

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



OYMAK-AÇIK KÜME İLİŞKİSİNİN
GAIA UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Efecan TUNÇ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

ARALIK 2022

ANTALYA

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

**OYMAK-AÇIK KÜME İLİŞKİSİNİN
GAIA UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA İNCELENMESİ**

Efecan TUNÇ

UZAY BİLİMLERİ VE TEKNOLOJİLERİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Bu tez 15/12/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Volkan BAKIŞ (Danışman)

Prof. Dr. Zeki EKER

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN

Prof. Dr. İbrahim BULUT

Doç. Dr. Murat KAPLAN

ÖZET

OYMAK-AÇIK KÜME İLİŞKİSİNİN GAIA UYDU VERİLERİ YARDIMIYLA İNCELENMESİ

Efecan TUNÇ

Doktora Tezi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

Aralık 2022; 140 sayfa

OB oymakları ve açık kümeler, galaksimizin sarmal kollarında ikamet eden genç yıldız gruplarıdır. Bu bakımdan erken yıldız evriminin incelenmesi, Samanyolu'nun sarmal kol yapılarının araştırılması ve galaksimizin dinamiklerinin anlaşılması açısından önemli rol oynamaktadırlar. Oymak ve açık kümeler genellikle, devam eden veya yakın zamanda tamamlanmış bir yıldız oluşum süreciyle ilişkilendirilmektedir. Ancak, çok benzer fiziksel özellikler sergileyen bu iki yıldız grubunu birbirinden ayırt edebilmek kolay olmamaktadır. Önceki araştırmalarda oymaklar tarif edilirken, çoğu zaman sınırları içinde açık kümelerin bulunduğu değinilmiştir. Buna rağmen literatürde, özel olarak açık küme içeren oymaklarla ilgili kapsamlı bir araştırma yer almamaktadır. Bu tez araştırmasında yarıçapı içinde açık küme barındıran oymakların bir listesini oluşturmak, barındırdığı açık küme veya kümelerle ortak geçmişe sahip olma olasılığı yüksek olan oymakları belirlemek ve açık kümelerle ilişkilendirilebilecek oymakların varsa diğerlerinden farkını ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu kapsamda Güneş'in etrafındaki 3 kpc'lik bir yarıçap içinde 18 adet oymağın en az bir açık küme içerdiği tespit edilmiştir. Açık kümelerin güncel GAIA uydusu verileriyle temel parametreleri belirlenmiş ve oymakların parametreleriyle karşılaştırılmıştır. 12 oymağın içerdikleri açık kümeyle benzer uzay hareketine sahip oldukları görülmüş, diğer oymaklarla yaş, çap ve kütle gibi özellikleri kıyaslanmıştır. Açık küme içeren ve içermeyen oymakların parametre uzayında benzer oldukları çıkarımı yapılmıştır. İncelenen açık kümelerin yaşları, ilişkilendirildikleri oymakların yaşıyla kıyaslanarak, oymaklardan daha önce oluştukları sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE: Açık kümeler, genç yıldızlar, OB oymakları, yıldız oluşum bölgeleri.

JÜRİ: Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

Prof. Dr. Zeki EKER

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN

Prof. Dr. İbrahim BULUT

Doç. Dr. Murat KAPLAN

ABSTRACT

INVESTIGATION OF STELLAR ASSOCIATION-OPEN CLUSTER RELATIONSHIP WITH THE HELP OF GAIA SATELLITE DATA

Efecan TUNÇ

PhD Thesis in Space Sciences and Technologies

Supervisor: Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

December 2022; 140 pages

OB associations and open clusters are groups of young stars residing in the spiral arms of our galaxy. In this respect, they play an essential role in studying the early stellar evolution, investigating the spiral arm structures of the Milky Way, and understanding the dynamics of our galaxy. Both groups are often associated with an ongoing or recently completed star formation process. However, it is challenging to distinguish between these groups, which exhibit very similar physical properties. In previous studies, it has been noted that open clusters are often found within the borders of the associations. Nevertheless, there is a lack of comprehensive research on associations containing open clusters in the literature. This thesis aims to create a list of the OB associations with open clusters within their radius, to identify the ones that are likely to have a common history with the clusters they contain, and to differentiate the properties of the associations concerning whether they include clusters. In this context, it has been determined that 18 associations within a radius of 3 kpc around the Sun contain at least one open cluster. The basic parameters of the open clusters were determined using up-to-date GAIA satellite data and compared with the parameters of the associations. It is determined that the 12 associations had similar space motion with the open cluster they contained. Therefore their characteristics, such as age, diