## 2.1. Galaksimizdeki Açık Kümeler

Galaksinin farklı bölgelerindeki açık kümelerin konumları yaşlarının bir fonksiyonu olarak birçok çalışmada incelenmiştir (van den Bergh 1958, Bonatto vd. 2006, Buckner ve Froebrich 2013). Yaşı  $t = 200$  Myıl'dan daha genç kümelerin Galaksinin düşük enlemlerinde ve Güneş çemberinin<sup>2</sup> iç kısımlarında yer aldığı, yaşlı açık kümelerin ise Galaksinin yüksek enlemlerinde ve Güneş çemberinin dışındaki ( $R_{gc} > 8$  kpc) bölgelerde bulduklarına tespit edilmiştir (Cantat-Gaudin vd. 2020, Hao vd. 2021).

Düşük Galaktik enlemlerde ve Galaksi merkezi doğrultusunda bulunan açık kümelerin incelenirken alan yıldızlarının zemin sayı yoğunluğu yüksektir. Bu nedenle incelenen açık kümeler, bu bölgelerde bulunan molekül bulutları ve spiral kolların neden olduğu çekimsel etkileşimlere daha çok maruz kalmaktadır. Çekimsel tedirginlikler açık kümedeki yıldızlarının dinamiğinde değişimlere yol açarak daha kısa sürede kümeden ayrılmalarına neden olmaktadır. Samanyolundaki çekimsel tedirginlikler dikkate alındığında, açık kümelerin Galaksi merkezinden uzaklaştıkça ve yüksek Galaktik enlemlere yöneldikçe etkisini yitirdiği tespit edilmiştir. Bu da söz konusu bölgelerde bulunan açık kümelerin çekimsel bakımdan daha az etkilenmesine ve Galaksi merkezi etrafındaki yörüngeleriyle biçimsel yapılarını uzun süre korumalarına imkân vermektedir. Biçimsel yapılarını uzun süre bozulmadan koruyabilen yaşlı açık kümeler genç olanlara göre yaklaşık  $H = 550$  pc gibi büyük yükseklik ölçek değerlerine sahiptirler. Sonuç olarak, genç açık kümeler spiral kol yapısına, yaşlı açık kümeler ise Galaksi diskinin araştırılmasına doğrudan katkı verirler. Ancak, sınırlı bir gözlemsel veriden dolayı, Galaksi diski ve spiral kolların yapısı henüz yeterince incelenememiştir. Açık kümeler iyi bir astrofizik laboratuvar olduklarından Galaktik yapı araştırmalarında en özel gök cisimlerindedir.

Günümüzde *Gaia* gökyüzü taramasının (Gaia Collaboration 2016, 2018, 2020 ve 2021) sağlamış olduğu fotometrik, astrometrik ve sınırlı tayfsal veriler ile açık küme yıldızlarının üyelikleri ortaya çıkartılarak kümelerin yapısal ve astrofiziksel parametreleri oldukça hassas tayin edilebilmektedir (Cantat-Gaudin vd. 2020; Castro-Ginard vd. 2021). Hao vd. (2021), literatürde açık kümelerin fotometrik, astrometrik ve temel astrofizik parametrelerinin derlendiği kataloglardan (Dias vd 2002, 2014, 2021; WEBDA<sup>3</sup>, UCAC4<sup>4</sup>; Kharchenko vd. 2013; 2MASS<sup>5</sup> ve PPMXL<sup>6</sup>; Cantat-Gaudin vd. 2018, 2019, 2020; *Gaia* DR2 ve TGAS<sup>7</sup>) teşhis ettikleri yaklaşık 3,800 açık ve küresel kümenin *Gaia* DR3 veri tabanındaki astrometrik ve fotometrik verilerini belirleyerek listelerindeki

<sup>2</sup> Güneş'in Galaksi merkezi etrafındaki yörüngesi Güneş çemberi olarak bilinmektedir.

<sup>3</sup> <https://webda.physics.muni.cz/>

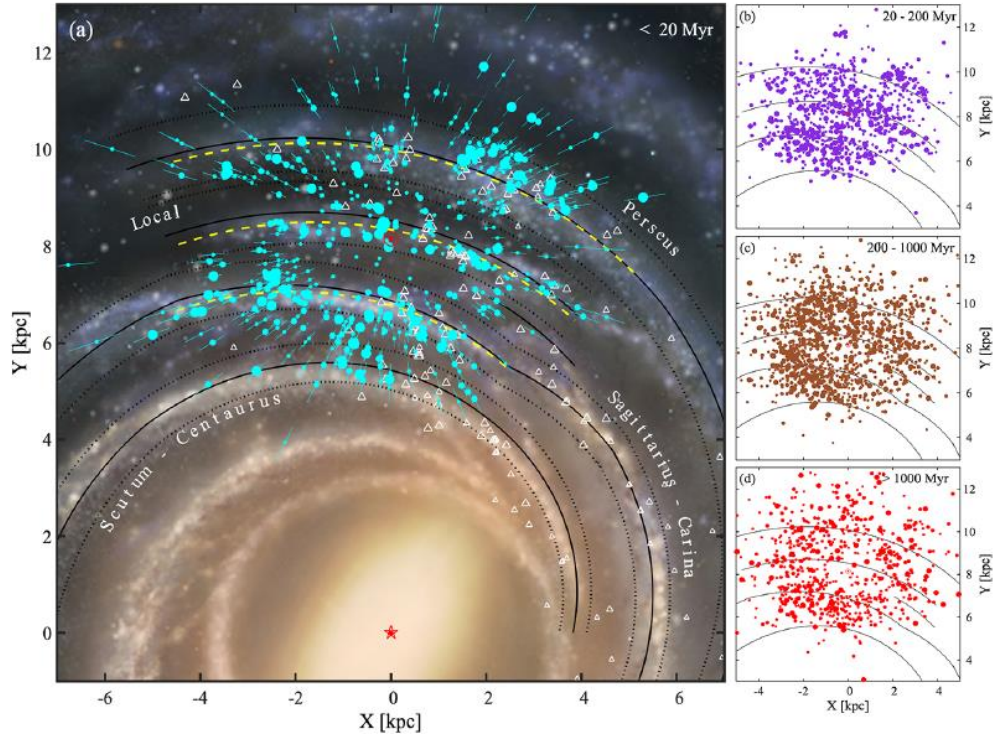
<sup>4</sup> United States Naval Observatory CCD Astrograph Catalog

<sup>5</sup> Two Micron All Sky survey

<sup>6</sup> <https://dc.zah.uni-heidelberg.de/ppmxl/q/cone/info>

<sup>7</sup> Tycho-Gaia Astrometric Solution

kümelere astrofizik parametrelerini güncellemişlerdir. İncelenen kümelere ortalama radyal hız, uzaklık, öz hareket ve yaş parametrelerini hesaplayarak açık kümelere Galaksideki konumlarını yaşlarının bir fonksiyonu olarak araştırmışlar ve yükseklik ölçeğini hesaplamışlardır. Analizlerinde, ortalama yaşı  $\sim 1.5$  Myıl'dan 850 Myıl'a kadar olan açık kümelere yükseklik ölçeği  $H = 42$  pc'ten  $H = 180$  pc'ye kadar arttığı tespit edilmiştir. Hao vd. (2021) 20 Myıl'dan daha genç açık kümelere yükseklik ölçek değerini  $H = 70.5 \pm 2.3$  pc hesaplarken, yaşı 20 ile 100 Myıl arasında olan açık kümelere yükseklik ölçeğini ise  $H = 87.4 \pm 3.6$  pc tayin etmişlerdir. Bununla birlikte aynı araştırmacılar yaşı 1 Gyl'dan büyük açık kümelere yükseklik ölçeklerinin belirgin bir şekilde daha büyük değerlere doğru arttığını göstermişlerdir.



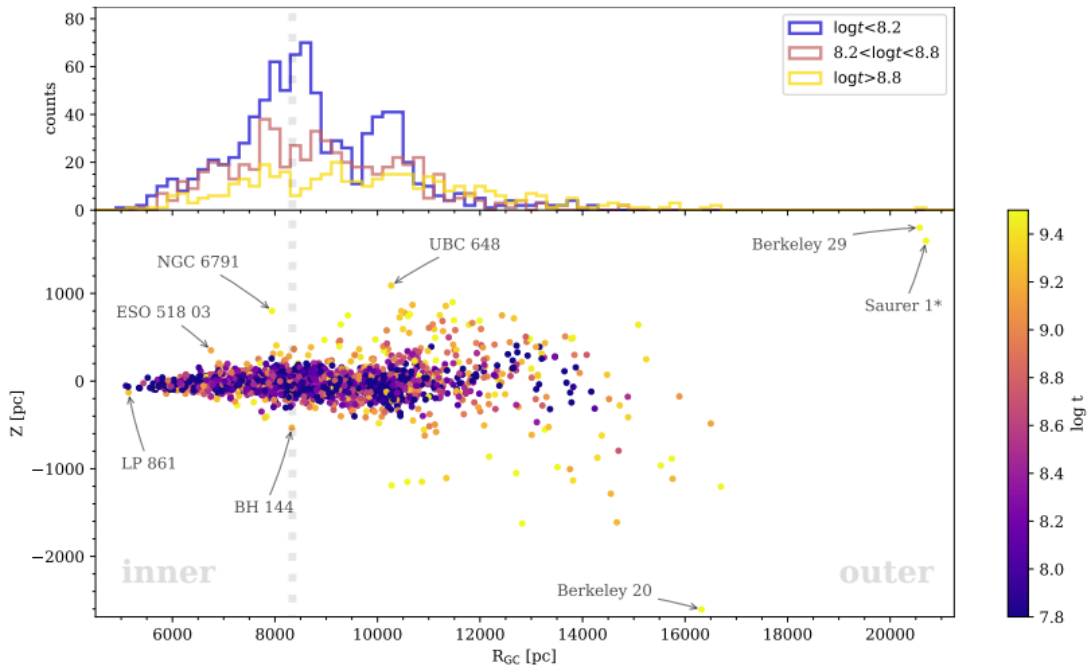
**Şekil 2.1.** Hao vd.'nin (2021) kataloğundan seçilen 3,800 açık kümenin Galaktik düzlem üzerindeki konumları. (a) Mavi içi dolu daireler  $t = 20$  Myıl'dan genç kümelere temsil etmektedir. Galaksi merkezi ve Güneş'in konumu, sırasıyla, kırmızı yıldız ve Güneş sembolü ile gösterilmiştir. Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8.15 kpc olarak alınmıştır (Reid vd. 2019). (b), (c) ve (d) panelleri, sırasıyla,  $20 < t \leq 200$  Myıl,  $200 < t \leq 1000$  Myıl aralığında ve  $t > 1000$  Myıl olan açık kümelere Galaktik düzlem üzerindeki dağılımlarını ifade etmektedir.

Hao vd. (2021) yaşları ve uzaklıkları iyi bilinen yaklaşık 3,800 açık kümeyle Samanyolu düzlemi üzerinde işaretleyerek (Şekil 2.1) uzay dağılımlarını yaşlarının bir fonksiyonu olarak da araştırmışlardır. İncelenen açık kümelere yaşları  $20 < t \leq 1000$  Myıl aralığında bulunduğu tespit edilmiş olup, kümelere 20-200 Myıl (genç), 200-1000 Myıl (orta) ve 1000 Myıl'dan (yaşlı) büyük olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Kümelere farklı yaş gruplarına göre incelendiğinde, çok genç ( $t \leq 20$  Myıl; (a) paneli) ve genç ( $20 < t \leq 200$  Myıl; (b) paneli) yaş grubunda bulunanların çoğunlukla spiral kollar

üzerinde ve yakınlarında konumlandıkları, yaşlı grubundakilerin ise daha çok spiral kollar arasında yer aldıkları belirlenmiştir.

Cantat-Gaudin vd. (2020) yaklaşık 2,000 açık kümede belirledikleri üyelerin *Gaia* DR2 kataloğundaki (Gaia Collaboration 2018) verileri dikkate alarak kümelerin ortalama uzaklık, sönükleşme ve yaşlarını tayin etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada küme yaşları 160 Myıl'dan (genç;  $\log t < 8.2$ ) küçük, 160-630 Myıl (orta yaşlı;  $8.2 < \log t < 8.8$ ) arasında ve 630 Myıl'dan (yaşlı;  $8.8 < \log t$ ) büyük olmak üzere üç gruba ayrılmışlardır. Oluşturdukları katalogda açık kümelerin Galaktik merkezden ( $R_{gc}$ ) ve Galaktik düzleminden uzaklıklarını ( $z$ ) hesaplayarak küme yaşlarının da bir fonksiyonu olarak Şekil 2.2'de gösterilen  $z \times R_{gc}$  düzlemi üzerine işaretlemiştir.

Cantat-Gaudin vd.'nin (2020) oluşturduğu katalogdaki genç ve orta yaşta açık kümeler Güneş çemberi içinde (Galaktik merkeze doğru) yaklaşık  $0 < z \leq 250$  pc uzaklık aralığında bulunurken, Güneş çemberi dışında (Galaksi merkezinden uzaklaşma doğrultusunda) yer alan açık kümeler ise Galaktik düzlemde daha uzaklıkta ( $z > 250$  pc) bulunabildikleri gösterilmiştir. Yaşlı açık kümeler dikkate alındığında, Galaktik düzlemde farklı uzaklıklarda yer aldıkları, genç açık kümelerin ise Galaktik düzlemde fazla uzaklaşmadıkları tespit edilmiştir. Bununla birlikte, Galaktik merkezden 13 kpc uzaklıktaki yaşlı kümelerin Galaksi düzleminden 1500 pc'den daha uzak mesafelerde ve Galaksinin güney yarı küresine doğru bir uzanım gösterdikleri de tespit edilmiştir. Galaksi merkezinden böylesi büyük uzaklıklarda gözlenen bu açık kümeler Galaksi diskindeki burulmayı gösteren iyi gök cisimlerindedir.



**Şekil 2.2.** Üç farklı yaş grubundaki yaklaşık 2,000 açık kümenin Galaksi merkezinden uzaklıklarıyla ( $R_{gc}$ ) sayıları arasında (üst panel) ve Galaksi merkezden uzaklıklarıyla Galaktik düzlemde dik uzaklıklarının ( $z$ ) arasındaki dağılımlar (alt panel). Güneş'in Galaksi merkezinden uzaklığı 8340 pc alınmış ve bu uzaklık gri kesikli çizgiler ile belirtilmiştir.



Günümüzdeki açık küme gözlemleri henüz tüm Galaksiyi içerecek şekilde tasarlanamamaktadır. Bunun nedeni teknolojik yetersizlikler ve açık kümelerin Galaksi diskine gömük olmasından kaynaklanmaktadır (Castro-Ginard vd. 2021). Özellikle yıldızlararası ortamda için yeni doğan genç açık kümeler keşfedilmeyi beklemektedir. Yeni açık küme keşiflerinin yapılabilmesi için uzay tabanlı, orta ve büyük aynalı teleskoplara bağlı kızılötesi bölgedeki fotometrik bandlara ihtiyaç duyulmaktadır. Galaksimizin yapısının ortaya çıkartılması ve kimyasal evriminin araştırılması amacıyla tasarlanan *Gaia* uydusu, özellikle Galaksi astrofiziği alanında devrimsel başarılar imza atmaktadır. *Gaia* uydusu elektromanyetik tayfın optik pencerenin  $3000 < \lambda < 10000 \text{ \AA}$  dalgaboyu aralığında üç geniş band ( $G, G_{BP}, G_{RP}$ ) filtresiyle yıldızların yüksek duyarlılıklı fotometrik, astrometrik ve tayfsal gözlemlerini gerçekleştirmektedir. Özellikle Dünya atmosferinin bozucu etkisi dışında gözlemlerini gerçekleştiren *Gaia* uydusuyla Galaksi içinde incelenen nesnelere hassas trigonometrik paralaks ( $\varpi$ ) ve öz hareket bileşenlerini ( $\mu_{\alpha} \cos \delta, \mu_{\delta}$ ) ölçmektedir. Astrometrik ölçümlerdeki bu hassasiyet özellikle aynı uzay hareketlerini paylaşan açık kümelerdeki üye yıldızların ortaya çıkartılmasında önemli katkı vermiştir. Güncel *Gaia* gözlemleri sayesinde yaklaşık 1,500 civarındaki açık kümenin keşfedilmesi gerçekleşmiştir (Castro-Ginard vd. 2018, 2019, 2020, 2021; Cantat-Gaudin vd. 2019, Bastian 2019, He vd. 2022).

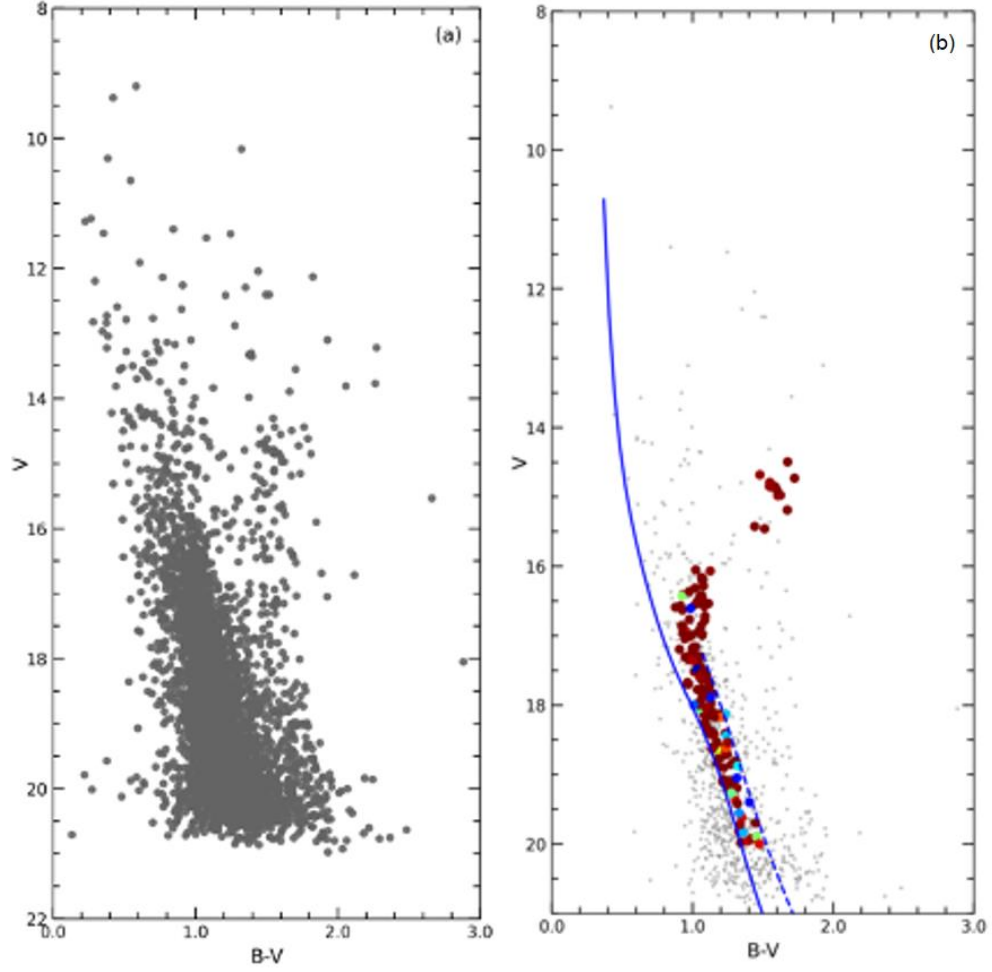
## 2.2. Açık Kümelerin Temel Parametreleri

Açık kümeler içerdikleri yıldız sayısına göre farklı yapısal biçimlerde gözlenirler. Kümelerdeki yıldız sayı yoğunluklarının farklı olması, kümenin yapısal parametresine bağlı olduğundan bu durum kümelerin dinamik evrimlerini de doğrudan etkilemektedir. Benzer kütlede ve yapısal büyüklükleri farklı iki açık kümenin evrimi kümelerin dağılıma süreçlerini de etkiler. Rölatif olarak küçük açık kümelerdeki yıldızların evrimi ve çevrelerinde bulunan diğer açık küme etkileşimleri küme üyesi yıldızların kümeden atılmasına yol açar. Bununla birlikte, büyük boyutlu kümedeki yıldızlar ise Galaksinin gel-git alanı, yaygın molekül bulutları ve spiral kollarda görülen şok dalgalarının etkileşimleriyle yıldızlararası ortama dağılır (Andersen ve Nordström 2000, Patat ve Carraro 1995, Carraro 2006). Açık kümelerin yapısal parametrelerinin tayini ve evrim süreçlerinin anlaşılmasında radyal yoğunluk profillerinin önemi büyüktür. Yoğunluk profillerinin oluşturulmasında açık küme merkezinden itibaren farklı yarıçap aralıklarındaki yıldız yoğunluklarının oluşturulması gerekmektedir. Merkezi koordinatlar ve açısız boyut bir yıldız kümesini tanımlayan temel parametrelerdendir ve küme alanındaki yıldız sayılarından hesaplanabilir. Kümeye üye yıldız sayısı, yıldız alanının yoğunluğu (zemin) ve kümenin gökyüzündeki açısız büyüklüğü kümenin gerçek boyutunun ortaya çıkartılmasında önemlidir. Kümeye üye yıldızların astrometrik yöntemler kullanılarak tespit edilmesi küme boyutlarının yeterli hassasiyette belirlenmesini sağlar. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde küme üyeliklerinin fotometrik ve astrometrik yöntemler kullanılarak gerçekleştirildiği görülmektedir. Kharchenko vd. (2005) fotometrik yöntemler ile gerçekleştirilen küme üyeliklerinin astrometrik yöntemlere göre karşılaştırılması yapıldığında kümelerin iki kat daha büyük bulunduğunu göstermiştir. Açık kümelerde üye yıldızlar için gerçekleştirilen farklı üyelik yönteminin uygulanması elde edilen bulgularda yanlışlıklara neden olmaktadır. Daha doğru ve duyarlı sonuçlara ulaşabilmek için homojen veri setlerinin kullanılması ve duyarlı yöntemler ile verilerin analiz edilmesi gerekmektedir.

Açık kümelerin fotometrik gözlemlerinin analizleriyle oluşturulan iki-renk ve renk-parlaklık diyagramlarının kullanılmasıyla kümelerin temel astrofizik parametreleri olan renk artığı, uzaklık, metal bolluğu ve yaşı tayin edilebilir. Ayrıca, bu iki diyagramların kullanılmasıyla küme alanındaki yıldızların renk uzaylarındaki konumları tespit edilebildiği gibi, farklı türden çift yıldızlar ve ayırık yıldızların keşifleri de yapılabilmektedir. Açık kümelerin temel parametreleri tayin edilmeden önce kümeye üye yıldızların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için radyal hız, öz hareket ve fotometrik ölçümler gibi gözlemsel verilerden ve istatistiksel analizlerden elde edilen parametreler göz önüne alınır. Açık ve küresel kümeler genel olarak yıldız alanlarında göz ile kolaylıkla ayırt edilebilmelerine karşın, kümelerin önünde ve arkasında bulunan alan yıldızlarının sayısı yoğunluklarından oldukça etkilenirler. Küme üyelerinin alan yıldızlarından ayırmak ve en muhtemel üyeleri belirleyebilmek için yıldızların renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları, öz hareket ve radyal hızları dikkate alınarak istatistiksel yaklaşımlar yapılmaktadır. Bununla birlikte, günümüzde *Gaia* uydusunun yüksek hassasiyetli öz hareket verileri küme yıldızlarının büyük doğruluk ile belirlenmesini sağlamaktadır.

Açık küme analizlerinde sıklıkla kullanılan renk-parlaklık diyagramlarıyla kümelerin temel astrofizik parametreler elde edilir. Literatürde açık kümeler üzerine gerçekleştirilen güncel bir araştırma olarak Berkeley 68 ve Stock 20 açık kümelerini analiz eden Yontan'ın (2023) çalışması örnek verilebilir. Yer ve uzay tabanlı gözlemleri analiz eden araştırmacı kümelerin yapısal ve temel astrofizik parametrelerin literatürde kabul gören yöntemler ile gerçekleştirmiştir. Tez çalışmasında örnek teşkil etmesi için Berkeley 68 kümesinin bulguları bu bölümde verilecektir. Şekil 2.3'te gösterilen Berkeley 68 kümesinin renk-parlaklık diyagramı incelendiğinde kümenin anakol yıldızlarının fotometrik yöntem kullanılarak alan yıldızlarından kolaylıkla ayırt edilemezken, açık kümesinin anakol dönüm noktası ve kırmızı dev kolundaki üye yıldızları, alan yıldızlarına göre daha kolay ayırt edilebildiği görülmektedir. Berkeley 68 açık kümesinin anakol bölgesinin geniş görünmesinin sebeplerinden biri de kümedeki çift yıldızlardan kaynaklanmaktadır. Bir açık kümede kütlesi aynı olan ve iki bileşenli bir çift sistem,  $V \times B-V$  renk-parlaklık diyagramı üzerindeki küme anakolunu en fazla 0.75 kadir kadar kalınlaştırabilir. Bu durum farklı kütle oranlarındaki sistemler için de geçerli olup anakol bandını  $0 < \Delta V < 0.75$  kadir aralığında genişletebilir. Fotometrik yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen küme analizlerinde anakol kalınlaşmasının dikkate alınması gerekmektedir. Bu durum kümenin renk-parlaklık diyagramına fit edilen sıfır yaş eğrisinin (ZAMS) 0.75 kadir daha parlak kısma kaydırılmasıyla gerçekleştirilir.

Berkeley 68 açık kümesinin  $V \times B-V$  diyagramında anakol yıldızları tam belirgin olmazsa bile tüm parlaklık aralığında alan yıldızlarının etkisi görülmektedir. Bu da küme morfolojisinin tam olarak ortaya konmasını ve küme üyelerinin teşhis edilmesini zorlaştırmaktadır. Alan yıldızlarının etkisinin ortadan kaldırılması ve küme üyelerinin teşhis edilmesi için incelenen örnekteki yıldızlara bazı şartların getirilme zorunluluğu bulunmaktadır. Özellikle Güneş'e yakın olan açık kümeler gökyüzünde daha geniş bir katı açığa sahip olduğundan kümenin üye yıldızları küme merkezinden büyük uzaklıklara kadar erişebilmektedir. Bu nedenle kümeler için oluşturulan uzay yoğunluk profillerine yapılan model yardımıyla kümenin gökyüzündeki etkin yarıçapı elde edilir.

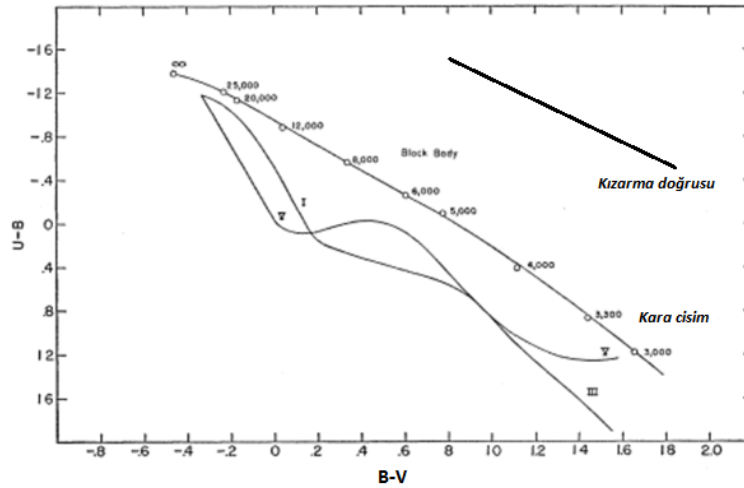


**Şekil 2.3.** Berkeley 68'in renk-parlaklık diyagramı (a), küme üyeliği ve çift yıldız etkisinin dikkate alınarak belirlenen küme üyesi yıldızlar (b). Mavi çizgi kümeye fit edilen ZAMS eğrisini kesikli mavi çizgi ise anakol kalınlaşmasını dikkate almak için ZAMS eğrisinin 0.75 kadir parlak bölgesine kaydırılmış halini göstermektedir. Farklı renkteki yıldızlar kümeye üyelik olasılığını göstermektedir.

Az sayıda üye yıldızla sahip seyrek kümelerin yıldızları da alan yıldızlarından önemli derecede etkilenir. Bu tür kümelerin üye yıldızlarının belirlenmesinde küme doğrultusundaki yıldızların renk uzaylarındaki konumlarının yanı sıra radyal hız ve/veya öz hareket verilerinin de kullanılması gerekir. Yontan'ın (2023) incelediği Berkeley 68 açık kümesindeki olası küme üyelerini belirlemek için *Gaia* DR3 (*Gaia* Collaboration 2021) veri tabanından seçilen öz hareket verilerini kullanmıştır. Yapılan analizlerde küme üyeliği  $P \geq 0.50$  olan 198 yıldız teşhis edilmiştir. Sönük parlaklıklarda, çok sayıda alan yıldızının varlığı, kümenin küçük kütleli yıldızlarını kaybettiğini göstermektedir (Şekil 2.3b).

Açık kümelerin fotometrik analizlerinde iki-renk diyagramları sıklıkla kullanılmaktadır. Bu diyagramlar sayesinde küme doğrultusunda yıldızlararası ortamın neden olduğu renk artışı ve orta tayf türündeki yıldızların fotometrik metal bolluğu tayin edilebilmektedir. İki-renk diyagramları farklı fotometrik sistemlerdeki bantlar ile üretilebileceği gibi, optik bölgede tanımlı *UBV* bantları kullanılarak da oluşturulabilir.

*UBV* fotometrik verilerinden oluşturulan iki-renk diyagramları kümelerin mutlak parlaklık, renk artışı (kızarma) ve metal bolluğu gibi temel parametrelerinin gözlemsel verilerden hesaplanmasında kullanılır. Bu parametrelerin hesaplanmasında  $U-B \times B-V$  iki-renk diyagramları üzerinde işaretlenen sıfır yaş anakolu (ZAMS), farklı ışınım gücündeki yıldızlardan oluşturulan eğriler, kara cisim ışınması ve kızarma doğruları dikkate alınır. Farklı ışınım sınıfında (III ve V) bulunan yıldızların (anakol) ve yıldızlar kara cisim olsaydılar  $(U-B) \times (B-V)$  diyagramlarındaki konumları Şekil 2.4’de olduğu gibi olurdu (Arp 1961). Galaktik düzlem civarında yoğunlaşan yıldızlararası madde, gök cisimlerinin parlaklıklarında sönükleşmeye, renk indekslerinde ise kızarmaya neden olmaktadır. Yıldızların renk indekslerinin tayininde çoğunlukla *UBV* parlaklıklarından oluşturulan renk-renk diyagramı kullanılmaktadır. Yıldızlararası ortamdan kaynaklanan büyük renk artıklarında yıldızlar renk-renk diyagramında kızarma doğrusu boyunca bir yer değişimi göstermektedir (Şekil 2.4). Renk-renk diyagramındaki bu değişim miktarı renk artışıyla doğrudan ilişkilidir. Renk artışı büyük olan yıldızların renk indekslerindeki yıldızlararası ortamın etkilerini gidermek için renk-renk diyagramı üzerindeki yıldız konumları kızarma doğrusu boyunca, gözlemsel veriyle en iyi uyumu sağlayana kadar kaydırılır. Bu yöntem ile yıldız alanındaki renk artışı  $E(B-V)$  tayin edilebilir.



**Şekil 2.4.** Anakol, dev yıldızlar ve karacisim (teorik yıldız) kızarma doğrusuna paralel olarak  $(U-B) \times (B-V)$  diyagramında sağa doğru kayar (Arp 1961).

*UBV* fotometrik sistemine ait gerçek renk ve parlaklık bağıntıları çok sayıda araştırmacı tarafından elde edilmiş ve zaman içinde güncellenmiştir. Bağıntılar gözlenmiş ve iyi analiz edilmiş açık küme verilerinden oluşturulmuştur (Johnson 1966, FitzGerald 1970, Mermilliod 1981, Schmidt-Kaler 1982, Sung vd. 2013). En güncel renk bağıntıları Sung vd. (2013) tarafından literatüre kazandırılmıştır.

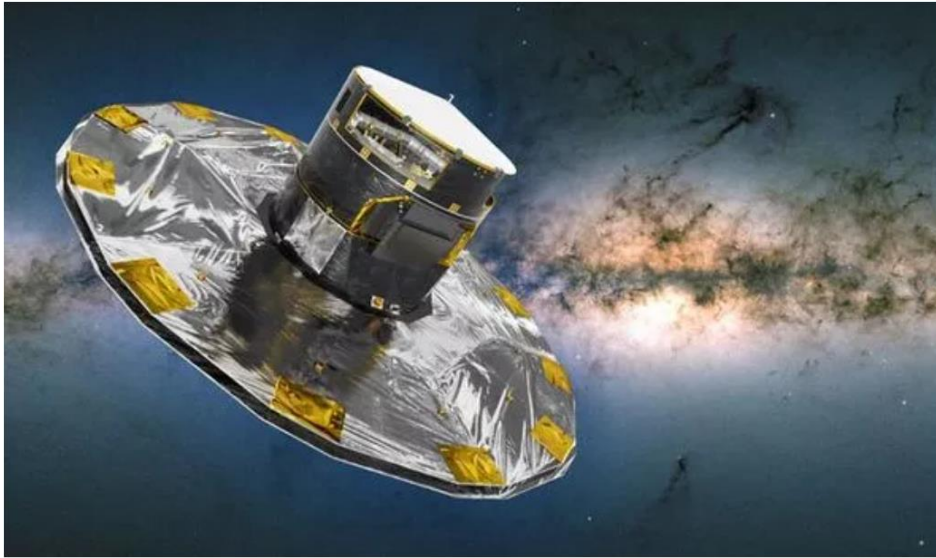
Açık kümelerin uzaklıklarının hesaplanmasında uygulanan *anakol çakıştırma yöntemi*, en temel bağıntıları veren Sıfır Yaş Anakol (ZAMS) eğrisi dikkate alınarak uygulanır. ZAMS bağıntıları, Güneş’ten uzaklıkları iyi belirlenmiş standart iki açık kümenin (Hyades ve Pleiades) anakol yıldızları kullanılarak oluşturulmuş ve zaman içinde farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir (Johnson ve Hiltner 1956, Sandage 1957, Blaauw 1963, Mermilliod 1981, Schmidt-Kaler 1982, Sung ve Bessell 1999, Sung

vd. 2013). *UBV* fotometrik sistemine ait en güncel ZAMS bağıntıları Sung vd. (2013) tarafından literatüre kazandırılmış olup, tez çalışmasında bu bağıntılar dikkate alınmıştır.

Renk-parlaklık diyagramları küme alanındaki yıldızların renk uzaylarındaki konumları ve fotometrik üyeliklerinin belirlenmesinin yanında, kümelerin astrofizik parametrelerinin ( $E(B-V)$ ,  $[Fe/H]$ ,  $d$  ve  $t$ ) elde edilmesinde de önemlidirler. Küme alanındaki yıldızlardan kabaca fotometrik olarak belirlenen üye yıldızların renk-parlaklık diyagramları üzerindeki konumları teorik eş-yaş eğrileriyle karşılaştırılarak kümelerin temel astrofizik parametreleri tayin edilir. Bu yöntemde, kümeye üye yıldızların seçimindeki hassasiyet yeterli olmadığı gibi, temel parametrelerin eş zamanlı tayini sonuçların duyarlılığını etkilemektedir. Kümeye üye yıldızların geliştirilen istatistiksel yaklaşımlarla belirlenmesi ve analizlerde bağımsız yöntemler kullanılması, elde edilen parametrelerin duyarlılığını arttırmaktadır (Anders vd. 2004, King vd. 2005).

### 2.3. *Gaia* Uydusu

19 Aralık 2013 tarihinde Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından fırlatılan *Gaia* uydusu (Şekil 2.7) 21. yüzyılda galaksi ve yıldız astrofizikinde çığır aşan keşiflere öncülük etmiştir. *Gaia* uydusu Dünya'dan 1.5 milyon km uzaklıkta Güneş, Dünya, Ay sisteminin ikinci Lagrange (L2) noktasına yerleştirilmiştir. Uydunun bilimsel görevi görünen parlaklıkları  $3 < G < 21$  kadir arasındaki yıldızların duyarlı fotometrik ( $G$ ,  $G_{BP}$  ve  $G_{RP}$ ), astrometrik ( $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\mu_{\alpha\cos\delta}$ ,  $\mu_{\delta}$ ,  $\varpi$ ) ve tayfsal ( $\gamma$ ) gözlemlerini yapmaktır. Samanyolunun üç boyutlu dağılımı ve gök cisimlerinin hız dağılımının ortaya konması, nesnelerin astrofizik parametrelerinin belirlenmesi, elde edilen bulgulardan yıldızların oluşumları ve evrimleriyle Samanyolunun yapısı, oluşumu ve evriminin ayrıntılı incelenmesi uydunun ana bilimsel hedeflerini oluşturmaktadır.



Şekil 2.5. *Gaia* uydusunun temsili görüntüsü<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> <https://www.express.co.uk/news/science/1367627/uk-astronomers-origin-milky-way-galaxy-gaia-satellite-data-space-news-evg>

*Gaia* uydusunun 14 Eylül 2016 tarihinde yayınlanan ilk veri sürümünü (DR1; Gaia Collaboration 2016) takiben uydunun ikinci veri sürümü (DR2; Gaia Collaboration 2018) 25 Nisan 2018 tarihinde, güncel verileri içeren üçüncü erken veri sürümü (*Gaia* EDR3; Gaia Collaboration 2021) 3 Aralık 2020 tarihinde ve son olarak üçüncü veri sürümü (*Gaia* DR3; Gaia Collaboration 2022) de 3 Haziran 2022 tarihinde araştırmacıların ortak kullanımına sunulmuştur. *Gaia* DR1, yaklaşık 1 milyar kaynağın  $G$  bandı parlaklıklarıyla 2 milyon yıldızın trigonometrik paralaks ve öz hareket bilgilerini içermektedir. *Gaia* DR1 verileri araştırmacılar tarafından açık kümelerin astrometrisiyle yaşlarının tayini ve yıldız evrim modellerinin geliştirilmesi konularında kullanılmıştır (Randich vd. 2018). *Gaia* DR2 ~1.3 milyar kaynağın konum, öz hareket, trigonometrik paralaks ve fotometrik verileriyle birlikte ~7 milyon nesnenin radyal hızlarını içermektedir. Bu katalog Galaktik çalışmalara hız kazandırmanın yanı sıra, Galaksimizde yeni açık kümelerin keşfedilmesini sağlayarak hem küme popülasyonlarının hem de kümeye üyeliklerin ayrıntılı analizlerini mümkün kılmıştır (Cantat-Gaudin vd. 2018, Liu ve Pang 2019, Sim vd. 2019, Castro-Ginard vd. 2020). *Gaia* EDR3, *Gaia*'nın üçüncü veri sürümünden önce araştırmacıların kullanımına sunulmuş olup, kaynakların en güncel ve duyarlı verilerini içermektedir. Bu katalogda, radyal hız ölçümleri yapılmış ~7 milyon nesnenin radyal hızlarıyla ( $\gamma$ ) birlikte, ~1.8 milyar nesnenin trigonometrik paralaks ( $\varpi$ ) ve öz hareket bileşenlerinin ( $\mu_{\alpha}\cos\delta$ ,  $\mu_{\delta}$ ) ölçümleri ve bu ölçümlere ait belirsizlikler bulunmaktadır. Katalogda, nesnelere trigonometrik paralaks duyarlılıkları nesnelere  $G$  görünür parlaklıklarına göre değişmekte olup,  $G < 15$  kadir için  $\sigma_{\varpi} = 0.03$  mas,  $G = 17$  kadirde  $\sigma_{\varpi} = 0.07$  mas ve  $G = 20$  kadir için de  $\sigma_{\varpi} = 0.5$  mas'tır. Buna ilaveten, nesnelere öz hareket ölçümlerinin belirsizlikleri de  $G < 15$  kadir için 0.03 mas/yıl,  $G = 17$  kadir için 0.07 mas/yıl ve  $G = 21$  kadir için 1.40 mas/yıl'dır (Gaia Collaboration 2021). *Gaia* EDR3 veri tabanında  $G = 12$  kadirde daha parlak yıldızların radyal hız ölçümlerinin belirsizlikleri nesnelere tayf türünün bir fonksiyonu olarak 0.2-0.3 km/sn aralığında değişmektedir (Brown vd. 2018).

*Gaia*'nın fotometrik verileri üç geniş banttan (Şekil 2.6) oluşan filtreler ile gözlenmektedir:  $G$  (yeşil),  $G_{BP}$  (mavi) ve  $G_{RP}$  (kırmızı). Bu bantların dalgaboyları, sırasıyla,  $3300 < \lambda < 10500$  Å,  $3300 < \lambda < 6800$  Å ve  $6800 < \lambda < 10500$  Å arasında değişmektedir. Uydu, tayf gözlemlerini RVS (Radyal Hız Spektrometresi) ile,  $G_{RVS}=16$  kadirde parlak yıldızlar için  $R = 11,500$  çözünürlükte ve Ca II üçlüsü civarında ( $8450 < \lambda < 8720$  Å) yapmaktadır. Bu yöntem kullanılarak tayfsal analizi yapılacak yaklaşık 150 milyon nesnenin radyal hız tayini hedeflenmiştir.

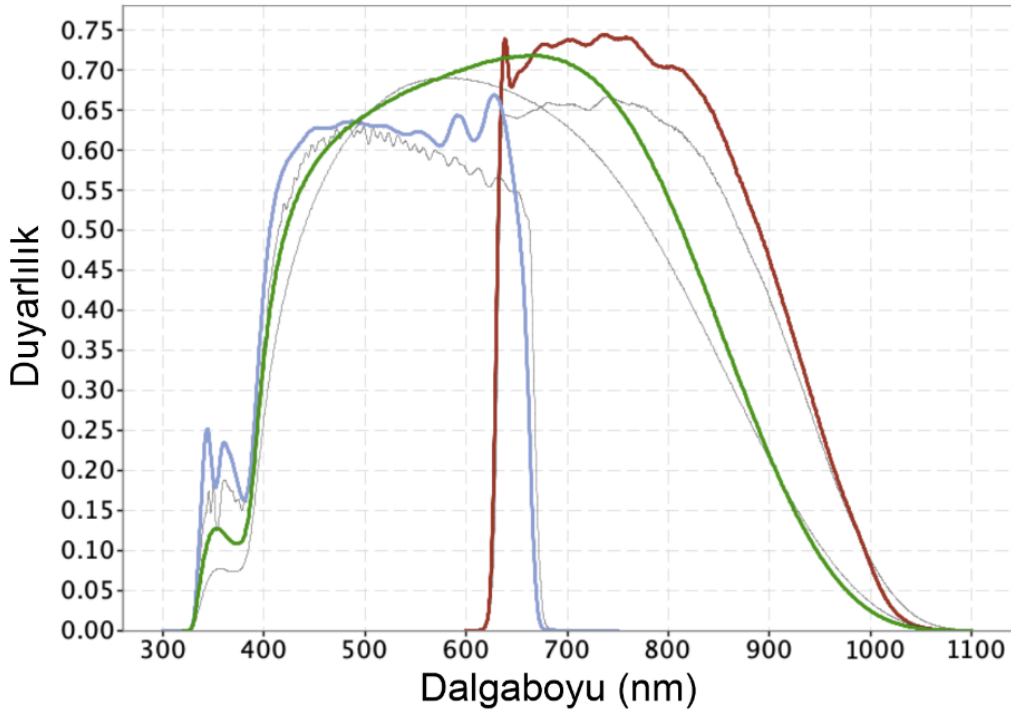
Ortak bir kökeni paylaşan küme yıldızlarının bir arada incelenmesiyle küme temel astrofizik parametreleri model tabanlı tayin edilebilir. Örnek bir yıldız grubundan elde edilen bu temel parametreler Samanyolunun yapısının anlaşılmasında kullanıldığından açık kümeler Galaksimizin astrofizikinin çalışılması açısından uygun nesnelere oluşturur.

Yer ve uzay tabanlı teleskoplar ile Güneş civarının yapısı ayrıntılı bir şekilde incelenebilirken, Galaksimizdeki konumumuz Galaksi diskinin geniş ölçekte, ayrıntılı analizinin yapılmasını engeller. Galaksi diskinin bütünüyle anlaşılması için yıldız popülasyonlarının dağılımlarının ve uzaklıklarının incelenmesi gerekir. Yıldızlararası maddenin Galaktik düzlem üzerinde yoğunlaşması ve açık kümelerin bu ortamlarda doğması açık kümelerin keşfedilmesini zorlaştırmaktadır. *Gaia* (Gaia Collaboration 2021) uydusunun sağlamış olduğu veriler, yıldız alanlarına gömülü, daha önceki uydu ve

teleskoplar ile gözlenemeyen yapıların ortaya çıkartılması ve daha ayrıntılı incelenmesine fırsat vermiştir.

Bununla birlikte, *Gaia* EDR3 verileri açık küme çalışmalarına önemli derecede avantajlar sağlamıştır. Uydunun duyarlı öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümleri sayesinde kümeye üye yıldızlar ile kümenin ortalama uzaklığı yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir.

Cantat-Gaudin vd. (2020), *Gaia* DR2 kataloğundaki verileri kullanarak 2,017 Galaktik açık kümenin astrometrik ve fotometrik analizlerini yapmış ve Galaksideki dağılımlarını incelemiştir. Çalışmada, araştırmacılar tarafından geliştirilen bir algoritmayla kümeye üye yıldızlar belirlenerek kümelerin astrofizik parametreleri elde edilmiştir. Cantat-Gaudin vd. (2020) belirledikleri yaş ve uzaklıkları bir arada incelediğinde, genç açık kümelerin Galaksi düzlemi civarında ve özellikle spiral yapıda toplandıkları, yaşlı açık kümelerin ise Galaksi düzleminden uzakta ve spiral kolların arasında buldukları belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacılar, açık kümelerin Galaksi diskindeki üç boyutlu dağılım görüntüsünden Galaksi diskinin kenarlarına doğru burulmanın varlığını açık bir şekilde ortaya koymuşlardır.



**Şekil 2.6.** *Gaia* DR3'te kullanılan  $G$ ,  $G_{BP}$  ve  $G_{RP}$  fotometrik bandlarının geçirgenlik fonksiyonları. Yeşil eğri  $G$ , mavi eğri  $G_{BP}$  ve kırmızı eğri de  $G_{RP}$  filtresini göstermektedir.

Soubiran vd. (2018), *Gaia* DR2'deki radyal hızları kullanarak 861 galaktik açık kümenin ağırlıklı ortalama radyal hızlarını tayin etmiştir. Araştırmacılar, genç açık kümelerin Galaktik düzlem civarında hız dispersiyonlarının  $\sim 5$  km/sn olduğunu,

1 Gyıl'dan yaşlı kümelerin ise 14 km/sn'lik bir hız dispersiyonuna sahip olduklarını hesaplanmışlardır.

*Gaia* DR2'nin yayımlanmasıyla daha önce tespit edilememiş çok sayıda açık küme keşfedilmiştir. Castro-Ginard vd. (2021),  $G = 18$  kadirden parlak yıldızların *Gaia* EDR3 kataloğundaki astrometrik ve fotometrik verilerini kullanarak makine öğrenmesi yoluyla, Galaksi diskinde Güneş'ten 1 kpc uzaklık içinde 664 yeni açık küme keşfetmiştir. Bu kümelerin yaş, uzaklık ve görüş doğrultusundaki sönümlene miktarlarını tayin eden araştırmacılar, genç açık kümelerin spiral kollar üzerinde, yaşlı olanların ise daha çok Galaksi diskinde kollar arası bölgelerde ve düşük Galaktik enlemlerde bulunduğunu belirtmiştir. Çalışmada, trigonometrik paralaks ve öz hareket ölçümlerinin hassasiyetlerinin *Gaia* EDR3 ile arttığını, bunun da Güneş civarında var olan ve daha önce gözlenemeyen açık kümelerin keşfedilmesini sağladığı belirtilmiştir.

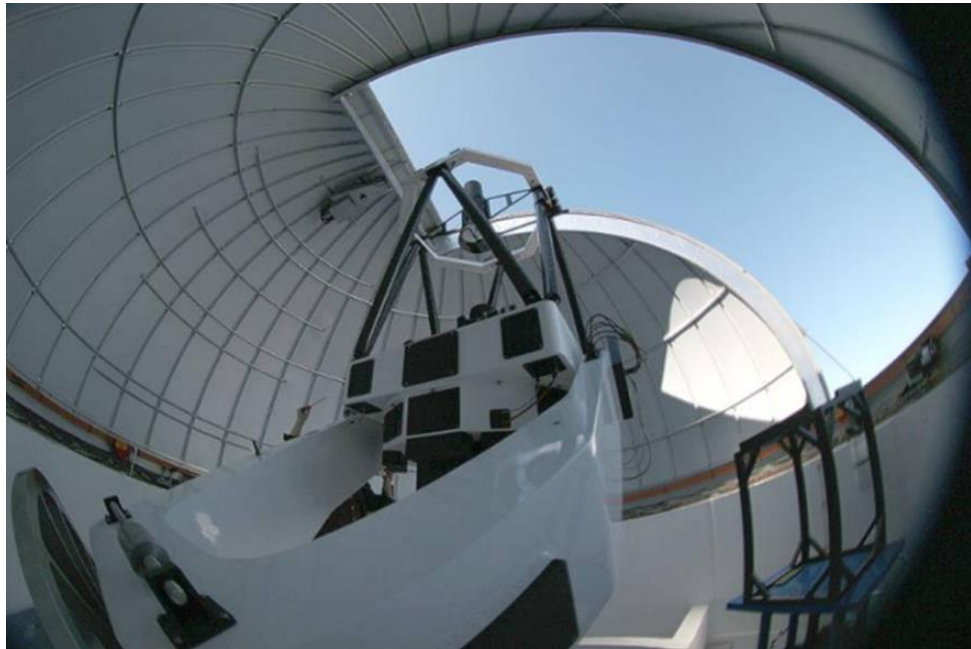


### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Gözlemler

Yüksek lisans tezine konu olarak seçilen King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri Galaksimizin II. çeyreğinde bulunmakta olup, fotometrik verileri TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'ndeki (TUG) 100 cm ayna çaplı T100 teleskobuyla yapılan gözlemlerden elde edilmiştir (Şekil 3.1). Gözlemler 30.09.2019 (King 6) ile 24.09.2014 (NGC 1605) tarihlerinde CCD *UBV* filtreleri kullanılarak yapılmıştır. TUG, Antalya/Bakırlıtepe Yerleşkesi'nde, deniz seviyesinden 2547 m yüksekte yer almaktadır. T100 teleskobunda oldukça düşük sıcaklara erişebilme özelliğine sahip Cryo-cooler soğutmalı bir CCD kamera<sup>9</sup> bulunmakta olup, Ritchey-Chrétien optik düzeneğindedir. 4K×4K (4096×4096) piksel formatında olan CCD, CCD486 model Fairchild marka, arkadan aydınlatmalı yongaya sahip ve UV duyarlılığı artırılmış bir kamera olup, piksellerinin boyutu 15 × 15 mikrondur. T100'ün optik parametreleriyle birlikte kameranın sahip olduğu özellikler, CCD için 0.31 "/piksel'lik bir ölçek ile 21.5' × 21.5' görüş alanı sağlamaktadır. CCD'in kazancı 0.57/e<sup>-</sup>/ADU, okuma gürültüsü 4.11 e<sup>-</sup> (100 KHz) ve yanlılık seviyesi 500 ADU olup, kara akımı 0.0001 e<sup>-</sup>/piksel/sn'dir. Ayrıca, CCD kameranın soğutma sıcaklığının -100 °C'a kadar azaltılabildiği, kara akım gürültüsünü düşürmektedir.

T100 ve ona bağlı CCD kameranın özellikleri, geniş bir görüş alanı ve geniş bir dalgaboyu aralığında yüksek kuantum verimliliğine sahip gözlem imkânı sunmaktadır. Bu özellikler, açık yıldız kümelerinin farklı fotometrik bantlarda tek poz ile gözlenebilmesi açısından avantaj sağlamaktadır.



**Şekil 3.1.** Küme gözlemlerinin yapıldığı 100 cm ayna çaplı T100 teleskobu, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi/Bakırlıtepe.

<sup>9</sup> [http://www.tug.tubitak.gov.tr/t100\\_si\\_ccd.php](http://www.tug.tubitak.gov.tr/t100_si_ccd.php)

### 3.1.1. Standart yıldız alanı ve açık küme gözlemleri

Yıldız alanı gözlemlerden yıldız akılarının ölçülmesiyle yıldızların aletsel parlaklıkları elde edilir. Yıldızların akı ölçümleri, gözlemlerde kullanılan teleskop-dedektör-filtre sistemi, gözlemevinin konumu ile gözlem sırasındaki hava koşullarından etkilenmekte, buna bağlı olarak farklı gözlem şartları ve kombinasyonlarından elde edilen aletsel parlaklıkları değişkenlik göstermektedir. Söz konusu farklılıkların giderilmesi için yıldızların standart parlaklıklarının elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için gözlem yapılan gecenin standart fotometrik dönüşüm katsayılarına ve sönümlene değerinin hesaplamasına gerek duyulur. Gecelik dönüşüm katsayıların belirlenmesi için küme alanlarının gözlemleriyle birlikte standart yıldız alanlarının da aynı gecelerde farklı hava kütlelerinde ve aynı fotometrik filtrelerde gözlenmesi gerekmektedir. Standart yıldız alanlarında bulunan yıldızlar değişmeyen parlaklığa sahip ve fotometrik parlaklık tayini duyarlı bir şekilde yapılmış yıldızlardır. Ayrıca, bu yıldızlar geniş bir parlaklık ve  $B-V$  renk indeksi aralığında yer almaktadır (Landolt 2009). Standart yıldız alanlarının ekvator düzleminde bulunmaları kuzey ve güney yarıküreden gözlenebilmelerine olanak vermektedir. Yüksek lisans tez araştırması kapsamında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık küme gözlemlerinin yapıldığı gecelerde kümeler ile birlikte Landolt'un (2009) standart kataloğundan belirlenen standart yıldız alan gözlemleri de gerçekleştirilmiştir. TUG yerleşkesinin atmosfer şartlarının değişken olmasından dolayı gözlemler boyunca farklı hava kütlelerinde çok sayıda standart yıldız alanı gözlenmiştir. Kümeler ile birlikte gözlenecek standart yıldız alanlarının seçiminde yıldızların gözlem süresi boyunca farklı hava kütlelerinde ve yüksekliklerde gözlenebilir olması ve geniş bir  $B-V$  renk indeksi aralığında bulunmaları dikkate alınmıştır. Gözlem yapılan iki gecede, farklı hava kütlelerinde toplam 16 standart yıldız alanı ve bu alanlarda bulunan 105 yıldızın gözlemi yapılmıştır. Yüksek lisans tez çalışmasında incelenen iki küme doğrultusunda tespit edilen kaynakların standart parlaklıklarının hesaplanmasında iki gözlem gecesine ait ve standart alan gözlemlerinden tayin edilen katsayılar kullanılmıştır.

Yüksek lisans tezinde analiz edilmek üzere seçilen her iki küme için de aynı gözlem stratejisi uygulanmıştır. Küme alanlarında bulunan parlak ve sönük yıldızların belirlenmesi, yüksek sinyal/gürültü ( $S/N$ ) değerlerinin ölçülmesi ve parlak yıldızların CCD üzerinde doymasını engellemek amacıyla  $UBV$  filtrelerinde uzun ve kısa olmak üzere farklı poz süreleri dikkate alınmıştır. Gözlenen iki küme adları, koordinatlar (ekvatorial ve Galaktik), gözlem tarihleri ve  $U$ ,  $B$ ,  $V$  filtrelerinde kullanılan poz süreleri Çizelge 3.1'de listelenmiş, kümelerin uzun poz sürelerinde ( $V$  filtresi) alınmış birleşik görüntüleri de Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

## 3.2. Fotometrik Analizler

### 3.2.1. CCD kalibrasyonları

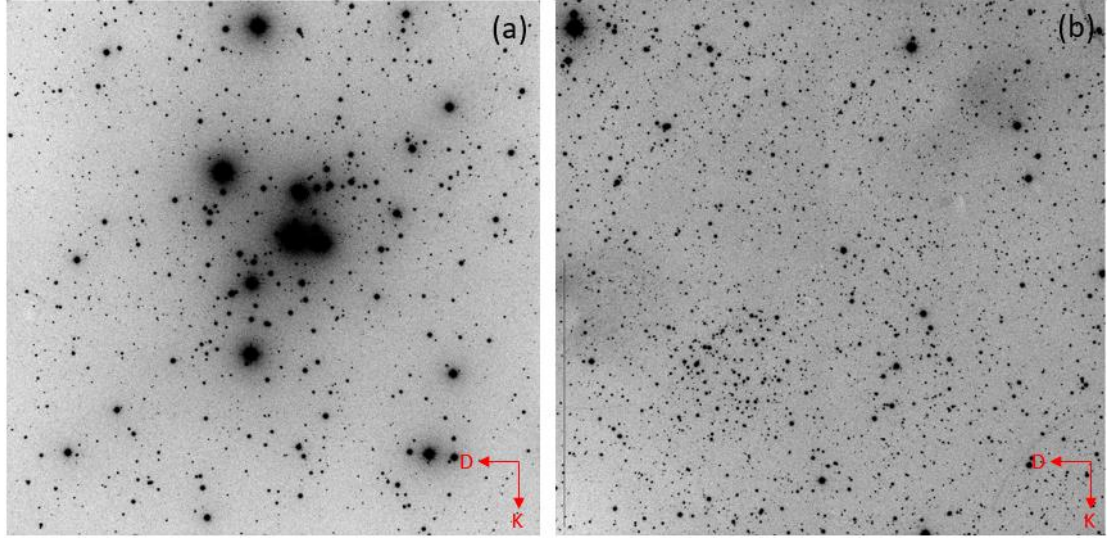
CCD gözlemlerinden alınan görüntüler teleskop-dedektör-filtre sistemi ile CCD elektroniğinden etkilendiğinden sistematik hatalar içerir. Görüntülerin analiz edilebilmesi ve gözlem alanlarında tespit edilen kaynakların duyarlı fotometrik ölçümlerinin yapılabilmesi için söz konusu sistematik hataların giderilmesi gerekmektedir. Görüntülerin sistematik hatalarının giderilmesi işlemleri ön indirgeme veya CCD kalibrasyonu olarak tanımlanır. CCD kalibrasyonlarında *sıfır* (bias frame), *kara akım* (dark current) ve *düz alan* (flat field) görüntü türleri kullanılmaktadır: *Sıfır* (zero frame,

bias frame) görüntü, CCD elektronlarının piksellerde biriken elektronları okuması, sinyali yükseltmesi ve sayısal hale getirmesi sırasında ortaya çıkan ve sistematik hatalara sebep olan gürültüyü içerir. *Sıfır* görüntüler, gözlem başlamadan ve bittikten sonra, teleskopun aynası kapalıyken filtrelerden bağımsız alınan görüntülerdir. *Sıfır* düzeltmesi, alınan görüntülerdeki her bir piksel için okumadan kaynaklı gürültü miktarının giderilmesi amacıyla yapılmaktadır. Yüksek lisans tez çalışmasında, TUG'dan gözlenen iki açık küme ve standart yıldız alanlarının gözlemlerinden önce ve sonra çok sayıda sıfır görüntüsü alınmıştır. Daha sonra bu sıfır görüntüleri bir araya getirilerek birleşik sıfır görüntüsü oluşturulmuştur. Gözlem gecesi boyunca alınan tüm CCD görüntülerinden birleşik sıfırı görüntüsü çıkartılarak kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir.

*Kara akım* görüntüleri, CCD yongasının üretildiği yarı-iletken maddenin sıcaklığının bir fonksiyonu olarak yaydığı termal elektronların sebep olduğu sistematik hataları içeren görüntülerdir. Kara akım görüntüleri, CCD kameranın sıcaklığına ve gözlemlerde verilen poz sürelerine bağlı olduğundan CCD kameralarının soğutulması gerekmektedir. Bu görüntüler CCD yongasının önü kapalıyken gözlemler ile aynı filtreler ve poz sürelerinde alınırlar. Amaç, görüntülerin her pikselinde pikselde biriken termal elektronları ölçmektir. Çok sayıda alınan bu görüntüler birleştirilerek birleşik kara görüntü oluşturulur. Kara akım düzeltmesi için, oluşturulan birleşik kara görüntü tüm görüntülerden çıkartılır. Termal elektronların sebep olduğu kara akım gürültüsü sıcaklığa duyarlı olup, düşürülen sıcaklık ile birlikte azalır. TUG T100 teleskobunda kullanılan CCD kameranın  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklığında ölçülen kara akımı  $0.0002\text{ e}^-/\text{piksel/sn}$ 'dir. Ölçülen bu miktar CCD gözlemlerini etkilemediği için tez çalışmasında kara akım düzeltmesi uygulanmamıştır.

Düz alan görüntüleri, CCD kameranın piksellerindeki farklı kuantum verimliliğini ortaya çıkartılmasında kullanıldığından, CCD yongası üzerinde üretimden kalan kir, toz veya izlerin bulunma olasılığı gibi etkenlerden doğrudan etkilenir. Düz alan görüntüleri iki farklı yöntem ile alınabilir. Bunlarda ilki tan vaktinde Güneş doğarken veya batarken gökyüzü aydınlanması kullanılarak veya ikinci yöntem de CCD yongasının üzerine eş yönlü bir kaynak tarafından aydınlatılmasıyla farklı filtrelerden alınan görüntüler ile oluşturulur. Düz alan görüntüleri gözlem gecesinin başlangıcından önce, tan vaktinde gökyüzü aydınlanması kullanılarak *U*, *B* ve *V* filtreleri kullanılarak alınmış olup, filtreler için bütünlük düz alan görüntüleri elde edilmiştir. Bütünlük sıfır görüntülerinin oluşturulmasında görüntüler üzerindeki piksel sayımlarının en büyük değeri teşhis edilerek diğer piksel değerlerine oranlamak üzere bir normalizasyon yapılmış, ardından daha önceden normalize edilmiş düz alan görüntüsüne oranlanarak bir kalibrasyon hazırlanmıştır. Bu uygulama *U*, *B* ve *V* filtreleri için ayrı ayrı uygulanmıştır. CCD kalibrasyonlarının gerçekleştirilmesinde yukarıda bahsedilen kalibrasyon dikkate alınmış ve hesaplamalar IRAF<sup>10</sup> yazılımıyla yapılmıştır.

<sup>10</sup> Image Reduction and Analysis Facility (Görüntü İndirgeme ve Analiz Programı). Program Ulusal Optik Astronomi Gözlemleri tarafından hazırlanmıştır.



**Şekil 3.2.** TUG'dan gözlemleri yapılan King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin uzun poz süreli V bandı görüntüleri.

**Çizelge 3.1.** King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin konumları ve gözlem verileri. Kümelerin koordinatları Cantat-Gaudin vd.'den (2020) alınmıştır.

Küme	$\alpha$ (ss:dd:sn)	$\delta$ (° ' ")	$\ell$ (°)	$b$ (°)	Gözlem Tarihi (gg.aa.yy)	Poz Süresi (sn) × Görüntü Sayısı		
						<i>U</i>	<i>B</i>	<i>V</i>
King 6	03:27:55	56 26 38	143.344	-0.095	30.09.2019	200×3	20×3	12×5
						1800×2	600×3	600×3
NGC 1605	04:34:58	45 16 08	158.586	-1.567	24.09.2014	300×6	120×7	60×6

### 3.2.2. Standart alan yıldız fotometrisi

Her bir yıldızın aletsel parlaklıkları gözlem boyunca alınan standart yıldız alanı görüntülerinin CCD kalibrasyonları kullanılarak elde edilmiştir. Bu işlem için IRAF yazılımındaki paketler ile açıklık fotometrisi yapılmıştır. Açıklık fotometrisi, kaynağın tüm akısının merkezden başlamak koşuluyla belli bir dairesel açıklık içinde bulunan bölgedeki alanın hesaplanan akısından aletsel parlaklığın bulunmasıyla belirlenir. Yıldızın parlaklığı, toplam akının içinde bulunduğu dairenin zemin akısından da etkilenmektedir. Bu nedenden dolayı yıldızın parlaklığını bulmak için zemin alanının etkisini ortadan kaldırmak gerekir. Bu sebeple ilk başta tanımlanan açıklık etrafında bir dairesel halka oluşturularak her bir piksel için oluşan ortalama elektronların sayım değerinin (*ADU*) hesaplanması gerekir. Ardından, bahsedilen bu açıklıkta bulunan toplam zemin sayımının ortalama sayımdan çıkartılarak gözlem zamanı boyunca alınmış toplam poz süresine bölünmesi suretiyle sadece yıldıza ait akı hesaplanır. Gözlem boyunca alınmış *U*, *B*, *V* filtrelerindeki tüm standart alanlarındaki yıldızlar için bahsi geçen hesaplama yapılarak standart alan yıldızlarının aletsel parlaklıkları hesaplanmıştır. Daha

sonra bu değerler yıldızların bilinen standart parlaklıkları ve renkleriyle karşılaştırılmak suretiyle her gözlem gecesi için mutlak fotometride kullanılacak gecelik indirgeme ve sönmleme katsayıları elde edilmiştir.

### 3.2.3. Mutlak fotometri

Gökyüzünün farklı konumlarında gözlenen standart yıldız alanlarıyla hava kütlesi değerleri elde edilmiştir. Bunun için literatürde iyi bilinen  $X = \sec Z$  bağıntısı kullanılmış ve her bir hava kütlesi değeri ilgili görüntü dosyasına eklenmiştir. Hesaplamalar hava kütleleri için yaklaşık değerler olup, gözlemcinin zenit noktasına yakın uzaklıklarda duyarlı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle hava kütlesi tayininde daha hassas sonuçlar veren Henden ve Kaitchuck'in (1990) bağıntısı kullanılmıştır (Bağıntı 3.1).

$$X = -0.0008083 (\sec Z - 1)^3 - 0.002875 (\sec Z - 1)^2 - 0.018167 (\sec Z - 1) + \sec Z \quad (3.1)$$

Bağıntıdaki  $Z$  değeri, zenit uzaklığını göstermektedir. Standart yıldızların hesaplanan aletsel parlaklık ( $UBV$ ) ve renk indeksleri ( $U-B$ ,  $B-V$ ) yanı sıra Landolt (2009) kataloğundan aynı yıldızların ilgili renk ve parlaklıkları da dikkate alınarak fotometrik dönüşüm bağıntılarındaki katsayılar elde edilmiştir.

Aletsel parlaklıklardan standart sistemdeki parlaklıklara geçişte kullanılan fotometrik dönüşüm katsayıları Janes vd.'nin (2013) çalışmasında alınmıştır. Fotometrik dönüşüm bağıntıları aşağıda verilmiştir.

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

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

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

Bağıntıdaki  $ubv$  aletsel parlaklıkları,  $V$ ,  $U-B$  ve  $B-V$  standart yıldızların parlaklık ve renk indeksleri,  $X$  hava kütlesini,  $k$  ve  $k'$  birinci ve ikinci merteye sönmleme katsayılarını,  $\alpha$  standart sisteme dönüşüm katsayılarını,  $C$  parametresi de gecelik sabitleri temsil eder. Sönmleme katsayıları her bir filtre seti için alt indis ile verilmiştir. Gecelik dönüşüm ve sönmleme katsayılarıyla belirsizlikleri çoklu regresyon yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Elde edilen değerlerin hataları gözlem gecelerine ait katsayıların standart sapmalarıdır. Tez çalışmasında analiz edilen açık kümelerin gözlem gecelerine ait hesaplanan katsayı değerleri Çizelge 3.2'de listelenmiş olup, bu parametreler iki açık küme doğrultusunda aletsel parlaklıkları belirlenen yıldızların mutlak fotometrisinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

**Çizelge 3.2.** Standart yıldız alanı gözlemlerinden hesaplanan birinci ve ikinci mertebe fotometrik sönümlenme katsayıları, standart sisteme dönüşüm katsayıları ve gecelik sabitler.

Tarih	Filtre	Katsayı			
		$k$	$k'$	$\alpha$	$C$
30.09.2019	<i>U</i>	0.4131 ± 0.0688	0.0145 ± 0.0936	----	----
	<i>B</i>	0.2848 ± 0.0607	0.0293 ± 0.0689	0.8524 ± 0.1047	1.8503 ± 0.0919
	<i>V</i>	0.1818 ± 0.0217	----	----	----
	<i>U-B</i>	----	----	0.8013 ± 0.1370	4.3380 ± 0.1025
	<i>B-V</i>	----	----	0.0658 ± 0.0078	1.8528 ± 0.0326
24.09.2014	<i>U</i>	0.3296 ± 0.0706	-0.0384 ± 0.1361	----	----
	<i>B</i>	0.2627 ± 0.0700	-0.0649 ± 0.0837	1.0039 ± 0.1243	0.9444 ± 0.1044
	<i>V</i>	0.1297 ± 0.0102	----	----	----
	<i>U-B</i>	----	----	0.9287 ± 0.1960	3.4867 ± 0.1018
	<i>B-V</i>	----	----	0.0861 ± 0.0200	1.0061 ± 0.0304

### 3.2.4. Açık kümelerin fotometrik ve astrometrik kataloglarının oluşturulması

Tez çalışmasında incelenen iki açık kümenin CCD görüntülerindeki tüm indirgeme, ölçüm ve analizleri, *IRAF*<sup>11</sup> ve *PSFex*<sup>12</sup> paket programlarıyla birlikte *PYTHON*<sup>13</sup> ve *IDL*<sup>14</sup> programlama dillerinde geliştirilen kodlar ile gerçekleştirilmiştir. İki açık küme için CCD kalibrasyonları oluşturulduktan sonra fotometrik ve astrometrik kataloglarının oluşturulmasında aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

CCD görüntülerindeki tüm indirgeme, ölçüm ve analizler *IRAF*<sup>15</sup> ve *PSFex*<sup>16</sup> paket programlarıyla birlikte *PYTHON*<sup>17</sup> ve *IDL*<sup>18</sup> programlama dillerinde geliştirilen kodlar ile gerçekleştirilmiştir. İki açık küme için CCD kalibrasyonları oluşturulduktan sonra fotometrik ve astrometrik kataloglarının oluşturulmasında aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

Küme görüntülerindeki yıldızların piksel koordinatları ( $X$ ,  $Y$ ) ekvatorial koordinatlara ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) çevrilmiştir. Bunun için her bir yıldız USNO A2.0 katalogundaki yıldızlar ile eşleştirilmiştir. Daha sonra tüm yıldızların aynı piksel koordinatlarında bulunmaları sağlanacak şekilde görüntüler hizalanarak ortak bir görüş alanı elde edilmiştir. Yıldızların  $S/N$  değerlerinin artırılması amacıyla  $U$ ,  $B$ ,  $V$  filtrelerinde farklı poz sürelerinde (kısa ve uzun) gözlenen görüntüler kendi içlerinde bir araya getirilmiş ve her bir filtrede birleşik görüntüler oluşturulmuştur.

Küme doğrultusundaki yıldızların aletsel parlaklıkları *PSFex*<sup>19</sup> (Bertin 2011) programı altında çalışan PSF (PSF, point spread function) fotometrisiyle elde edilmiştir. *PSFex*, özellikle düşük Galaktik enlemlerdeki yoğun yıldız alanlarındaki nesnelere akıllarını PSF ile modelleyen ve nesnelere aletsel parlaklıklarını belirleyen bir yazılımdır. PSF modelinde incelenen nesnelere merkez noktasından sınır noktalarına ilerledikçe ani

<sup>11</sup> <https://iraf.net/>

<sup>12</sup> <http://www.astromatic.net/software/psfex>

<sup>13</sup> <https://www.python.org/>

<sup>14</sup> <http://www.harrisgeospatial.com/ProductsandSolutions/GeospatialProducts/IDL.aspx>

<sup>15</sup> <https://iraf.net/>

<sup>16</sup> <http://www.astromatic.net/software/psfex>

<sup>17</sup> <https://www.python.org/>

<sup>18</sup> <http://www.harrisgeospatial.com/ProductsandSolutions/GeospatialProducts/IDL.aspx>

<sup>19</sup> PSFex: PSF extractor

bir azalma gerçekleşir; bu durumda ölçülen akıda bir azalma olur bu da yıldızın hesaplanan aletsel parlaklığını etkiler. Akı kaybını gidermek için küme alanları içinden çok sayıda yıldızın (50-300) açıklık fotometrisi yapılarak aynı yıldızların PSF'den elde edilen parlaklıklarıyla karşılaştırılmış ve lineer bir fonksiyonla tanımlanmıştır. Elde edilen fonksiyon  $U$ ,  $B$ ,  $V$  filtreleri için ayrı olarak belirlenmiş olup, iki küme alanında tespit edilen yıldızlara uygulanarak açıklık düzeltmesi yapılmıştır. Böylece PSF'den kaynaklanan akı kaybı giderilmiş ve yıldızların aletsel parlaklıkları yeterli hassasiyette tayin edilmiştir.

Açık kümeler doğrultusundaki yıldızların tayin edilen aletsel parlaklıkları, Bağıntılar (3.2) - (3.4) ve Çizelge 3.2'de listelenen gözlem geceleri için gecelik katsayılar dikkate alınarak standart sistemdeki parlaklık ve renklere dönüştürülmüştür. Bu yolla King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri doğrultularında teşhis edilen tüm yıldızların  $UBV$  parlaklıklarını içeren katalogları oluşturulmuştur. King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin fotometrik kataloglarının genişletilmesi ve astrometrik katalogların da oluşturulması amacıyla tüm kaynakların ekvatorial koordinatları dikkate alınarak *Gaia* DR3'deki fotometrik parlaklıklar ( $G$ ,  $G_{BP}$ ,  $G_{RP}$ ), trigonometrik paralaks ( $\varpi$ ) ve öz hareket verileriyle ( $\mu_{\alpha \cos \delta}$ ,  $\mu_{\delta}$ ) eşleştirilmiştir. Böylece, iki açık küme için de fotometrik ve astrometrik kataloglar tamamlanmıştır.

### 3.3 Açık Kümelerin Fotometrik ve Astrometrik Analizleri

#### 3.3.1 Küme doğrultusundaki yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının tayini

Açık kümeler Galaksi diskinde yer aldıklarından buradaki alan yıldızlarından etkilenir ve kümeye üye yıldızların ayırt edilmesi zorlaşır. Alan yıldızı kirlenmesinin iyi bir şekilde giderilmesi açık kümelerin temel astrofizik parametrelerinin yüksek doğruluk ile belirlenmesini sağlar. Küme doğrultusundaki yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının hesaplanmasında astrometrik verilerin istatistiksel yöntemler analiz edilmesine bağlıdır. Küme yıldızları aynı kökeni paylaştıklarından uzay hızları, öz hareketleri, metal bollukları, yaşları ve uzaklıkları aynıdır. Bu da açık kümelere üye yıldızların belirlenmesinde fotometrik, tayfsal ve astrometrik verileri kullanışlı kılar. Küme alanında tespit edilen yıldızların renk-parlaklık diyagramlarındaki dağılımları küme morfolojisine ve Galaksi diskindeki konumuna bağlı olarak üyelikler hakkında kabaca bilgiler vermektedir. Üye yıldızların net bir ayırımının yapılabilmesi için fotometrik veriler ve/veya radyal hız ile öz hareket bilgilerinin bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Günümüzde tüm gökyüzünü gözlemek için tasarlanmış çok sayıda tayfsal gökyüzü taramaları (SEGUE: Allende-Prieto vd. 2006, *Gaia*-ESO: Gilmore vd. 2012, DIONYSOS: de Silva vd. 2015) olmasına rağmen, henüz tüm nesnelerin radyal hızlarını hesaplayabilecek sistematik bir gökyüzü tarama programı bulunmamaktadır. Bu da az sayıdaki açık küme için radyal hızlara dayalı küme üyelik analizinin yapılabileceğini göstermektedir. Bu neden tez çalışmasında çoğu yıldızın astrometrik verileri bulunduğu kümeye üyelik olasılıklarının belirlenmesinde öz hareket bileşenleri ve trigonometrik veriler dikkate alınmıştır.

Tez çalışmasında incelenen iki açık kümenin üye yıldızlarının tayin edilmesinde Krone-Martins ve Moitinho'nun (2014) geliştirdiği UPMASK metodu dikkate alınmıştır. UPMASK, R dilinde (Ihaka ve Gentleman, 1996) hazırlanmış, özellikle gökyüzündeki açık kümeleri keşfetmek ve küme doğrultusundaki yıldızların olasılıklarını hesaplamak

için geliştirilen bir yazılımdır. Açık kümelere üye yıldızların fotometrik, astrometrik ve tayfsal verileri dikkate alındığında parametre uzaylarındaki konumları alan yıldızlarına göre farklılıklar gösterir. Bu durum küme yıldızlarının ortak kökeninden kaynaklanmaktadır. UPMASK programının temel çalışma prensibi, açık küme yıldızlarının alan yıldızlarına göre farklı bir kökene sahip olmasına dayanır. UPMASK yöntemindeki bu varsayım, programın kümeye üye olan yıldızların olasılıklarını tayin edilmesinde ve yıldız alanları tarafından kirletilen küme yıldızlarını belirleyebilmek açısından son derece önemlidir.

UPMASK programı küme üyesi yıldızları teşhis etmek için bir makine öğrenimi kümeleme yöntemi olan “*k-means*” algoritmasını kullanır. Burada, *k-means* küme başına düşen yıldız sayısı olarak ifade edilmektedir. *K-means* algoritmasında analize girecek veriler, verilen *k* değerine göre kümelere ayrılır. Algoritmanın çıkış noktası, birbirlerine benzerlik gösteren verilerin aynı küme içerisine toplanmasına dayanmaktadır. Programa verilen verinin *k* tane parçaya bölünmesinden sonra kümeler arasındaki benzerlik azaltılırken, küme içindeki benzerliğin artırılması esasına dayanır (Monz 2008). *K-means* algoritmasının uygulanabilmesi için veri örneğinin ortalama değeri alınabilir. Küme merkezi olarak belirtilen nokta ise kümeyi meydana getiren verilerin aritmetik ortalamasıdır.

Tez çalışmasında UPMASK programı beş boyutlu astrometrik (öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaks ve hataları) ve fotometrik (*V* parlaklığı, *B-V* ve *U-B* renk indeksleri) veri uzayı esas alınarak çalıştırılmış ve yıldızların kümeye üyelik olasılıkları tayin edilmiştir.

### 3.3.2. Küme doğrultusundaki renk artığının tayini

Galaktik düzlemde yer alan yıldızlar yıldızlararası gaz ve tozdan özellikle optik dalga boylarında etkilenirler. Bu etkiler yıldızların parlaklıklarında sönümlenmeye, renklerinde de kızarmaya sebep olmaktadır. Dolayısıyla optik bölgede yapılan fotometrik gözlemlerin analizlerinde yıldızlararası ortamın sebep olduğu sönükleşme ve kızarma etkilerin giderilmesi gerekir.

Renk artığı tayininde sıklıkla *U-B* × *B-V* renk-renk diyagramları kullanılır. *UBV* sisteminin literatürde kabul görmesiyle birlikte bu sistemdeki renk bağıntıları birçok araştırmacı tarafından zaman içinde güncellenmiştir (Johnson 1966, FitzGerald 1970, Mermilliod 1981, Schmidt-Kaler 1982, Sung vd. 2013). Bunlardan en güncel bağıntılar Sung vd. (2013) tarafından verilmiş olup, tez çalışmasında bu bağıntılar dikkate alınmıştır.

Küme doğrultusundaki renk artıklarının (*E(B-V)* ve *E(U-B)*) hesaplanması için küme üyesi anakol yıldızları renk-renk diyagramı üzerinde yerleştirilerek kızarmadan arındırılmış anakol eğrisi (ZAMS, Sung vd. 2013) bu diyagram üzerinde gözlem verileriyle uyum sağlayana kadar kaydırılır (Bkz. Bölüm 2.2 ve Şekil 2.6). Kaydırma işlemi bağıntı 3.5 ile verilen ifadeye göre yapılmakta olup, bu ifade yıldızlararası kızarma kanunu ile kızarma doğrularının eğimini tanımlamaktadır (Johnson ve Morgan 1953, Hiltner ve Johnson 1956)



$$E(U - B)/E(B - V) = 0.72 + 0.05 \times E(B - V) \quad (3.5)$$

### 3.3.3. Kümelerin metal bolluğu tayini

Tek bir molekül bulutundan oluşan açık küme yıldızlarının kimyasal kompozisyonları birbirine benzerdir. Bir yıldızın kimyasal kompozisyonu fotometrik veya tayfsal yöntemler ile tayin edilebilir. Yıldızların tayf gözlemleri yüksek  $S/N$  değerlerinde ve yüksek çözünürlüklü olması durumunda oldukça duyarlı hesaplanabilir. Fakat Dünya üzerindeki büyük teleskoplar ve bu teleskopların odak düzlemlerinde bulunan hassas tayf çekerlerin bulunmaması tüm yıldızların tayfsal yöntemler ile incelenmesine bir kısıtlama getirmektedir.

Günümüzde sistematik tayf gözlemi yapan gökyüzü tarama programlarıyla (RAVE: Steinmetz vd. 2006; APOGEE: Allende Prieto vd. 2008; SEGUE: Yanny vd. 2009; GES: Gilmore vd. 2012; LAMOST: Zhao vd. 2012; GALAH: de Silva vd. 2015; BRAVA: Kunder vd. 2016 ve *Gaia*: Gaia Collaboration 2018; 2021) incelenen yıldızların radyal hızları ve tayf türlerinin yanı sıra, model atmosfer parametreleri ( $T_{\text{eff}}$ ,  $\log g$ ,  $[\text{FeH}]$ ) ve element bollukları  $[X/\text{Fe}]$  tayin edilmektedir. Tayfsal gözlemlerde yakın yıldızların element bollukları hassas ölçülürken, görelî olarak Güneş'ten uzakta bulunan yıldızların azalan  $S/N$  değerinden dolayı element bollukları doğru ve duyarlı ölçülememektedir. Açık kümelerde gerçekleştirilen hassas tayfsal gözlemler ancak kümelerin parlak yıldızları için geçerlidir. Bu da tayfsal gözlemlerin sınırlı ışınım gücü sınıfı bulunmasına yol açar. Bununla birlikte, tayf gözlemleri uzun gözlem zamanı gerektirdiğinden, küme gibi kalabalık yıldız alanlarındaki tüm kaynakların tayf ölçümü zordur. Fotometrik gözlemler ile geniş bir ışınım sınıfı ve parlaklıktaki yıldızların yüksek  $S/N$  değerleriyle gözlenmelerine imkân vardır. Özellikle sönük nesnelerin analizlerinde tayfa göre daha duyarlı sonuçlar elde edilmektedir (örneğin SDSS; York vd., 2000). Açık kümelerde, benzer astrofizik özellikte parlak ve sönük yıldızlar bir aradadır ve iyi tanımlanmış üye yıldızların fotometrik analizlerinden de hassas metal bolluğu tayini yapılabilmektedir.

Yıldızların fotometrik metal bollukları,  $UBV$  fotometrik sisteminde tanımlanmış ve metal bolluğuna duyarlı morötesi artığı kullanılarak hesaplanabilmektedir. Morötesi artığı ( $\delta_{U-B}$ ), anakol yıldızlarının, Güneş metal bolluğundaki Hyades anakol yıldızlarıyla aynı  $(B-V)_0$  renk indeksine denk gelen  $U-B$  farkı olarak tanımlanır. Bu fark, küme ve Hyades'in anakol yıldızlarının renk-renk diyagramındaki konumlarından hesaplanmaktadır. Yıldız atmosferindeki metal elementlerin azalmasıyla yıldızın morötesi bölgede alınan tayflarındaki soğurma çizgileri azalarak tayfin bu bölgesinde daha fazla enerji yayınlamasına sebep olur. Böylece, yıldızın  $U$  bandındaki akısında, atmosferinde daha fazla metal bulunduran bir yıldızla göre fazlalık gözlenir. Söz konusu durum, kümenin anakol yıldızlarının  $UBV$  iki-renk diyagramında Hyades kümesindeki anakol yıldızlarına göre bir morötesi fazlalığıyla kendini gösterir. Güneş civarındaki anakol yıldızlarının  $UBV$  iki-renk diyagramlarını inceleyen Sandage (1969), metalce fakir yıldızların  $B-V = 0.6$  renk indeksinde en büyük mor-ötesi artığına sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sandage (1969), aynı metal bolluğu değerindeki yıldızların mavi ve kırmızı taraflarında  $B-V = 0.6$  renk indeksine göre morötesi artığı azaldığından farklı  $B-V$  renk indeksindeki yıldızların mor-ötesi fazlalığını  $B-V = 0.6$  kadirine göre normalize etmek için  $f$  ile tanımlanan bir ifadeyle çarpılmaktadır. Normalize edilen mor-ötesi artık  $\delta_{0.6}$  sembolüyle ile gösterilir. Artan fotometrik ve tayfsal veriyle birlikte çok sayıda yeni metal bolluğu kalibrasyonu farklı araştırmacılar tarafından literatüre kazandırılmıştır

(Laird vd. 1988, Karaali vd. 2003b, 2005, 2011). Tez çalışmasında incelenen açık kümeler üye yıldızların  $UBV$  verileri Karaali vd.'nin (2011) bağıntısı yardımıyla kümelerin ortalama metal bollukları tayin edilmiştir. Karaali vd.'nin (2011) üretmiş olduğu fotometrik metal bolluğu ifadesi (3.6) ile verilmiştir.

$$[Fe/H] = -14.310\delta_{0.6}^2 - 3.557\delta_{0.6} + 0.105 \quad (3.6)$$

Burada  $\delta_{0.6}$   $(B-V)_0 = 0.6$  renk indeksine normalize edilen mor-ötesi artışı göstermektedir. Tez çalışması kapsamında analiz edilen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin fotometrik metal bolluğu ( $[Fe/H]$ ) tayininde küme üyesi F-G anakol yıldızlarının mor-ötesi artıklarından faydalanılmıştır.

Kümelerin yaş tayininde kullanılan eş-yaş eğrileri ağır element bolluğuna ( $Z$ ) duyarlı olduğundan, çalışmada elde edilen fotometrik metal bollukları Bovy'nin<sup>20</sup> PARSEC eş-yaş eğrilerini (Bressan vd. 2012) için elde ettiği dönüşüm bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Z_X = 10^{\left[ [Fe/H] + \log\left(\frac{Z_\odot}{1 - 0.2485 - 2.78 \times Z_\odot}\right) \right]} \quad (3.7)$$

$$Z = \frac{(Z_X - 0.2485 \times Z_X)}{(2.78 \times Z_X + 1)} \quad (3.8)$$

Burada  $Z_X$  bir ara işlem fonksiyonu olup Güneş'in ağır element bolluğu da  $Z_\odot = 0.0152$  olarak kabul edilmiştir. Ayrıca  $Z$  parametresi de  $Z_X$  ve  $[Fe/H]$  bağlı olup kümenin ağır element bolluk hesabında kullanılmaktadır.

### 3.3.4. Kümelerin uzaklık ve yaş tayini

Küme yıldızlarının Güneş'e uzaklıklarının neredeyse aynı olması açık kümelerin uzaklıklarının duyarlı bir şekilde tayinine fırsat verir. Küme yıldızlarının farklı renk-parlaklık diyagramlarındaki dağılımları uzaklık modüllerinin, buna bağlı olarak da buldukları açık kümenin uzaklıklarının belirlenmesinde kullanılır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde kümelerin uzaklık modüllerinin çoğunlukla ZAMS bağıntılarının yıldızlararası sönükleşme ve kızarmadan arındırılmış renk-parlaklık diyagramları üzerindeki küme yıldızlarına fit edilmesiyle hesaplandığı görülmektedir. Küme uzaklıklarının belirlenmesinde alternatif olarak kuramsal yıldız evrim modellerinden üretilen eş-yaş eğrilerinin anakol bağıntıları da kullanılmakta ve daha hassas sonuçlar elde edilmektedir. Bu yıldız evrim modelleri hazırlanırken yıldızların başlangıç kütle fonksiyonları ve metal bollukları gibi temel parametrelerin dikkate alınması gerekliliği söz konusudur.

Bressan vd. (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) aralığında tanımlanmış ve farklı fotometrik sistemler için PARSEC<sup>21</sup> eş-yaş eğrilerini oluşturulmuştur. PARSEC yıldız evrim

<sup>20</sup> <https://github.com/jobovy/isodist/blob/master/isodist/Isochrone.py>

<sup>21</sup> <http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd>

modelleri belli sürelerde güncellenmekte olup, son revizyon 11 Kasım 2022 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasında King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin uzaklık modülünün belirlenmesinde PARSEC modelleri kullanılmıştır. PARSEC modelleri  $V \times B-V$ ,  $V \times U-B$  ve  $G \times G_{BP}-G_{RP}$  renk-parlaklık diyagramları üzerinde kümeler için hesaplanan renk artışı değerleri de  $(E(B-V)$ ,  $E(U-B)$  ve  $E(G_{BP}-G_{RP})$ ) diyagramda üzerinde kümeye üye anakol yıldızlarıyla en iyi uyumu sağlayacak şekilde kaydırılmıştır. Bu metot *anakol çakıştırma yöntemi* olarak bilinmektedir. Küme uzaklıkları ise uzaklık modülü bağıntısıyla tayin edilir:

$$(m - M_V)_0 = V - M_V - A_V = 5 \times \log(d) - 5 \quad (3.9)$$

Yukarıdaki bağıntıda  $V-M_V$  kümenin anakol çakıştırma yöntemiyle elde edilen uzaklık modülünü,  $(m_V-M_V)_0$  kızarmadan arındırılmış uzaklık modülünü,  $A_V$  yıldızlararası sönmüşlük değeri ve  $d$  kümenin uzaklığını ifade eder.

Bu tezde uygulanan anakol çakıştırma yöntemi, kümelerin yaş tayini ile birlikte eş zamanlı yapılmıştır. Küme uzaklıklarının belirsizlikleri Carrera vd.'nin (2017) vermiş olduğu, aşağıda ifade edilen, bağıntılardan belirlenmiştir.

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

$$\Delta[\log(d)] = \frac{1}{5} \times [\Delta V + \Delta(M_V) + \Delta(A_V)], \quad (3.10)$$

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

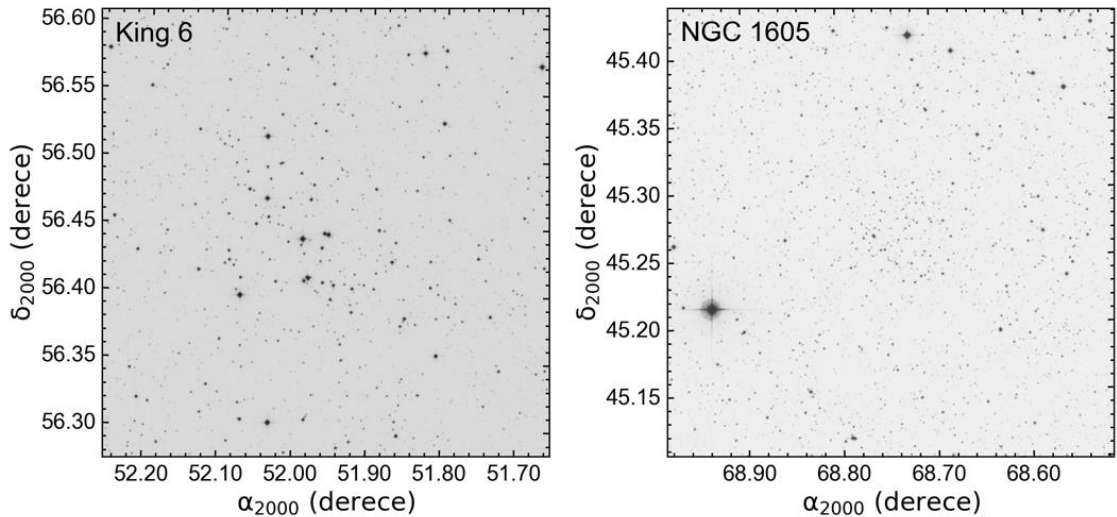
Burada  $\Delta V$  ve  $\Delta(B-V)$  değerleri, sırasıyla, parlaklık ve renk hatalarını göstermekte olup kümelerin ortalama değerleri kullanılmıştır. İncelenen kümelerin uzaklıklarındaki belirsizliklerin hesaplanmasına yönelik bağıntı aşağıda verilmiştir.

$$\Delta(d) = \ln(10) \times d \times \frac{1}{5} \times [\Delta V + 3.1 \times \Delta E(B - V)] \quad (3.11)$$

Küme üyesi yıldızların yaşlarının yaklaşık aynı ve kütlelerinin birbirinden farklı olduğu bilinmektedir. Bu özellikleri, küme yıldızlarının renk-parlaklık diyagramlarında tek bir eş-yaş eğrisiyle temsil edilmesini sağlar. Tez çalışmasında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin  $V \times B-V$ ,  $V \times U-B$  ve  $G \times G_{BP}-G_{RP}$  renk-parlaklık diyagramları oluşturularak, PARSEC eş-yaş eğrileriyle kümelerin uzaklık modülleri ve yaşları eş-zamanlı hesaplanmıştır.

#### 4. BULGULAR

Tez çalışmasında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri TUG T100 teleskobuyla, sırasıyla, 30 Eylül 2019 ve 24 Eylül 2014 tarihlerinde gözlenmiştir. King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin Simbad ve Vizier’de kayıtlı ekvatorial koordinat sistemindeki yıldız haritaları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Gözlemler T100’e bağlı *UBV* filtrelerinde alınmış olup, her bir filtrede farklı poz süreleri kullanılmıştır (Çizelge 3.1). Ayrıca, kümeler ile birlikte aynı gecelerde, Landolt’un (2009) standart yıldız alanları da farklı hava kütlelerinde gözlenmiştir. Gözlem görüntülerinin CCD kalibrasyonlarıyla, küme ve standart yıldız alanlarında tespit edilen yıldızların fotometrik parlaklıklarının tayini ve gecelik sönmüleme dönüşüm katsayılarının hesaplamaları Bölüm 3’te anlatılmıştır. King 6 ve NGC 1605 açık küme görüntülerinde tespit edilen yıldızların aletsel parlaklıklarının tayininden önce astrometrik kalibrasyonlar yapılmış olup, her bir yıldızın CCD üzerine karşılık gelen piksel koordinatları ( $X, Y$ ) ekvatorial koordinatlarına ( $\alpha, \delta$ ) dönüştürülmüştür. IRAF yazılım paketleri kullanılarak küme görüntülerinin  $U, B$  ve  $V$  filtrelerinde aynı poz sürelerinde alınan görüntüleri birleştirilerek toplam görüntüleri elde edilmiştir. Böylece her bir filtrede tespit edilen yıldızların aynı koordinata gelmesi ve S/N oranının artırılması sağlanmıştır. Toplam görüntülerdeki yıldızların aletsel parlaklıkları Bertin ve Arnouts’un (1996) SExtractor ve PSFex programları kullanılarak ölçülmüştür. Aletsel parlaklıkların standart sistemdeki parlaklıklara dönüştürülmesinde standart yıldızların parlaklık ölçümlerinden elde edilen gecelik sönmüleme ve dönüşüm katsayılarıyla (Çizelge 3.2) Bölüm 3.2.3’te verilen (3.2)-(3.5) bağıntıları kullanılmıştır. Görüntü analizleri sonucunda, King 6 ve NGC 1605 kümeleri doğrultusunda henüz üyelikleri tespit edilmemiş, sırasıyla, 884 ve 2474 yıldız tespit edilmiş olup, bu yıldızların ekvatorial koordinatlarını, *UBV* parlaklık ve renkleriyle bu ölçümlerin hatalarını içeren fotometrik katalogları oluşturulmuştur.



**Şekil 4.1:** King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin Simbad ve Vizier’de kayıtlı ekvatorial koordinat sistemindeki yıldız haritaları. Şekillerin üst kısımları Kuzey, sol tarafları Doğu yönünü göstermektedir.

King 6 açık kümesi için oluşturulan fotometrik katalogdaki kaynakların ekvatorial koordinatları *Gaia* DR3 (*Gaia* Collaboration, 2022) veri tabanındaki koordinatlar ile açısal uzaklık için en fazla  $r = 5''$  bir sınır değeri dikkate alınarak eşleştirilmeye çalışılmıştır. Bu yöntem ile King 6 açık kümesi doğrultusunda 884 yıldızın öz hareket bileşenlerine ( $\mu_\alpha \cos \delta$ ,  $\mu_\delta$ ) ve trigonometrik paralaks ( $\varpi$ ) verilerine ulaşılmıştır. Böylece iki fotometrik sistemdeki verileri içeren bir ana katalog hazırlanmıştır. Benzer analizler NGC 1605 açık kümesi içinde gerçekleştirilmiş ve küme doğrultusunda teşhis edilen 2474 yıldızla ulaşılarak NGC 1605 açık kümesi için de bir ana katalog oluşturulmuştur.

#### 4.1. Kümelerin Fotometrik Analizi

Tez çalışması kapsamında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin *UBV* mutlak fotometrik verileri oluşturulduktan sonra kümelerin *V* görünen parlaklıklarıyla *U-B* ve *B-V* renk indekslerine ait belirsizlikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

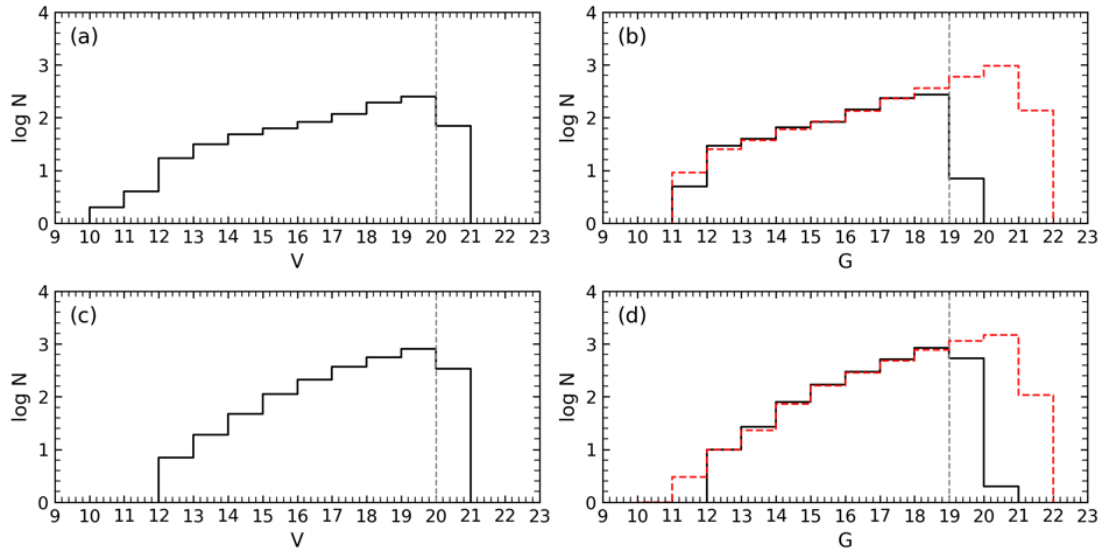
Küme doğrultusundaki kaynakların fotometrik belirsizlikleri yıldızların aletsel parlaklıklarından, renk indeksi için verilen belirsizlikler de hata yayılımlarından tayin edilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde *V* bandındaki hataların sönük yıldızlara gidildikçe King 6 ve NGC 1605 için, sırasıyla, 0.03 ile 0.05 kadire ulaştığı tespit edilmiştir. Johnson sistemindeki renk indeksleri *V* parlaklığının bir fonksiyonu olarak incelendiğinde King 6’da (*U-B*) hataları 0.16 ve (*B-V*) hataları 0.11 kadire ulaşmakta, NGC 1605 için bu hataların (*U-B*) ve (*B-V*) renk indekslerinde, sırasıyla, 0.24 ve 0.10 kadir olduğu belirlenmiştir. Uzay tabanlı gözlemlerin fotometrik hataları incelendiğinde King 6 için *Gaia* *G* parlaklığı ve (*G<sub>BP</sub>-G<sub>RP</sub>*) renk indeksi hatalarının, sırasıyla, 0.004 ve 0.077 kadir, NGC 1605 için bu değerlerin, sırasıyla, 0.004 ve 0.073 kadir olduğu tespit edilmiştir. Uzay tabanlı fotometrik veriler dünya atmosferinden etkilenmediği için yer tabanlı fotometrik gözlemlere göre daha duyarlıdır. Ayrıca, uzay tabanlı gözlemlerde kullanılan fotometrik filtrelerin band genişlikleri bazı özel durumlarda büyük olduğundan yıldız akıplarını daha büyük bir doğrulukla tayin edilmesini sağlar. Bununla birlikte, yer tabanlı gözlemlerde kullanılan fotometrik bandların daha dar olması ve özel bölgelere ait enerji ölçmesi de (*UBV* fotometrisinde olduğu gibi) yıldızların doğalarının anlaşılmasında önemlidir.

Kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin duyarlı tayin edilmesinde küme alanlarında tespit edilen yıldızların fotometrik tamlık sınırlarının belirlenmesi önemlidir. Tez çalışmasında yer ve uzay tabanlı fotometrik gözlem verileri kullanıldığından tamlık sınırlarının farklı olması beklenmektedir. Fotometrik tamlık sınırları kullanılan fotometrik sisteminin geçirgenlik fonksiyonlarına, gözlemlerde kullanılan poz süresine ve teleskobun ayna çapına bağlıdır. Yer ve uzay tabanlı fotometrik gözlemlerin tamlık sınırları görünen *V* ve *G* parlaklıklarının bir fonksiyonu olarak incelenmiş ve Şekil 4.2’de histogramlar biçiminde gösterilmiştir. Gözlemlerde kullanılan poz sürelerine bağlı olarak sönük kaynaklara doğru yıldız sayıları artmakta ve belli bir parlaklıkta doyum noktasına ulaşarak, bu parlaklığın ötesinde keskin bir şekilde azalmaktadır. Literatürde fotometrik tamlık sınırı doyma noktasındaki limit parlaklık olarak kabul edilir. Şekil 4.2’de King 6 (a ve b) ve NGC 1605 (c ve d) açık kümelerinin parlaklık histogramları incelendiğinde yer tabanlı gözlemlerde iki küme için de tamlık sınırı  $V=20$  kadir iken, uzay tabanlı gözlemlerde  $G=19$  kadir olarak belirlenmiştir. Bu fotometrik tamlık sınırları gri kesikli çizgiler ile Şekil üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca, her iki fotometrik sistemde tespit edilmiş yıldızların dağılımları incelendiğinde birim görünen parlaklık aralıklarındaki yıldız

sayılarının söz konusu iki sistemde uyumlu olduğu ve gözlemlerde yıldız kaybedilmediği Şekil 4.2b ve d’den görülmektedir.

**Çizelge 4.1:** *V* bandı parlaklıklarına göre tayin edilen fotometrik hatalar. *N* incelenen parlaklık aralığındaki yıldız sayısı,  $\sigma_V$ ,  $\sigma_{U-B}$ ,  $\sigma_{B-V}$ ,  $\sigma_G$ ,  $\sigma_{GBP-GRP}$ , sırasıyla, *V*, *U-B*, *B-V*, *G* ve *G<sub>BP</sub>-G<sub>RP</sub>* parlaklıklar ve renk indekslerindeki belirsizlikleri göstermektedir.

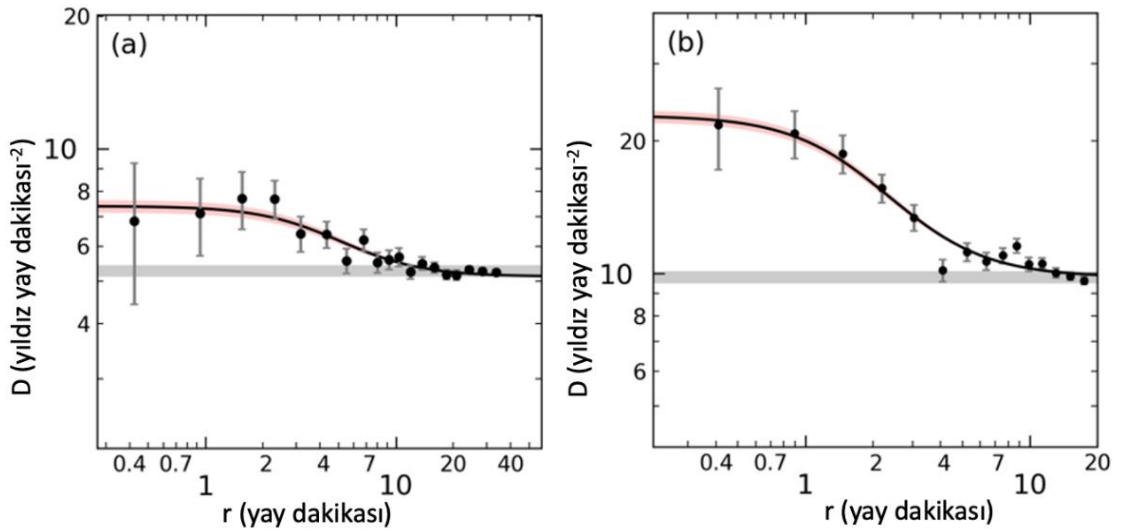
King 6						
<i>V</i> aralığı	<i>N</i>	$\sigma_V$	$\sigma_{U-B}$	$\sigma_{B-V}$	$\sigma_G$	$\sigma_{GBP-GRP}$
(08, 12]	7	0.001	0.001	0.001	0.003	0.007
(12, 14]	48	0.002	0.003	0.003	0.003	0.005
(14, 15]	48	0.001	0.005	0.002	0.003	0.005
(15, 16]	64	0.001	0.011	0.003	0.003	0.006
(16, 17]	83	0.002	0.025	0.006	0.003	0.008
(17, 18]	116	0.004	0.054	0.012	0.003	0.012
(18, 19]	195	0.009	0.074	0.025	0.003	0.025
(19, 20]	253	0.021	0.087	0.066	0.003	0.054
(20, 22]	70	0.033	0.156	0.107	0.004	0.077
NGC 1605						
(08, 12]	----	----	----	----	----	----
(12, 14]	26	0.001	0.003	0.001	0.003	0.006
(14, 15]	47	0.001	0.006	0.002	0.003	0.005
(15, 16]	111	0.002	0.012	0.003	0.003	0.006
(16, 17]	212	0.003	0.025	0.005	0.003	0.007
(17, 18]	371	0.006	0.050	0.010	0.003	0.011
(18, 19]	568	0.013	0.106	0.021	0.003	0.023
(19, 20]	802	0.029	0.173	0.051	0.004	0.048
(20, 22]	336	0.052	0.239	0.101	0.004	0.073



**Şekil 4.2:** King 6 (a ve b) ve NGC 1605 (c ve d) açık kümeleri alanında tespit edilen yıldızların *V* ve *G* görünen parlaklıklarına göre histogramları. Histogramdaki siyah düz ve kırmızı kesikli çizgiler *V* ve *G* görünen parlaklık aralıklarındaki yıldız sayılarını, gri kesikli çizgiler de iki fotometrik sistemdeki tamlık sınırlarını göstermektedir.

## 4.2. Kümelerin Yapısal Parametreleri

İncelenen iki açık kümenin yapısal parametrelerini tayin edebilmek için her bir küme alanında teşhis edilen yıldızlardan yoğunluk profilleri oluşturulmuştur. Uzay yoğunluk profillerinin modellenmesinde King (1962) modeli kullanılarak incelenen açık kümelerin zemin ( $f_{bg}$ ) ve merkez ( $f_0$ ) yoğunlukları, kor yarıçapları ( $r_c$ ) ve limit yarıçapları ( $r_{lim}$ ) hesaplanmıştır. Uzay yoğunluk profillerinin oluşturulmasında King 6 ve NGC 1605 küme alanlarının merkezi koordinatlarından itibaren belirlenen farklı uzaklıklar ( $r_i$ ) için çemberler belirlenmiş ve her bir çember içinde kalan yıldızların  $\rho(r)$  yıldız sayı yoğunlukları hesaplanmıştır. Bunun için her bir çember içindeki yıldız sayıları ( $N_i$ ) çember alanlarına ( $A_i$ ) oranlanmıştır ( $\rho(r_i) = N_i/A_i$ ). Burada  $i$  alt indisi ilgili çemberi temsil etmektedir. Uzay yoğunluk profilleri küme merkezinden itibaren hesaplanan uzay yoğunluklarının buldukları yarıçap uzaklığına işaretlenmesiyle oluşturulmuştur. Yer tabanlı gözlemlerde kullanılan CCD kameranın görüş alanı  $21.5 \times 21.5$  yay dakikası büyüklüğünde olup sınırlı yarıçapı yaklaşık 11 yay dakikası büyüklüğündeki bir gökyüzü bölgesini görmektedir. Kümenin etkin yarıçapını daha iyi belirleyebilmek için geniş bir gökyüzü alanı gerektiğinden, tez çalışmasında *Gaia* uydusunun fotometrik verilerinden faydalanılmıştır. Bunun için *Gaia* DR3 veri tabanında (Gaia Collaboration, 2022) küme merkezinden itibaren  $r = 40$  yay dakikası büyüklüğündeki yıldız alanı kullanılmıştır.



**Şekil 4.3:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerinin uzay yoğunluk profilleriyle bu profilleri en iyi ifade eden King model eğrileri (siyah eğri). Taralı gri bölge zemin yoğunluğunu, kırmızı band King profilinin güvenilirlik bölgesini göstermektedir. Yıldız sayı yoğunluklarındaki hatalar Poisson gürültü istatistiğiyle ( $1/\sqrt{N}$ ) hesaplanmıştır.

King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri için oluşturulan uzay yoğunluk profilleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Yoğunluk profillerinin modellenmesinde Bağıntı (4.1)'de verilen King modeli kullanılmıştır.

$$\rho(r) = f_{bg} + \frac{f_0}{1 + (r/r_c)^2} \quad (4.1)$$

Bağıntındaki  $\rho(r)$  seçilen çember içindeki yıldız yoğunluğunu,  $r_c$ ,  $f_0$  ve  $f_{bg}$  de, sırasıyla, kümenin kor yarıçapını merkezi ve zemin yoğunluklarını ifade etmektedir. Kümelerin açısal uzanımlarının belirlenmesinde ( $r_{lim}$ ) uzay yoğunluk profillerinin zemin yoğunluğuyla kesiştiği uzaklık dikkate alınmıştır. Gözlemsel uzay yoğunluklarının King modeliyle uyumunun araştırılmasında  $\chi^2$  analiz yöntemi kullanılmıştır. Analizlerde, gözlemsel uzay yoğunluklarını en iyi ifade eden modelin seçiminde en küçük  $\chi^2$  değerli model dikkate alınmış ve bu model için üretilen parametreler de kümelerin yapısal parametreleri olarak kabul edilmiştir. King model fitleri Şekil 4.3'te siyah eğriler ile, zemin yıldız yoğunluğu da taralı gri bölgeyle gösterilmiş, hesaplanan parametreler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2:** King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yapısal parametreleri.  $f_0$  ve  $f_{bg}$ , sırasıyla, kümelerin merkezi ve zemin yıldız sayı yoğunluklarını,  $r_c$  kümelerin kor yarıçaplarını,  $r_{lim}^{obs}$  ve  $r_{lim}^{teo}$  gözlemsel ve teorik küme limit yarıçaplarını ve  $R^2$  de King modelinin korelasyon katsayısını göstermektedir.

Küme	$f_0$ (yıldız/yay dakika <sup>2</sup> )	$f_{bg}$	$r_c$	$r_{lim}^{obs}$ (yay dakika)	$r_{lim}^{teo}$	$R^2$
King 6	2.284±0.243	5.118±0.159	4.677±1.069	10	10.37±0.34	0.866
NGC 1605	13.050±0.726	9.808±0.303	1.903±0.204	10	7.58±0.34	0.984

Literatürde açık kümelerin yapısal parametrelerine bağlı olarak hesaplanan deneysel bir bağıntı bulunmaktadır (Bukowiecki vd. 2011). Bu bağıntıda kümelerin merkezi ( $f_0$ ) ve zemin ( $f_{bg}$ ) yoğunluklarıyla birlikte etkin kor yarıçapının ( $r_c$ ) bilinmesi gerekmektedir.

$$r_{lim} = r_c \sqrt{\frac{f_0}{3 \times \sigma_{bg}} - 1} \quad (4.2)$$

King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri için hesaplanan ve Çizelge 4.2'de listelenen parametreler dikkate alınarak kümelerin Bağıntı 4.2'den hesaplanan teorik limit yarıçapları  $r_{lim}^{teo}$  sırasıyla, 10.37 ve 7.58 yay dakikasıdır. Tez çalışmasında King modeliyle belirlenen gözlemsel limit yarıçaplar  $r_{lim}^{göz}$  King 6 ve NGC 1605 kümeleri için 10 yay dakikasını kabul edilmiştir. Bu sonuçlara göre King 6'daki teorik ve gözlemsel uyum oldukça iyi iken NGC 1605'te gözlemsel sonuç teorik sonuca göre 2.5 yay dakikasını daha büyük hesaplanmıştır. Genel olarak iki küme için belirlenen gözlemsel sınırlar teorik sonuçlar ile uyum içindedir.

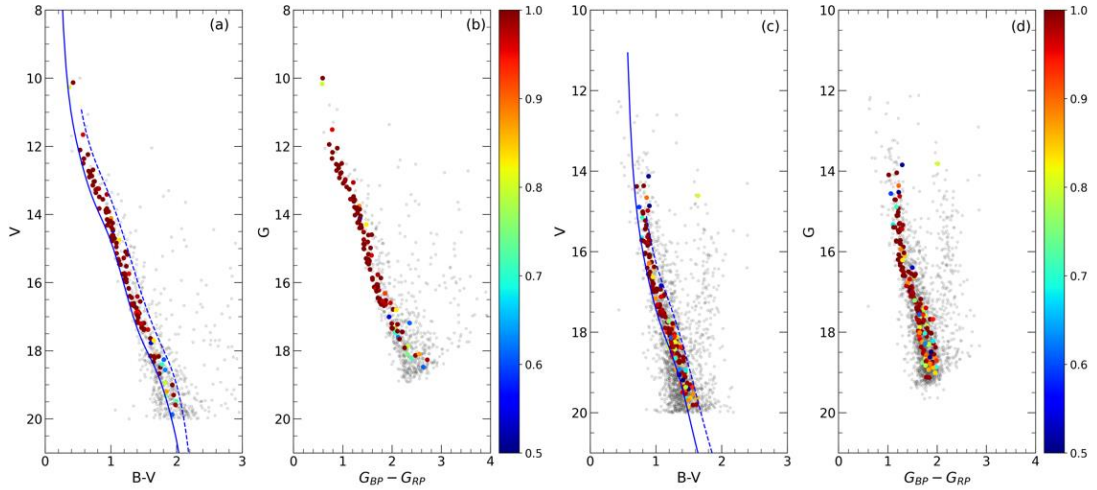
### 4.3. Kümelerin Üye Yıldızları

Tez çalışmasında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri alanında tespit edilen yıldızların kümeye üyelik olasılıklarının hesaplanmasında UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho, 2014) yazılımı kullanılmıştır (Bölüm 3.3.1). İki küme için oluşturulan kataloglardaki yıldızların *Gaia* DR3 (*Gaia* Collaboration, 2022) verilerinden öz hareket bileşenleri ( $\mu_\alpha \cos \delta$ ,  $\mu_\delta$ ), trigonometrik paralaksı ( $\varpi$ ) ve bu ölçümlere ait belirsizlikleri programın girdi parametreleri olarak kullanılmış ve incelenen her bir yıldızın kümeye üyelik olasılıkları ( $P$ ) hesaplanmıştır. Analizler sırasında UPMASK beş

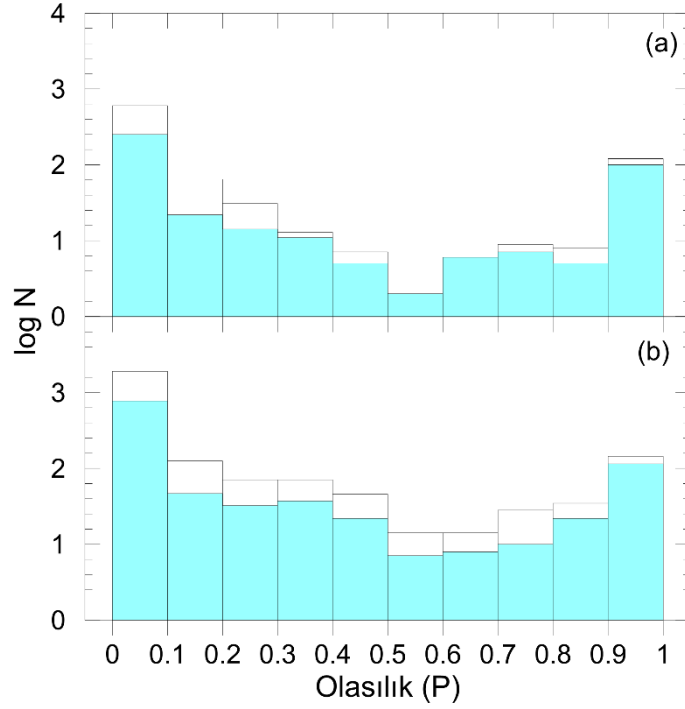


boyutlu astrometrik uzay için farklı *k-means* değerlerine göre iterasyon sayısı 100 olacak şekilde çalıştırılmıştır. Küme morfolojisini en iyi temsil eden olasılık dağılımını veren *k-means* değeri en iyi çözüm kabul edilmiş olup, bu değer King 6 ve NGC 1605 için de 22 kabul edilmiştir. Renk-parlaklık diyagramlarında küme morfolojisini homojen ve duyarlı bir şekilde ifade edilebilmesi için yüksek olasılıklı üye yıldızların seçilmesinde istatistiksel olarak üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan yıldızlar dikkate alınmıştır. Buna göre, UPMASK analizleri sonucunda kümeye üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan yıldızların sayısı King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri için, sırasıyla, 148 ve 240 belirlenmiştir.

Farklı fotometrik sistemlerde oluşturulan gözlemsel renk-parlaklık diyagramları kümelerin yaş, uzaklık gibi astrofizik parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan önemli araçlardır. Ayrıca, söz konusu diyagramlar farklı renk uzaylarında kümelerin anakol, dönüm noktası dev kolu gibi yapılarının ortaya çıkartılmasında etkilidir. Küme alanındaki yıldızların fotometrik parlaklık ölçümlerindeki hataların sönük kadirlerle doğru artması ve bazı çift sistemlerin fotometrik olarak ayırt edilememesi renk-parlaklık diyagramları üzerinde küme anakolunun genişlemesine ve bir bant şeklinde görünmesine neden olmaktadır. Fotometrik olarak bileşenleri tek tek ayırt edilemeyen yıldız sistemleri tek bir yıldız gibi davranarak kümenin anakolunda daha parlak ve kırmızı bölgede yer almakta olup, bu durum, çift yıldız etkisi olarak ifade edilmektedir. Küme alanlarındaki yıldızların üyelik olasılıkları istatistiksel olarak hesaplanabilir olsa da, bu hesaplamalar kümelerin anakol bandının genişlemesinde etkili çift yıldız katkısının belirlenmesine yönelik duyarlı sonuç vermediği gibi, sönük parlaklıklarda üyelik hesaplarının hassasiyetini azaltmaktadır.



**Şekil 4.4:** King 6 (a-b) ve NGC 1605 (c-d) küme alanlarındaki yıldızlar ile üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olanların  $V \times (B-V)$  ve  $G \times (G_{BP} - G_{RP})$  renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları. Gri daireler alan yıldızlarını, farklı renkteki daireler kümeye en muhtemel üyeleri temsil etmektedir. Kümenin anakolunun alt tabanını temsil eden sürekli mavi çizgi Sung vd.'ne (2013) ait ZAMS eğrisini, üstte olan kesikli çizgi ise ZAMS'ın çift yıldız etkisi dikkate alınarak 0.75 kadir parlaklaştırılan eğrisini göstermektedir.

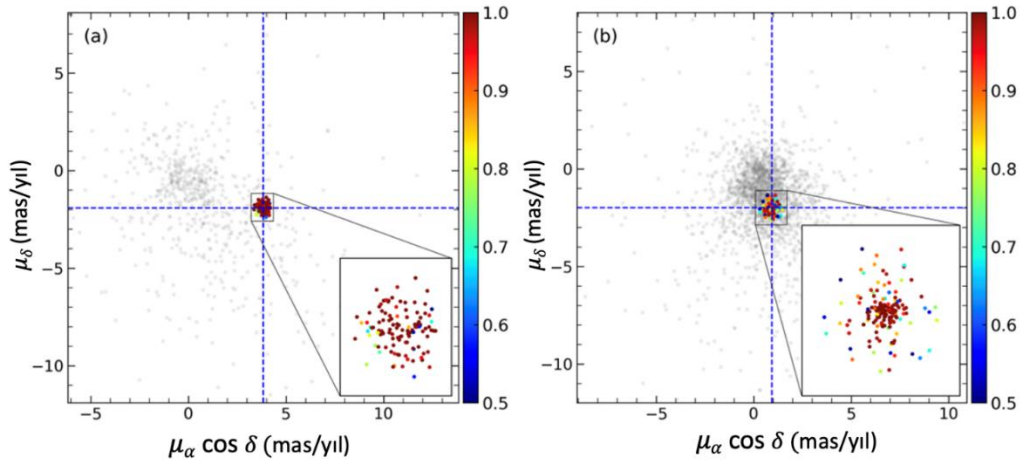


**Şekil 4.5:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık küme alanlarındaki tüm nesnelerin kümelere üyelik olasılığı (beyaz renk) ve renk-parlaklık diyagramlarıyla etkin yarıçap sınırları içindeki yıldızların üyelik olasılıkları (açık mavi).

Söz konusu problemlerin giderilmesi ve yüksek olasılıklı küme üyelerinin duyarlı seçilmesi amacıyla, tez çalışmasında incelenen iki küme alanında tespit edilen yıldızların istatistiksel üyeliklerinin yanı sıra renk uzaylarındaki konumları da dikkate alınmıştır. Bunun için öncelikle, kümelerin Bölüm 4.2’de belirlenen etkin yarıçapları içinde yer alan kümeye üyelik olasılıkları  $P \geq 0.5$  olan yıldızların  $V \times (B-V)$  renk-parlaklık diyagramları oluşturulmuştur. Daha sonra bu yıldızların diyagramlar üzerindeki dağılımlarından kümelerin anakolu göz ile yaklaşık olarak belirlenerek ZAMS’ın alt sınırı belirlenmiştir. Bunun için tez çalışmasında Sung vd.’nin (2013) gözlemsel ZAMS verileri kullanılmıştır. Kümenin anakolunun bant şeklinde genişlemesine neden olabilecek çift yıldız etkisi de dikkate alınarak ZAMS eğrisi belirlenen alt anakol sınırından itibaren parlak kadırlara doğru dikey yönde en fazla  $\sim 0.75$  kadar olacak şekilde kaydırılmıştır (Şekil 4.4). Bu yöntem ile üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan, dönüm noktasından sönük parlaklıkta bulunan ve iki ZAMS eğrisi arasında kalan anakol yıldızlarıyla, dönüm noktasından parlak ve küme devleri olabilecek yıldızlar seçilmiştir. Sonuç olarak, ZAMS eğrisi sınırlamasıyla birlikte kümelerin  $V$  fotometrik tamlık limitinden parlak, etkin yarıçap içinde kalan ve üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan yıldızlar kümelerin yüksek olasılıklı üyeleri olarak seçilmiştir. Buna göre, astrometrik ve fotometrik kriterler ile, King 6 ve NGC 1605 kümeleri doğrultusunda fotometrik tamlık limitinden parlak ( $V \leq 20$  kadar), etkin yarıçap içinde bulunan ( $r_{\text{lim}}^{\text{göz}} \leq 10'$ ), ZAMS eğrileri arasında kalan ve üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan yıldızların sayısı, sırasıyla, 112 ve 160 olarak belirlenmiştir. Bu yıldızlar iki küme için yüksek olasılıklı üyeler olup, tez çalışmasında King 6 ve NGC 1605’in astrometrik ve astrofizik parametrelerinin tayininde kullanılmıştır. İki küme alanında tespit edilen yıldızlar ile, renk-parlaklık diyagramlarında ZAMS eğrileriyle sınırlanan bölge ve kümelerin etkin yarıçapları içinde kalan yıldızların üyelik olasılıklarının dağılımları Şekil 4.5’te

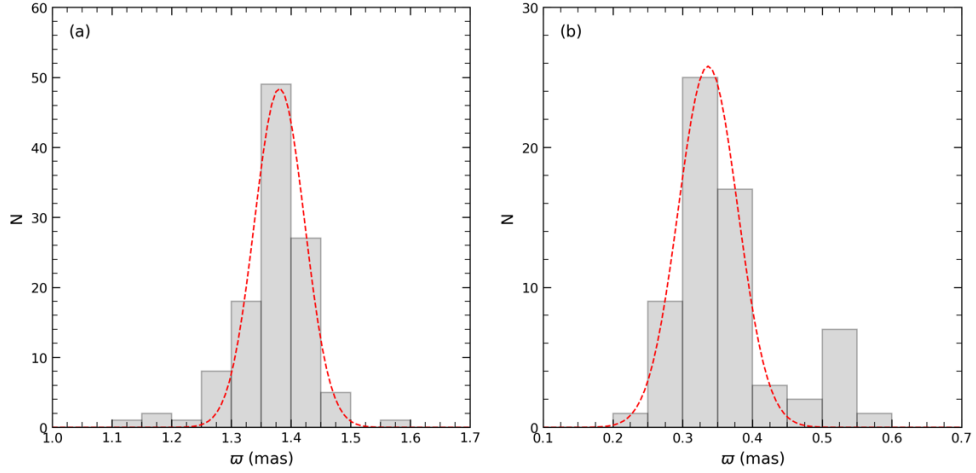
gösterilmiştir. Küme analizlerinde üyelik olasılıkları  $P \geq 0.5$  olan yıldızlar kullanılmıştır. Bu yıldızların da seçilmiş bölgedeki tüm yıldızlara oranı King 6 ve NGC 1605 için, sırasıyla, %29 ve %15 belirlenmiştir. Kümeye üyelikleri yüksek olan bu yıldızlar, kümelerin yapısal ve astrofizik parametrelerinin tayininde dikkate alınmıştır.

King 6 ve NGC 1605 kümelerinin  $V \times (B-V)$  ve  $G \times (G_{BP} - G_{RP})$  diyagramları ile yüksek olasılıklı üye yıldızların bu diyagramlardaki konumları Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4a (King 6) ve Şekil 4.4c'de (NGC 1605) anakoldaki çift yıldız etkisini içeren ZAMS eğrisi düz ve kesikli mavi çizgiler ile  $V \times (B-V)$  diyagramlarında gösterilmiştir. Aynı yıldızların *Gaia* tabanlı oluşturulan renk uzaylarındaki konumları da Şekil 4.4b (King 6) ve Şekil 4.4d'de (NGC 1605)  $G \times (G_{BP} - G_{RP})$  diyagramları üzerinde sunulmuştur.



**Şekil 4.6:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık küme alanlarındaki yıldızların *Gaia* DR3 veri tabanından alınan öz hareket bileşenlerinin dağılımları. Renk ölçekleri yüksek olasılıklı küme yıldızlarını, içi dolu gri daireler ise alan yıldızlarını göstermektedir. Kesikli mavi çizgiler kümelerin ortalama öz hareket bileşenlerini temsil etmektedir. Büyütülmüş kutular içinde farklı renklerle gösterilen yıldızlar kümelere yüksek olasılıklı üye yıldızları göstermektedir.

Tez çalışmasında analiz edilen iki açık kümenin alan yıldızlarına göre dağılımlarının belirlenmesinde öz hareket bileşenlerinden oluşturulan diyagramları üzerindeki konumları incelenmiştir. King 6 ve NGC 1605 kümeleri doğrultusundaki yıldızların *Gaia* DR3 (Gaia Collaboration, 2022) öz hareket verilerine göre diyagramlardaki konumları Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Ayrıca, şekil üzerinde kümeye yüksek olasılıklı yıldızlar ( $P \geq 0.5$ ) renk ölçeğiyle tanımlanan dairelerle sunulmuştur. Şekil 4.6a (King 6) ve Şekil 4.6b (NGC 1605) incelendiğinde, iki kümeye yüksek olasılıklı üye yıldızların (renkli daireler) belirgin bir küme yapısı oluşturdukları görülmektedir. Bununla birlikte, King 6 (Şekil 4.6a) kümesinin alan yıldızlarından (gri daireler) ayrı, NGC 1605'in (Şekil 4.6a) ise alan yıldızlarına gömülü bir konumda oldukları belirlenmiştir. King 6 ve NGC 1605 kümelerine yüksek olasılıklı üye ( $P \geq 0.5$ ) yıldızlardan itibaren iki kümenin ortalama öz hareket bileşenleri hesaplanmıştır. Böylece, King 6 için ortalama öz hareket bileşenleri ( $\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta = 3.833 \pm 0.034, -1.906 \pm 0.032$ ), NGC 1605 için de ( $\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta = 0.928 \pm 0.104, -1.997 \pm 0.082$ ) mas/yıl tayin edilmiştir.



**Şekil 4.7:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) kümelerine yüksek olasılıklı üye ve rölatif paralaks hataları  $\sigma_{\varpi}/\varpi < 0.2$  olan yıldızlardan oluşturulan trigonometrik paralaks histogramları. Kırmızı kesikli eğri dağılıma geçirilen Gauss fitini göstermektedir.

Yüksek olasılıklı küme yıldızlarının ( $P \geq 0.5$ ) trigonometrik paralaks verilerine göre dağılımları Şekil 4.7'deki histogramlarda gösterilmiştir. İki açık kümeye ait yıldızların trigonometrik paralaks verileri bilindiğinden üye yıldızların ortalama trigonometrik paralaksları belirlenebilir. Tez çalışmasında trigonometrik paralaks verilerine ait belirsizlikler de bilindiğinden yıldızların rölatif paralaks hatalarına ( $\sigma_{\varpi}/\varpi$ ) sınırlama getirilerek daha duyarlı uzaklık tayini yapılmıştır. Bunun için her iki kümede rölatif paralaks hatası  $\sigma_{\varpi}/\varpi < 0.2$  seçilerek King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinde, sırasıyla, 112 ve 66 yıldıza ulaşılmıştır. Bu yıldızların trigonometrik paralakslarının histogramları oluşturularak birer Gauss eğrisi fit edilmiş ve dağılımların en olası trigonometrik paralaks değeri tayin edilmiştir (Şekil 4.7). Bu analizler sonucunda King 6 için ortalama trigonometrik paralaks değeri  $\varpi = 1.381 \pm 0.042$  mas, NGC 1605 için de  $\varpi = 0.336 \pm 0.043$  mas belirlenmiştir. Kümeler için hesaplanan ortalama trigonometrik paralaks değerlerinin  $d$  (pc) =  $1000/\varpi$ (mas) bağıntısına yerleştirilmesiyle King 6'nın uzaklığı  $d_{\varpi} = 724 \pm 22$  pc, NGC 1605'in de  $d_{\varpi} = 2972 \pm 376$  pc elde edilmiştir.

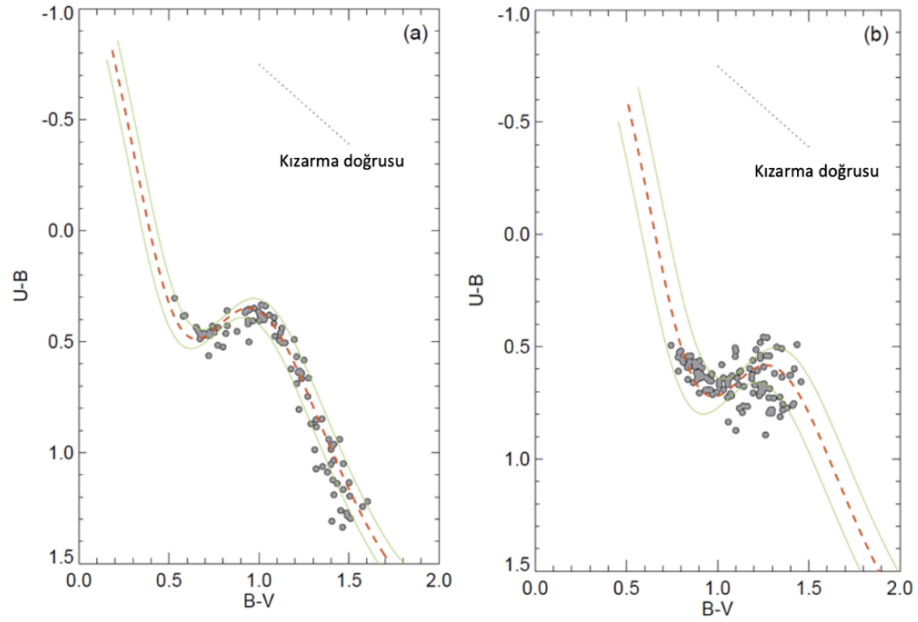
#### 4.4. Kümelerin Astrofizik Parametrelerinin Tayini

Günümüzde açık küme çalışmaları özellikle fotometrik ve astrometrik veri tabanları üzerinden sürdürülmektedir. Küme analizlerinde kümeye üye yıldızlar renk-parlaklık diyagramları üzerine işaretlenerek yıldız evrim modelleri (eş-yaş eğrileri) fit edilerek renk artığı, metal bolluğu, uzaklık modülü ve yaş tayini eş zamanlı gerçekleştirilmektedir. Fakat bu yöntemin en tartışmalı yanı yaş ile birlikte diğer üç parametrenin de eş zamanlı belirlenmesidir. Bu durum kümelerin temel parametreleri arasında bir dejenerasyonluğa neden olmaktadır (King vd. 2005, Janes vd. 2014, Yontan vd. 2015). Parametre dejenerasyonluğu da küme parametrelerinin doğru ve duyarlı belirlenmesini engellemektedir. Bu problemin üstesinden gelmenin yolu her bir astrofizik parametrenin ( $E(B-V)$ ,  $[Fe/H]$  ve  $\mu$ ) bağımsız yolla belirleyip, ardından eş-yaş eğrileriyle doğrudan kümenin yaşını tayin etmektir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde

kümelerin temel astrofizik parametrelerini belirleyecek özel fotometrik filtrelerin kullanımından kaçınıldığı görülmektedir. Özellikle metal bolluğu ve renk artığının tayininde önemli bir yeri olan  $U$  bandının kullanılmadığı tespit edilmiştir. Bilindiği gibi  $U$  bandı gözlemlerinde gözlemevinin konumunun deniz seviyesinden oldukça yüksekte ve CCD kamera alıcısının kısa dalgaboylarında yüksek kuantum etkinliğinde olması gerekmektedir. Bu koşulların sağlanmaması küme üyesi yıldızlarının astrofizik parametrelerinin tayinini zorlaştırmaktadır. Tez çalışmasında deniz seviyesinden 2547 m yükseklikte yer alan T100 teleskobuna bağlı CCD kameranın kısa dalga boylarında geçirgenliğinin yüksek olması açık kümelerin  $U$  bandı gözlemlerinin oldukça hassas yapılmasına fırsat vermektedir. Ayrıca, bu çalışmada kümelerin yaş tayinine geçilmeden önce kümeye yüksek olasılıklı üye yıldızların  $(U-B) \times (B-V)$  renk-renk diyagramları üzerindeki konumlarından öncelikle küme doğrultusundaki renk artıkları ( $E(B-V)$ ) ve fotometrik metal bollukları ( $[Fe/H]$ ), renk-parlaklık diyagramlarından da uzaklık ( $d$ ) ve yaşları ( $t$ ) tayin edilmiştir.

#### 4.4.1. Renk Artıkları

Tez çalışmasında King 6 ve NGC 1605 açık küme alanları doğrultusundaki  $E(U-B)$  ve  $E(B-V)$  renk artıklarının tayininde  $(U-B) \times (B-V)$  iki-renk diyagramları kullanılmıştır. İki küme doğrultusundaki renk artıklarının ölçülmesinde kümelerin en olası üye ( $P \geq 0.5$ ) anakol yıldızları için oluşturulan  $(U-B) \times (B-V)$  iki-renk diyagramlarında, Sung vd.'nin (2013) Güneş bolluğundaki ZAMS eğrisi bu diyagramlar üzerinde gözlemsel veriler ile en iyi uyumu sağlayıncaya kadar kaydırılmıştır. King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri için ZAMS'ın fit edilme işleminde  $\chi^2$  istatistiği kullanılarak renk artığı  $0 < E(B-V) < 1.5$  kadir aralığında 0.01 adımlar ile taranmıştır. Sonuç olarak, en küçük  $\chi^2$  değerine karşılık gelen  $E(U-B)$  ve  $E(B-V)$  değerleri kümelerin renk artıkları olarak kabul edilmiştir. İki açık kümenin iki-renk diyagramlarında yüksek olasılıklı anakol yıldızlarıyla en iyi uyumun sağlandığı ZAMS eğrileri Şekil 4.8'de kırmızı kesikli çizgiler ile,  $\pm 1\sigma$  değerine karşılık gelen belirsizlikler de yeşil çizgiler ile gösterilmiştir. King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri doğrultusunda renk artıkları, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.515 \pm 0.030$  ve  $E(U-B) = 0.371 \pm 0.022$  kadir ve  $E(B-V) = 0.840 \pm 0.054$  ve  $E(U-B) = 0.605 \pm 0.039$  kadir olarak tayin edilmiştir.



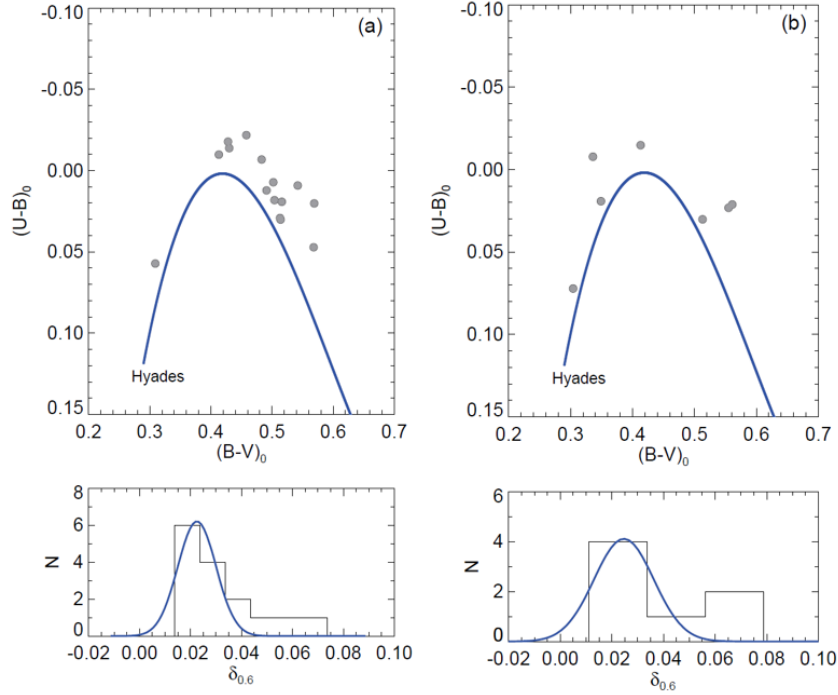
**Şekil 4.8:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerindeki küme üyeliği yüksek anakol yıldızlardan (gri daireler) oluşturulan  $UBV$  sistemindeki iki-renk diyagramları. Şekil üzerindeki kırmızı kesikli çizgi ZAMS eğrisini ve yeşil eğriler de  $\pm 1\sigma$  belirsizliğini göstermektedir.

#### 4.4.2. Metal Bolluğu

Tez çalışması kapsamında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin fotometrik metal bolluklarının tayininde Karaali vd.'nin (2011) F-G tayf türünden anakol yıldızları için geliştirdiği ve mor-ötesi artığına duyarlı kalibrasyon kullanılmıştır. Kümelerin yüksek olasılıklı üye anakol yıldızlarından hesaplanan renk artıkları dikkate alınarak küme üyesi olarak belirlenen tüm yıldızların gerçek  $(U-B)_0$  ve  $(B-V)_0$  renk indeksleri hesaplanmıştır. Karaali vd.'nin (2011) bağıntısı orta tayf türündeki anakol yıldızları için geçerli olduğundan renk indeksleri  $0.3 \leq (B-V)_0 \leq 0.6$  kadir (Eker vd. 2018, 2020) aralığında bulunan yıldızlar fotometrik metal bolluğu tayini için seçilmiştir. King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin  $0.3 \leq (B-V)_0 \leq 0.6$  kadir renk indeksi aralığındaki anakol yıldızlarının sayısı, sırasıyla, 15 ve 7 olarak belirlenmiş ve fotometrik metal bolluğu tayininde kullanılmıştır. Bu orta tayf türündeki anakol yıldızları  $(U-B)_0 \times (B-V)_0$  iki-renk diyagramlarına işaretlenerek (Şekil 4.9, üst panel) mor-ötesi artıkları Bölüm 3.3.3'te söz edilen yöntem ile hesaplanmıştır. Ardından bu değerler  $(B-V)_0=0.60$  kadir renk indeksindeki mor-ötesi artıklara normalize edilmiş ( $\delta_{0.6}$ ) ve Şekil 4.9'un alt panelinde histogram şeklinde gösterilmiştir. Şekil 4.9'un alt panelinde verilen histogramlara Gauss eğrileri fit edilerek iki küme için ortalama mor-ötesi artıkları hesaplanmıştır. Son aşamada Bağntı (3.12)'de verilen kalibrasyon (Karaali vd. 2011) yardımıyla kümelerin fotometrik metal bolluğu tayin edilmiştir.

Metal bolluğu kalibrasyonu ile King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin metal bollukları, sırasıyla,  $\langle [Fe/H] \rangle = 0.02 \pm 0.06$  ve  $\langle [Fe/H] \rangle = 0.01 \pm 0.05$  dex elde edilmiştir. Kümelerin metal bolluklarındaki belirsizlikler dağılımdaki  $\pm 1\sigma$  değerleri dikkate alınarak

hesaplanmıştır. İki kümenin metal bolluğunun ağır element bolluğu değerine ( $Z$ ) dönüştürülmesinde Bölüm 3.3.3'te Bağıntılar (3.7-3.8)'de verilen ifadeler kullanılmış ve King 6 için ağır element bolluğu  $Z = 0.016$  ve NGC 1605 için de  $Z = 0.015$  olarak tayin edilmiştir. İki küme için hesaplanan ağır element bollukları yaş tayininde bağımsız bir değer olarak kullanılmıştır.



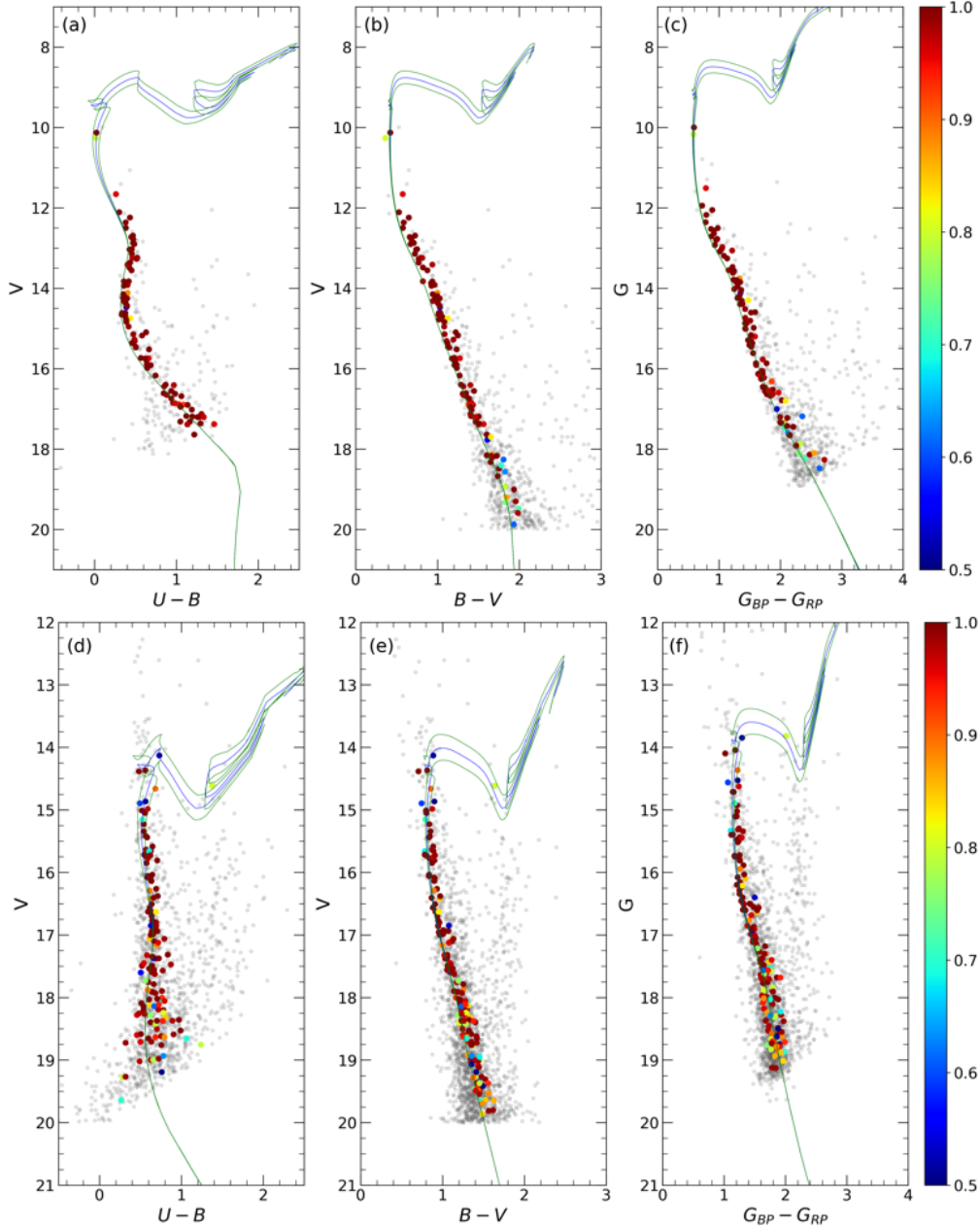
**Şekil 4.9:** King 6 (a) ve NGC 1605 (b) açık kümelerindeki orta tayf türündeki anakol yıldızlarının  $(U-B)_0 \times (B-V)_0$  iki-renk diyagramları (üst panel) ve  $(B-V)_0 = 0.6$  kadir renk indeksine normalize edilmiş mor-ötesi artıklarının histogramı (alt panel). Panellerdeki düz çizgiler, sırasıyla, Hyades kümesinin anakolunu ve dağılıma fit edilen Gauss eğrisini ifade etmektedir.

#### 4.4.3. Uzaklık Modülleri ve Yaşları

Tez çalışmasında analiz edilen King 6 ve NGC 1605 kümelerinin uzaklık modülleri ve yaşları  $UBV$  ve  $Gaia$  fotometrik sistemlerinde oluşturulan gözlemsel renk-parlaklık diyagramları üzerinde PARSEC (Bressan vd. 2012) modellerinin fit edilmesi sonucu tayin edilmiştir (Bölüm 3.3.4). Öncelikle, küme doğrultularında yer alan yıldızların  $V \times U-B$ ,  $V \times B-V$  ve  $G \times G_{BP} - G_{RP}$  renk-parlaklık diyagramları oluşturularak kümeye yüksek olasılıklı yıldızlar ( $P \geq 0.5$ ) bu diyagramlar üzerinde işaretlenmiştir. İki küme için tez çalışmasında belirlenen ağır element bolluklarına karşılık gelen farklı yaşlarda seçilen PARSEC modelleri renk-parlaklık diyagramları üzerinde yüksek olasılıklı küme üyelerine ağırlık verilerek göz ile fit edilmiş, böylece kümelerin uzaklık modülleri ve yaşları tayin edilmiştir. PARSEC modellerinin  $V \times U-B$ ,  $V \times B-V$  diyagramları üzerinde fit edilmesi işlemi  $(U-B)$  ve  $(B-V)$  renk indekslerinde kümeler için hesaplanan  $E(U-B)$  ve  $E(B-V)$  renk artıklarına (Bölüm 4.4.1),  $V$  görünen parlaklığı için de  $V = V_0 + 3.1 \times E(B-V)$  bağıntısına göre yapılmıştır. Aynı eş-yaş modellerinin  $G \times G_{BP} - G_{RP}$  diyagramları üzerinde fit edilmesi sırasında ise Sung vd.'nin (2021)  $E(G_{BP} - G_{RP}) =$

$1.41 \times E(B-V)$  bağıntısı kullanılmıştır. Eş-yaş modellerinin gözlemsel verilere fit edilmesi sırasında fotometrik bağıntıların yanı sıra, iki kümenin yüksek olasılıklı anakol, dönüm noktası ve dev bölgesindeki yıldızları da dikkate alınmıştır. Böylece kümelerin üye yıldızlarını en iyi temsil eden uzaklık modülü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrileri belirlenmiştir.

Tez çalışmasında incelenen King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yaş tayininde kullanılan  $V \times U-B$ ,  $V \times B-V$  ile  $G \times G_{BP}-G_{RP}$  renk-parlaklık diyagramlarıyla yüksek olasılıklı küme üyelerini en iyi temsil eden PARSEC modelleri Şekil 4.10'da sunulmuştur.



**Şekil 4.10:** King 6 (a, b ve c) ve NGC 1605 (d, e ve f) açık kümelerinin  $V \times U-B$ ,  $V \times B-V$  ve  $G \times G_{BP}-G_{RP}$  renk-parlaklık diyagramlarıyla yüksek olasılıklı üye yıldızları en iyi temsil eden PARSEC eş-yaş modelleri. Farklı renkteki daireler kümeye üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan, gri



daireler de  $P < 0.5$  olan yıldızları, mavi düz çizgi kümelerin uzaklık modülünü ve yaşını veren PARSEC eş-yaş eğrilerini, yeşil düz çizgiler de yaş tayinindeki belirsizlikleri göstermektedir.

Hesaplamalar sonucunda King 6 ve NGC 1605 kümelerinin kızarmış uzaklık modülleri, sırasıyla,  $\mu_V = m_V - M_V = 10.88 \pm 0.11$  ve  $\mu_V = 15.01 \pm 0.18$  kadir, bu değerlere karşılık gelen, kızarmadan arındırılmış uzaklıkları da, sırasıyla,  $d = 723 \pm 38$  ve  $d = 3054 \pm 262$  pc olarak tayin edilmiştir. Uzaklık modülü ve uzaklıktaki belirsizlikler Bölüm 3.3.4'te verilen Bağıntılar (3.10-3.11) ile hesaplanmıştır. King 6 ve NGC 1605 kümelerinin yüksek olasılıklı üye yıldızlarıyla en iyi uyumu sağlayan,  $Z = 0.016$  (King 6) ve  $Z = 0.015$  (NGC 1605) ağır element bolluklarındaki eş-yaş modellerinin karşılık geldiği yaş değerleri, sırasıyla,  $t = 200 \pm 20$ , ve  $400 \pm 50$  Myıl'dır (Şekil 4.10). İki kümenin yaşlarındaki belirsizlikler, renk-parlaklık diyagramları üzerinde gözlemsel verilerin fotometrik saçılmaları dikkate alınarak belirlenmiştir.

## 5. TARTIŞMA

Tez çalışmasında Samanyolu Galaksisi'nin II. çeyreğinde yer alan King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yer ve uzay tabanlı gözlemlerden elde edilen fotometrik ve astrometrik verileri analiz edilerek kümelerin yapısal ve astrofizik parametreleri tayin edilmiştir. İki kümenin yer tabanlı CCD *UBV* fotometrik gözlemleri 30 Eylül 2019 (King 6) ve 24 Eylül 2014 (NGC 1605) tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevindeki T100 teleskobuyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki küme alanlarında tespit edilen yıldızların *UBV* aletsel parlaklıklarının standart sistemdeki fotometrik parlaklıklara dönüştürülmesinde küme gözlemleriyle aynı gecelerde gözlenen Landolt'a, (2009) ait standart yıldız alanlarından hesaplanan gecelik dönüşüm ve sönümleme katsayıları kullanılmıştır. Gözlem görüntülerinin CCD kalibrasyonlarında, yıldızların aletsel parlaklık ve mutlak fotometrisinin tayin edilmesinde literatürde kabul gören yöntem ve yazılımlar kullanılmıştır. Kümelerin uzay tabanlı fotometrik ve astrometrik gözlemleri *Gaia* DR3 (Gaia Collaboration, 2022) veri tabanından alınarak yer tabanlı gözlem verileriyle bir araya getirilmiştir. İlk analizler sayesinde iki kümenin fotometrik verileri kullanılarak küme doğrultularındaki yıldızların limit fotometrik parlaklıkları ve kümelerin yapısal parametreleri elde edilmiştir. İki kümenin yapısal parametrelerinin tayini için küme merkezlerinden itibaren oluşturulan yıldız sayı yoğunluk profillerine King (1962) modeli fit edilmiştir. Kümelerdeki yıldız sayı yoğunlukları, hatalarıyla birlikte dikkate alındığında zemin yoğunluklarıyla kesiştiği uzaklıklar kümelerin etkin yarıçapları kabul edilmiştir ve analizlerde dikkate alınmıştır.

Küme üyesi yıldızların belirlenmesinde istatistiksel yöntemlerin yanı sıra yıldızların fotometrik renk uzaylarındaki dağılımları da incelenmiştir. Yıldızların üyelik olasılıklarının hesabında astrometrik verilerini dikkate alan ve kümeleme algoritmasına göre çalışan UPMASK (Krone-Martins ve Moitinho 2014) programı kullanılmıştır. Programın girdi parametreleri olarak *Gaia* DR3 veri tabanından alınan ekvatorial koordinatlar, öz hareket bileşenleri, trigonometrik paralaks ve bu ölçümlere ait hatalar dikkate alınmıştır. Bu analizi fotometrik verilerden oluşturulan renk-parlaklık diyagramları üzerine küme alanlarında tespit edilen farklı üyelik olasılıklarındaki yıldızların işaretlenmesi takip etmiştir. Söz konusu uygulama küme morfolojisinin renk-parlaklık diyagramlarında görülmesine fırsat vermiştir. Renk-parlaklık diyagramlarındaki anakol bandının genişlemesinde önemli bir katkı veren çift yıldız etkisinin ortaya konmasında Sung vd.'nin (2013) gözlemsel ZAMS'ı kullanılmıştır. Küme anakolunun alt tabanını ifade eden ZAMS eğrisi, iki küme için renk-parlaklık diyagramları üzerine fit edilmiştir. Küme anakolundaki çift yıldız etkisini ortaya koyabilmek için ZAMS eğrisi 0.75 kadir parlaklaştırılmıştır. Böylece, kümeye üyelik olasılığı  $P \geq 0.5$  olan iki ZAMS eğrisi arasında ve kümelerin etkin yarıçapları içinde bulunan yıldızlar kümelerin yüksek olasılıklı üyeleri olarak seçilmiş olup analizlerde dikkate alınmıştır.

Fotometrik ve astrometrik verilerin literatürde iyi bilinen yöntemler ile analizleri sonucunda küme üyelik olasılığı yüksek yıldızların belirlenmesi sonucunda incelenen iki kümenin temel astrofizik parametrelerinin hesaplanması aşamasına geçilmiştir. Astrofizik parametreler literatürdeki yöntemlerden farklı olarak bağımsız yöntemler ile ayrı ayrı tayin edilmiştir. Kümeler doğrultusundaki renk artığı, kümelerin metal bolluğu, uzaklık modülü ve yaşları, yüksek olasılıklı üye yıldızlar kullanılarak iki-renk ve renk-parlaklık diyagramları kullanılarak hesaplanmıştır. Kümeler doğrultusundaki renk artıkları Sung vd.'nin (2013) ZAMS eğrileri, Karaali vd.'nin (2011) fotometrik metal

bolluğu kalibrasyonu, uzaklık ve yaşları ise PARSEC eş-yaş modelleri (Bressan vd. 2012) kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntemlerin kullanılmasıyla hesaplanan astrofizik parametreler arasında parametre dejenerasyonunun önüne geçilmiştir. İki küme için hesaplanan yapısal ve astrofizik parametrelerinin ayrıntılı bir sunumu Çizelge 5.1’de listelenmiştir.

Tez çalışmasında analizleri yapılan King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin literatür özetleri ve bu çalışmadan elde edilen bulguların diğer çalışmalar ile karşılaştırılması aşağıda ayrıntılı olarak tartışılmıştır.

**Çizelge 5.1:** King 6 ve NGC 1605 açık kümelerinin yapısal ve astrofizik parametreleri.

Parametre	King 6	NGC 1605
$(\alpha, \delta)_{J2000}$	03:27:55, +56:26:38	04:34:58, +45:16:08
$(l, b)_{J2000}$	143.344, -0.095	158.586, -1.567
$f_o$ (yıldız/yay dakikası <sup>2</sup> )	$2.284 \pm 0.243$	$13.050 \pm 0.726$
$f_{bg}$ (yıldız/yay dakikası <sup>2</sup> )	$5.118 \pm 0.159$	$9.808 \pm 0.303$
$r_c$ (yay dakikası)	$4.677 \pm 1.069$	$1.903 \pm 0.204$
$r_{lim}$ (yay dakikası)	10	10
$r$ (pc)	2.10	8.88
Küme üye sayısı ( $P \geq 0.5$ )	112	66
$\mu_\alpha \cos \delta$ (mas/yıl)	$3.833 \pm 0.034$	$0.928 \pm 0.104$
$\mu_\delta$ (mas/yıl)	$-1.906 \pm 0.032$	$-1.997 \pm 0.082$
$\varpi$ (mas)	$1.381 \pm 0.042$	$0.336 \pm 0.043$
$d_\varpi$ (pc)	$724 \pm 22$	$2972 \pm 376$
$E(B-V)$ (kadir)	$0.515 \pm 0.030$	$0.840 \pm 0.054$
$E(U-B)$ (kadir)	$0.371 \pm 0.022$	$0.605 \pm 0.039$
$A_V$ (kadir)	$1.596 \pm 0.093$	$2.604 \pm 0.167$
$E(G_{BP}-G_{RP})$ (kadir)	$0.726 \pm 0.042$	$1.184 \pm 0.076$
$A_G$ (kadir)	1.335	2.178
[Fe/H] (dex)	$0.02 \pm 0.06$	$0.01 \pm 0.05$
Z	0.016	0.015
$\mu_V$ (kadir)	$10.88 \pm 0.11$	$15.01 \pm 0.18$
$d$ (pc)	$723 \pm 38$	$3054 \pm 262$
$t$ (Myıl)	$200 \pm 20$	$400 \pm 50$

**King 6:** Kümenin ilk detaylı CCD *UBVI* fotometrik gözlemleri Ann vd. (2002) tarafından gerçekleştirilmiş ve temel astrofizik parametreleri literatüre kazandırılmıştır. Araştırmacılar analizleri sonucunda King 6’nın renk artığını ve uzaklık modülünü, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.50 \pm 0.10$  kadir ve  $\mu_V = 11.25$  kadir elde etmiştir. Ann vd. (2002) kümenin metal bolluğunu  $[Fe/H] = 0.46$  dex kabul ederek Bertelli vd.’nin (1994) eş-yaş eğrisiyle küme yaşını  $t = 250 \pm 50$  Myıl hesaplamıştır. Kümenin CCD *BV* fotometrik analizlerini gerçekleştiren Maciejewski ve Niedzielski (2007) King 6’nın renk artığı, uzaklık modülü, uzaklık ve yaşını, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.53 \pm 0.11$  kadir,  $\mu_V = 11.17$  kadir,  $d = 800$  pc ve  $t = 250$  Myıl belirlemiştir. Ahumada ve Lapasset (2007) King 6 için yaptıkları fotometrik analizde kümenin dönüm noktasının mavi ve parlak tarafında bir

adet mavi mücadelecı yıldız bulunduğunu raporlamıştır. Literatürdeki 650 açık kümenin fotometrik verisini analiz eden Piskunov vd. (2008), King 6'nın renk artığını, uzaklık modülünü ve uzaklığını, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.58$  kadir,  $\mu_V = 10.064$  kadir ve  $d = 450$  pc, yaşını da  $\log t = 8.41$  yıl (260 Myıl) tayin etmiştir. Tüm gökyüzünün yakın kızılötesi bölgedeki tarama sonuçlarının Cutri vd.'nin (2003) tarafından literatüre kazandırılmasıyla birlikte Galaktik düzleme gömülü bulunan kümelerin duyarlı analizleri yapılabilir hale gelmiştir. Yakın kızılötesi verileri kullanan (2MASS; Skrutskie vd. 2006) Kharchenko vd. (2013) yaklaşık 3,000 açık veya küresel kümenin fotometrik analizlerini gerçekleştirmiş ve temel parametrelerini bir katalogda toplamıştır. Bu katalogda yer alan King 6 için hesaplanan renk artığı, metal bolluğu, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.30$  kadir,  $[Fe/H] = 0.460$  dex,  $d = 632$  pc ve  $\log t = 8.97$  yıl (930 Myıl) belirlemiştir.

*Gaia* çağının başlamasıyla birlikte uzay tabanlı gözlemlerin analizleri Güneş civarındaki yıldızların duyarlı astrometrik, fotometrik ve tayfsal analizlerinin yapılabilir hale gelmesine fırsat vermiştir. *Gaia* DR2'deki fotometrik ve astrometrik verileri analiz eden Cantat-Gaudin vd. (2018), King 6 kümesine üye yıldızların ortalama trigonometrik paralaks verilerinden uzaklığını  $d = 727 \pm 53$  pc hesaplamıştır. Araştırmacılar kümenin ortalama öz hareket bileşenlerini  $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (3.864 \pm 0.016, -1.814 \pm 0.017)$  mas/yıl belirlemiştir. Soubiran vd. (2018) *Gaia* DR2 veri tabanındaki tayfsal verileri analiz ederek kümenin dev kolunda bulunan dört yıldızın radyal hızlarını ölçerek küme için ortalama radyal hızını  $V_R = -21.88 \pm 2.56$  km/sn vermiştir. Bossini vd. (2019) 269 açık kümedeki üye yıldızların *Gaia* DR2 verilerini PARSEC (Bressan vd. 2012) eş-yaş modellerini Bayes istatistiğine dayalı bir yöntem ile karşılaştırmak suretiyle kümelerin duyarlı yaşlarını tayin etmiştir. Buna göre, çalışmada King 6 kümesinin V bandındaki sönükleşme değeri  $A_V = 1.106 \pm 0.025$  kadir, metal bolluğu  $[Fe/H] = 0.460$  dex, uzaklık modülü  $\mu = 9.535 \pm 0.005$  kadir ve  $\log t = 8.582 \pm 0.057$  yıl ( $380 \pm 60$  Myıl) belirlenmiştir. Ayrıca, King 6 için detaylı literatür özeti Çizelge 5.2'de listelenmiştir.

Tez çalışması kapsamında incelenen King 6 açık kümesinin eş-yaş modellerinden ve trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıkları Cantat-Gaudin vd.'nin (2018) sonuçlarıyla oldukça uyumludur. Ayrıca kümenin bu çalışmada hesaplanan renk artığı  $E(B-V) = 0.515 \pm 0.030$  kadir değeri literatürdeki değerlere yakındır (Ann vd. 2002, Maciejewski ve Niedzielski 2007, Ahumada ve Lapasset 2007, Piskunov vd. 2008). King 6'nın tayf verilerinden hesaplanan tek metal bolluğu çalışması Zhong vd.'ne (2020) ait olup küme için  $[Fe/H] = -0.09 \pm 0.05$  dex değeri verilmiştir. Tez çalışmasında kümenin fotometrik metal bolluğu kalibrasyonundan hesaplanan metal bolluğu değeri de  $0.02 \pm 0.06$  dex verilmiştir. İki çalışmadan elde edilen bulgular hemen hemen uyumlu olup Güneş bolluğuna yakındır. Açık küme analizlerinde önemli parametrelerden biri olan yaş dikkate alındığında tez çalışmasında King 6'nın yaşı  $t = 200 \pm 20$  Myıl hesaplanmış olup, bu değer literatürdeki birçok çalışmayla uyumludur yakındır (Ann vd. 2002, Maciejewski ve Niedzielski 2007, Ahumada ve Lapasset 2007, Piskunov vd. 2008). Fakat tez çalışmasında elde edilen sonuç literatürde verilen en küçük yaş değeridir.

Kümenin literatürde *Gaia* astrometrik verileriyle yapılan çalışmaları incelendiğinde, tez çalışmasında King 6'nın tayin edilen astrometrik parametrelerinin söz konusu çalışmalarda verilenler ile oldukça yakın değerlerde bulunduğu tespit edilmiştir (bkz. Çizelge 5.2, Cantat-Gaudin vd. 2018, Liu ve Pang 2019, Zhong vd. 2020, Cantat-Gaudin vd. 2020, Dias vd. 2021, Tarricq vd. 2021).

**NGC 1605:** Kümenin ilk çalışması Fang (1970) tarafından *RGU* fotometrik sisteminde yapılmıştır. Çalışmada kümenin *RGU* sistemindeki renk artıkları  $E(G-R) = 1.35$  kadir, uzaklığı  $d = 2750$  pc ve açısal çapı da 3.6 pc olarak raporlanmıştır. NGC 1605'in ilk CCD *UBVRI* fotometrik analizlerini yapan Sujatha ve Babu (2003), kümenin renk artığını ve uzaklığını, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.14$  kadir ve  $d = 1148$  pc vermiştir. Kharchenko vd. (2013) kümenin renk artığını, uzaklığını ve yaşını, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.97$  kadir,  $d = 2600$  pc ve  $\log t = 7.61$  yıl (40 Myıl) olarak hesaplamıştır. Loktin ve Popova (2017) Yakın kızılötesi verilerini (2MASS; Skrutskie vd. 2006) kullanarak 959 açık kümenin temel astrofizik parametrelerini tayin etmiştir. Çalışmada NGC 1605'in renk artığı, uzaklık modülü, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $E(B-V) = 0.591$  kadir,  $\mu = 11.501$ ,  $d = 1996$  pc ve  $\log t = 8.62$  yıl (420 Myıl) verilmiştir. *Gaia* çağında kümenin ilk ayrıntılı çalışmasını Cantat-Gaudin vd. (2018) yapmıştır. Çalışmada kümeye üye yıldızların ortalama trigonometrik paralaks verilerinden uzaklığı  $d = 3083 \pm 1050$  pc, ortalama öz hareket bileşenleri de  $(\mu_\alpha \cos \delta, \mu_\delta) = (0.990 \pm 0.017, -1.977 \pm 0.012)$  mas/yıl verilmiştir. Soubiran vd. (2018) NGC 1605'e üye bir yıldızın *Gaia* DR2 tayf verisinin analizi sonucunda kümenin ortalama radyal hızını  $V_R = -1.15 \pm 0.12$  km/sn belirlemiştir. Camargo (2021) NGC 1605 açık kümesinin seyrek yıldız dağılımı gösteren, yakın açısal çapta çift çekirdekli morfolojiye sahip olduğunu belirtmiştir. Küme alanındaki yıldızların yakın kızılötesi ve *Gaia* EDR3 verilerini bir arada inceleyen araştırmacı, yıldız alanında aynı uzaklıkta fakat farklı yaşlarda iki küme bulunduğunu rapor edip, bu kümeleri NGC 1605a ve NGC 1605b olarak adlandırmıştır. Camargo (2021), iki küme çekirdeği arasındaki uzaklığı 1.8 pc ve kümelerin Güneş'e uzaklıklarını  $d = 2600 \pm 400$  pc belirlemiştir. Çalışmada NGC 1605'in çift bileşenli yaşlı bir açık küme olduğu fakat bileşenlerin yaşlarının birbirinden farklı olduğu vurgulanmıştır. Buna göre NGC 1605a ve NGC 1605b'nin yaşı, sırasıyla,  $t = 2000 \pm 200$  Myıl ve  $t = 600 \pm 100$  Myıl verilmiştir. Camargo (2021) elde ettiği bulgulardan iki küme arasında fiziksel bir bağlantı olduğunu, yaş farkının küme karşılaşması sırasındaki gel-git yakalamalarından kaynaklanabileceği sonucunu çıkarmıştır.

Tez çalışması kapsamında analizleri yapılan NGC 1605 açık kümesinin eş-yaş modellerinden ve trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıkları Cantat-Gaudin vd.'nin (2018) sonuçlarıyla yakın değerdedir. Literatürde küme için verilen 10 çalışma içinde renk artığı değerlerinin 0.14 ile 1.19 kadir aralığında değişmekte olduğu tespit edilmiş, bu çalışmalar arasında en iyi uyumun Dias vd.'nin (2021) değeriyle sağlandığı görülmüştür (bkz. Çizelge 5.2). Galaksimizin kimyasal evriminin araştırılmasında önemli bir parametre olan küme metal bolluğu dikkate alındığında, tez çalışmasında küme için bu değer  $[Fe/H] = 0.01 \pm 0.05$  dex elde edilmiştir. Bu değer literatürde NGC 1605 için verilen metal bolluğu sonuçlarıyla belirsizlikler dahilinde uyumludur (Zhong vd. 2020, Dias vd. 2021). Açık küme analizlerinde önemli parametrelerden biri olan yaş dikkate alındığında tez çalışmasında NGC 1605'in yaşı  $t = 400 \pm 50$  Myıl tayin edilmiştir. Literatürde küme için verilen 10 çalışma içinde yaş değerlerinin 40 ile 420 Myıl arasında değiştiği görülmüştür. Tez çalışmasında kümenin yaşı için elde edilen sonuç literatürdeki çalışmalar içinde Loktin ve Popova (2017) ve Dias vd.'nin (2021) değerleriyle uyumludur.

Literatürde *Gaia* astrometrik verileriyle yapılan küme çalışmaları incelendiğinde, NGC 1605 açık kümesinin tez çalışmasında tayin edilen astrometrik parametrelerinin söz konusu çalışmalarda verilenler ile oldukça yakın değerlerde bulunduğu tespit edilmiştir

(bkz. Çizelge 5.2, Cantat-Gaudin vd. 2018, Liu ve Pang 2019, Zhong vd. 2020, Cantat-Gaudin vd. 2020, Cantat-Gaudin ve Anders 2020, Dias vd. 2021, Poggio vd. 2021, Tarricq vd. 2021).

**Çizelge 5.2:** King 6 ve NGC 1605 kümelerinin literatür bilgileriyle tez çalışmasında elde edilen sonuçları.

$E(B-V)$ (kadir)	$d$ (pc)	[Fe/H] (dex)	$t$ (Myıl)	$\langle\mu_{\alpha\cos\delta}\rangle$ (mas/yıl)	$\langle\mu_{\delta}\rangle$ (mas/yıl)	$V_r$ (km/sn)	Kaynak
<b>King 6</b>							
0.300	632	---	945	---	---	---	1
0.500	---	---	250	---	---	---	2
0.624	763	---	9	2.700±0.700	-3.006±0.675	---	3
---	727	---	---	---	---	-21.88±2.56	4
---	727±53	---	---	3.864±0.219	-1.814±0.017	---	5
---	744±38	---	47±3	3.871±0.274	-1.821±0.290	---	6
---	727	-0.09±0.05	---	3.864±0.219	-1.814±0.244	-26.78±8.17	7
0.43	751	---	200	3.864±0.219	-1.814±0.244	---	8
0.590±0.020	704±14	0.15±0.07	195±124	3.880±0.250	-1.825±0.257	-22.14±7.34	9
---	738	---	210	---	---	-22.09±3.48	10
0.515±0.030	723±38	0.02±0.06	200±20	3.833±0.034	-1.906±0.032	---	11
<b>NGC 1605</b>							
---	3389	---	---	0.990	-1.977	-1.15	12
1.19	---	---	125	---	---	---	13
0.14	1148	---	---	---	---	---	14
---	3389	---	---	0.990	-1.977	-1.15	15
0.970	2600	---	40	-0.47±0.32	-3.080±0.320	---	16
0.970	2559	---	40	---	---	---	17
0.591	1996	---	420	-0.529±0.347	-3.985±0.401	---	3
---	3083	---	---	---	---	-1.15±0.12	4
---	3083±1051	---	---	0.990±0.017	-1.977±0.012	---	5
---	---	---	---	0.924±0.267	-1.911±0.318	---	6
0.970	3083	-0.042±0.370	---	0.990±0.151	-1.977±0.104	-12.03±17.42	7
0.713	3073	---	190	0.990±0.151	-1.977±0.104	---	8
---	3389±1051	---	---	0.990±0.017	-1.977±0.012	---	18
0.817	2449	-0.079±0.071	380±110	1.002±0.192	-2.000±0.139	---	9
---	3105±0.434	---	190	0.935±0.097	-1.989±0.0520	---	19
---	2887	---	260	---	---	1.15±0.12	10
0.840±0.054	3054±262	0.01±0.05	400±50	0.928±0.104	-1.997±0.082	---	11

(01) Kharchenko vd. (2016), (02) Sampedro vd. (2017), (03) Loktin ve Popova (2017), (04) Soubiran vd. (2018), (05) Cantat-Gaudin vd. (2018), (06) Liu ve Pang (2019), (07) Zhong vd. (2020), (08) Cantat-Gaudin vd. (2020), (9) Dias vd. (2021), (10) Tarricq vd. (2021), (11) Bu çalışma, (12) Tignanelli vd. (1990), (13) Ahumada ve Lapasset (1995), (14) Sujatha ve Babu (2003), (15) De La Fuente Marcos ve De La Fuente Marcos (2009), (16) Kharchenko vd. (2013), (17) Sampedro vd. (2017), (18) Cantat-Gaudin ve Anders (2020), (19) Poggio vd. (2021)

## 6. SONUÇLAR

Tez çalışmasında iki küme için yer ve uzay tabanlı hassas gözlemlerin bir arada analiz edilmesi küme yıldızlarının belirlenmesinde etkili olmuştur. Çalışmada *Gaia* uydusunun sağlamış olduğu geniş veri tabanı sayesinde kümenin yapısal ve astrometrik parametreleri daha duyarlı tayin edilebilmiştir. Ayrıca, yer tabanlı gözlemlerin kümelerin renk artıkları, metal bollukları, uzaklık modülleri ve yaşlarının bağımsız yöntemler ile tayin edilmesine fırsat vermesi astrofizik sonuçlar arasındaki parametre dejenerasyonluğunu kırmıştır.

Tez çalışmasında King 6 açık kümesinin renk artığı  $E(B-V) = 0.515 \pm 0.030$  kadir, metal bolluğu  $[Fe/H] = 0.02 \pm 0.06$  dex, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $d = 723 \pm 38$  pc ve  $t = 200 \pm 20$  Myıl elde edilmiştir. NGC 1605'in renk artığı  $E(B-V) = 0.840 \pm 0.054$  kadir, metal bolluğu  $[Fe/H] = 0.01 \pm 0.05$  dex, uzaklığı ve yaşı, sırasıyla,  $d = 3054 \pm 262$  pc ve  $t = 400 \pm 50$  Myıl tayin edilmiştir.

Gelecekte tüm gökyüzünü kapsayan derin tayfsal gökyüzü taramalarının devreye girmesiyle küme üyesi yıldızların atmosfer model parametrelerinin tayini söz konusu olacaktır. Fakat o zamana kadar tez çalışmasında King 6 ve NGC 1605 açık kümeleri için elde edilen bulgular literatürdeki eksikliği kapatacak seviyededir.

## 7. KAYNAKLAR

- Ahumada, J. A., Lapasset, E. 2007. New Catalogue of Blue Stragglers in Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 463, 789-797.
- Allende Prieto, C., Beers, T. C., Wilhelm, R., Newberg, H. J., Rockosi, C. M., Yanny, B., Lee, Y. S. 2006. A Spectroscopic Study of the Ancient Milky Way: F- and G-Type Stars in the Third Data Release of the Sloan Digital Sky Survey, *The Astrophysical Journal*, 636, 804-820.
- Allende Prieto, C., Majewski, S.R., Schiavon, R., vd. 2008. APOGEE: The Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment, *Astronomische Nachrichten*, 329, 1018.
- Anders, P., Bissantz, N., Fritze-v. Alvensleben, U., de Grijs, R. 2004. Analysing Observed Star Cluster SEDs with Evolutionary Synthesis Models: Systematic Uncertainties, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 347, 196-212.
- 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, Vol. 198.* Edited by R. Pallavicini, G. Micela, and S. Sciortino ISBN: 1-58381-025-0, 171.
- Ann, H. B., Lee, S. H., Sung, H., Lee, M. G., Kim, S. L., Chun, M. Y., Jeon, Y. B., Park, B. G. 2002. BOAO Photometric Survey of Galactic Open Clusters. II. Physical Parameters of 12 Open Clusters, *The Astronomical Journal*, 123, 905-914.
- Arp, H. 1961. U-B and B-V Colors of Blschmiack Bodies, *Astrophysical Journal*, 133, 874.
- Balaguer-Nunez, L., Tian, K. P., Zhao, J. L. 1998. Determination of Proper Motions and Membership of the Open Clusters NGC 1817 and NGC 1807, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 133, 387-394.
- Bastian, U. 2019. Gaia 8: Discovery of A Star Cluster Containing  $\beta$  Lyrae, *Astronomy and Astrophysics*, 630, 4.
- Becker, W., Fenkart, R. 1970. Galactic Clusters and HII Regions, *International Astronomical Union. Symposium no. 38*, Dordrecht, Reidel, 205.
- Bertelli, G., Bressan, A., Chiosi, C., Fagotto, F., Nasi, E. 1994. Theoretical Isochrones from Models with New Radiative Opacities, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 106, 275.
- Bertin, E., Arnouts, S. 1996. SExtractor: Software for Source Extraction, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 117, 393-404.



- Bertin, E. 2011. Automated Morphometry with SExtractor and PSFEx, *Astronomical Data Analysis Software and Systems XX. ASP Conference Proceedings*, 442, 435.
- Blaauw, A. 1963. The Calibration of Luminosity Criteria, *Basic Astronomical Data: Stars and Stellar Systems*, edited by K. A. Strand. Published by the University of Chicago Press, Chicago, IL USA, 383.
- Bonatto, C., Kerber, L.O., Bica, E., Santiago, B. X. 2006. Probing Disk Properties with Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 446, 121.
- Bossini, D., Vallenari, A., Bragaglia, A., vd. 2019. Age Determination for 269 Gaia DR2 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 623, A108, 11.
- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., vd. 2012. PARSEC: Stellar Tracks and Isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427, 127.
- Brown, W. R., Lattanzi, M. G., Kenyon, S. J., Geller, M. J. 2018. Gaia and the Galactic Center Origin of Hypervelocity Stars, *The Astrophysical Journal*, 866, 39.
- Buckner, A.S.M., Froebrich, D. 2013. Properties of Star Clusters – I. Automatic Distance and Extinction Estimates, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 436, 1465-1478.
- Bukowiecki, L., Maciejewski, G., Konorski, P., Strobel, A. 2011. Open Clusters in 2MASS Photometry. I. Structural and Basic Astrophysical Parameters. *Acta Astronomica*, 61, 231-246.
- Camargo, D. 2021. NGC 1605a and NGC 1605b: An Old Binary Open Cluster in the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 923, 21, 7.
- Cantat-Gaudin, T., Anders, F., Castro-Ginard, A., vd. 2020. Painting a Portrait of the Galactic Disc with its Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 640, 1.
- Cantat-Gaudin, T., Jordi, C., Vallenari, A., vd. 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*, 633A, 99.
- Cantat-Gaudin, T., Krone-Martins, A., Sedaghat, N., Farahi, A., de Souza, R. S., Skolidis, R., vd. 2019, Gaia DR2 Unravels Incompleteness of Nearby Cluster Population: New Open Clusters in the Direction of Perseus, *Astronomy and Astrophysics*, 624, 17.
- Carraro, G. 2006. Open Cluster Remnants: An Observational Overview, *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 34, 153.

- Carrera, R., Rodríguez, E. L., Casamiquela, L., Balaguer, N. L., Jordi, C., Allende, P. C., Stetson, P., B. 2017. The Open Cluster King 1 in the Second Quadrant, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 4285-4297.
- Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Julbe, F., Morvan, M., Balaguer-Núñez, L., Cantat-Gaudin, T. 2018. A New Method for Unveiling Open Clusters in Gaia. New Nearby Open Clusters Confirmed by DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 618, A59, 18.
- Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., vd. 2020. Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: 582 New Open Clusters in the Galactic Disc, *Astronomy and Astrophysics*, 635, 10.
- Castro-Ginard, A., McMillan, P. J., Luri, X., Jordi, C., Romero-Gómez, M., Cantat-Gaudin, T., vd. 2021. Milky Way Spiral Arms from Open Clusters in Gaia EDR3, *Astronomy and Astrophysics*, 652, A162.
- Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Cantat-Gaudin, T., Balaguer-Núñez, L. 2019. Hunting for Open Clusters in Gaia DR2: The Galactic Anticentre, *Astronomy and Astrophysics*, 627, 8.
- Cutri, R. M., Skrutskie, M. F., van Dyk, S., vd. 2003. 2MASS All Sky Catalog of Point Sources, The IRSA 2MASS All-Sky Point Source Catalog, NASA/IPAC Infrared Science Archive.
- de la Fuente Marcos, R., de la Fuente Marcos, C., 2009. The Cassiopeia Perseus Open Cluster Family. *New Astronomy*, 14, 180-195.
- de Silva, G. M., Freeman, K. C., Bland-Hawthorn, J., vd. 2015. The GALAH Survey: Scientific Motivation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449, 2604-2617.
- Dias, W. S., Monteiro, H., Moitinho, A., Lépine, J. R. D., Carraro, G., Paunzen, E., Alessi, B., Vilella, L. 2021. Updated Parameters of 1743 Open Clusters Based on Gaia DR2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 504, 356-371.
- Dias, W. S., and Lepine, J. R. D. 2005. Direct Determination of the Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy, *The Astrophysical Journal*, 629, 825-831.
- 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, 79.
- Dias, W. S., Alessi, B.S., Moitinho, A., Lépine, J. R. D. 2002. New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates, *Astronomy and Astrophysics*, 389, 871.
- Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., vd. 2018. Interrelated Main-sequence Mass-luminosity, Mass-radius, and Mass-effective Temperature Relations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 479, 5491-5511.

- Eker, Z., Soyduğan, F., Bilir, S., vd. 2020. Empirical Bolometric Correction Coefficients for Nearby Main-Sequence Stars in the Gaia Era, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496, 388.
- Fang, C. 1970. The Estimates of the Galactic Clusters NGC 1664 and NGC 1605, *Astronomy and Astrophysics*, 4, 75-77.
- Fitzgerald, M. P. 1970. The Intrinsic Colours of Stars and Two-Colour Reddening Lines, *Astronomy and Astrophysics*, 4, 234.
- Gaia Collaboration, Smart, R. L., Sarro, L. M. 2021. Gaia Early Data Release 3. The Gaia Catalogue of Nearby Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 649, 6.
- Gaia Collaboration., Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T., vd. 2016. Gaia Data Release 1. Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 595, A2, 23.
- Gaia Collaboration., Brown, A.G.A., Vallenari, A., Prusti, T., vd. 2018. Gaia Data Release 2. Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 616, A1, 22.
- Gaia Collaboration, Vallenari, A., Brown, A. G. A., Prusti, T. vd. 2022. Gaia Data Release 3: Summary of the Content and Survey Properties. *2022arXiv220800211G*.
- Gilmore, G., Randich, S., Asplund, M., vd. 2012. The Gaia-ESO Public Spectroscopic Survey, *The Messenger*, 147, 25-31.
- Hao, C. J., Xu, Y., Hou, L. G., vd. 2021. Evolution of the Local Spiral Structure of the Milky Way Revealed by Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 652, 102.
- He, Z., Wang, K., Luo, Y., Li, J., Liu, X., Jiang, Q. 2022. A Blind All-sky Search for Star Clusters in Gaia EDR3: 886 Clusters within 1.2 kpc of the Sun, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 262, 16.
- Henden, A., Kaitchuck, R. 1990, Book Review: *Astronomical Photometry*, *Astronomy*, 18, 11-97.
- Hiltner, W. A., Johnson, H. L. 1956. Observational Confirmation of a Theory of Stellar Evolution, *Astrophysical Journal*, 123, 267-277.
- Ihaka, R., Gentleman, R. R. 1996. A Language for Data Analysis and Graphics, *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 5, 299-314.
- Janes, K., Barnes, S. A., Meibom, S., Hoq, S. 2013. NGC 6811: An Intermediate-age Cluster in the Kepler Field, *The Astronomical Journal*, 145, 15.
- Janes, K., Barnes, S. A., Meibom, S., Hoq, S. 2014. Open Clusters in the Kepler Field. II. NGC 6866, *The Astronomical Journal*, 147, 5.

- Johnson, H. L. 1966. Astronomical Measurements in the Infrared, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 4, 193.
- Johnson, H. L., Hiltner, W. A. 1956. Observational Confirmation of a Theory of Stellar Evolution, *Astrophysical Journal*, 123, 267.
- Johnson, H. L., Morgan, W. W. 1953. Fundamental Stellar Photometry for Standards of Spectral Type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas, *Astrophysical Journal*, 117, 313.
- Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoglu, B. 2011. An Improved Metallicity Calibration with UBV Photometry, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 28, 95.
- Karaali, S., Bilir, S., Karataş, Y., Ak, S. G. 2003a. 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., Karataş, Y., Bilir, S., Ak, S.G., Hamzaoglu, E. 2003b. A New Procedure for the Photometric Parallax Estimation, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 20, 270.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Roeser, S., Schilbach, E., Scholz, R.-D. 2013. Global Survey of Star Clusters in the Milky Way, II. The Catalogue of Basic Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 558, A53.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., Scholz, R. D. 2005. Astrophysical Parameters of Galactic Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 438, 1163-1173.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S., Scholz, R. -D. 2016. Global Survey of star Clusters in the Milky Way. V. Integrated JHKs Magnitudes and Luminosity Functions, *Astronomy and Astrophysics*, 585, 10.
- King, I. R. 1962. The Structure of Star Clusters. I. An Empirical Density Law, *Astronomical Journal*, 67, 471.
- King, I. R., Bedin, L. R., Piotto, G., Cassisi, S., Anderson, J. 2005. Color-Magnitude Diagrams and Luminosity Functions Down to the Hydrogen-Burning Limit. III. A Preliminary Hubble Space Telescope Study of NGC 6791, *The Astronomical Journal*, 130, 626.
- Krone-Martins, A., Moitinho, A. 2014. UPMASK: Unsupervised Photometric Membership Assignment in Stellar Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 561, A57.

- Kunder, A., Rich, R. M., Koch, A. 2016. Before the Bar: Kinematic Detection of a Spheroidal Metal-poor Bulge Component, *The Astrophysical Journal Letters*, 821, 6.
- 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, *Astronomical Journal*, 95, 1843.
- Landolt, A. U. 2009. UBVRI Photometric Standard Stars Around the Celestial Equator: Updates and Additions, *The Astronomical Journal*, 137, 4186-4269.
- Liu, L., Pang, X. 2019. A Catalog of Newly Identified Star Clusters in Gaia DR2, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 245, 13.
- Loktin, A. V., Popova, M. E., 2017, Updated Version of the Homogeneous Catalog of Open Cluster Parameters, *Astrophysical Bulletin*, 72, 257-265.
- Lynga, G. 1982. Open Cluster in Our Galaxy, *Astronomy and Astrophysics*, 109, 213-222.
- Maciejewski, G., Niedzielski, A. 2007. CCD BV Survey of 42 Open Clusters, *Astronomy and Astrophysics*, 467, 1065-1074.
- Meibom, S., Mathieu, R. D., Stassun, K. G., Liebesny, P., Saar, S. H. 2011. The Color-period Diagram and Stellar Rotational Evolution—New Rotation Period Measurements in the Open Cluster M34. *The Astrophysical Journal*, 733, 13.
- 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.
- Monz, C. 2008. Machine Learning for Data Mining: Week 6 Clustering <https://staff.fnwi.uva.nl/c.monz/html/teaching.html> [Ziyaret Tarihi: 02 Haziran 2023].
- Netopil, M., Paunzen, E., Stütz, C. 2012. Developments of the Open Cluster Database WEBDA, Star Clusters in the Era of Large Surveys, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, Springer, Berlin, Heidelberg 53-61.
- Patat, F., Carraro, G. 1995. NGC 7762: A Forgotten Moderate Age Open Cluster, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 114, 281.
- Piskunov, A. E., Just, A., Kharchenko, N. V., Berczik, P., Scholz, R. -D., Reffert, S., Yen, S. X., 2018, Global Survey of Star Clusters in the Milky Way. VI. Age Distribution and Cluster Formation History, *Astronomy and Astrophysics*, 614, id.A22, 11.

- Poggio, E., Drimmel, R., Cantat-Gaudin, T., Ramos, P., Ripepi, V., Zari, E., Andrae, R. 2021. Galactic Spiral Structure Revealed by Gaia EDR3, *Astronomy and Astrophysics*, 651, 10.
- Randich, S., Tongelli E., Jackson R., vd. 2018. The Gaia-ESO Survey: Open Clusters in Gaia-DR1. A Way Forward to Stellar Age Calibration, *Astronomy and Astrophysics*, 612, 99.
- Randich, S., Tongelli E., Jackson R., vd. 2018. The Gaia-ESO Survey: Open Clusters in Gaia-DR1. A Way Forward to Stellar Age Calibration, *Astronomy and Astrophysics*, 612, 99.
- Reddy, A. B. S., Lambert, D. L., Giridhar, S. 2016. The Evolution of the Milky Way: New Insights from Open Clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 463, 4366-4382.
- Reid, M. J., Menten, K. M., Brunthaler, A., vd. 2019. Trigonometric Parallaxes of High-mass Star-forming Regions: Our View of the Milky Way. *The Astrophysical Journal*, 885, 18.
- 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, 2440-2447.
- Sampedro, L., Dias, W. S., Alfaro, E. J., Monteiro, H., Molino, A. 2017. A Multimembership Catalogue for 1876 Open Clusters Using UCAC4 Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470, 3937-3945.
- Sandage, A. 1957. Observational Approach to Evolution. II. A Computed Luminosity Function for K0-K2 Stars from  $M_v = +5$  to  $M_v = -4.5$ , *Astrophysical Journal*, 125, 435.
- Sandage, A. 1969. New Subdwarfs. II. Radial Velocities, Photometry, and Preliminary Space Motions for 112 Stars with Large Proper Motion, *Astrophysical Journal*, 158, 1115.
- Schmidt-Kaler, Th. 1982. In *Landolt-Bornstein: Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology*, 2b, 453, eds Schaifers, K., Voigt, H. H., Springer: Berlin.
- Sim, G., Lee, S. H., Ann, H. B., Kim, S. 2019. 207 New Open Star Clusters within 1 kpc from Gaia Data Release 2, *Journal of the Korean Astronomical Society*, 52, 145.
- Skrutskie, M. F., Cutri, R. M., Stiening, R., vd. 2006. The Two Micron All Sky Survey (2MASS), *The Astronomical Journal*, 131, 1163-1183.
- Soubiran, C., Cantat-Gaudin, T., Romero-Gómez, M., vd. 2018. Open Cluster Kinematics with Gaia DR2, *Astronomy and Astrophysics*, 619, A155, 11.

- Steinmetz, M., Zwitter, T., Siebert, A., vd. 2006. The Radial Velocity Experiment (RAVE): First Data Release, *The Astronomical Journal*, 132, 1645-1668.
- Sujatha, S., Babu, G. S. D. 2003. A Study of Old Open Clusters NGC 1605, Czernik 18, NGC 2509, *Bulletin of the Astronomical Society of India*, 31, 379-382.
- Sung, H., Bessell, M. S. 1999. UBV CCD Photometry of M35 (NGC 2168), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 306, 361.
- Sung, H., Bessell, M. S., Lee, B.-W., Lee, S.-G. 2002. The Open Cluster NGC 2516. I. Optical Photometry, *The Astronomical Journal*, 123, 290.
- Sung, H., Lim, B., Bessell, M. S., Kim, J.S., vd. 2013. Sejong Open Cluster Survey (SOS). 0. Target Selection and Data Analysis, *Journal of the Korean Astronomical Society*, 46, 103.
- Tarricq, Y., Soubiran, C., Casamiquela, L., vd. 2021. 3D Kinematics and Age Distribution of the Open Cluster Population, *Astronomy and Astrophysics*, 647, A19.
- Tignanelli, H., Vazquez, R. A., Mostaccio, C., Gordillo, S., Feinstein, A., Plastino, A. 1990. Numerical Taxonomy for Open Clusters, *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica*, 21, 305.
- van den Bergh, S. 1958. Old Galactic Clusters, *Zeitschrift für Astrophysik*, 46, 176-178.
- Yanny, B., Rockosi, C., Newberg, H. J., vd. 2009. SEGUE: A Spectroscopic Survey of 240,000 Stars with  $g = 14-20$ , *The Astronomical Journal*, 137, 4377-4399.
- Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., vd. 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, 79.
- York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., vd. 2000. The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, *The Astrophysical Journal*, 120, 1579-1587.
- Zhao, G., Zhao, Y., Chu, Y., vd. 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, id.A127.

## ÖZGEÇMİŞ

**Sevinç Gökmen**  
sevincgokmen@outlook.com



## ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2022-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Başkanlığı, Antalya
Lisans 2010-2014	İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul

## ESERLER

### Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., Ak, T., Güver, T., Paunzen, E., Ürgüp, H., Çelebi, M., Akti, B. A., Gökmen, S. 2019. CCD UBV Photometric and Gaia Astrometric Study of Eight Open Clusters - ASCC 115, Collinder 421, NGC 6793, NGC 7031, NGC 7039, NGC 7086, Roslund 1 and Stock 21, *Astrophysics and Space Science*, 364, article id. 152, 20.
- 2- Sarajedini, A., Gökmen, S. 2023. On the Determination of Galactic Globular Cluster Metallicities from the Periods and V-Band Amplitudes of Their Fundamental-Mode RR Lyrae Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 522, 1441.

### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., Ak, T., Güver, T., Paunzen, E., Ürgüp, H., Çelebi, M., Akti, B. A., Gökmen, S. 2021. Sekiz Açık Kümenin Fotometrik ve Gaia Astrometrik Çalışması-ASCC 115, COLLINDER 421, NGC 6793, NGC 7031, NGC 7039, NGC 7086, ROSLUND 1 ve STOCK 21, *Galaktik Astronomi Çalıştayı Bildirileri Kitabı*, 197-200, Editörler Serap Ak, Selçuk Bilir.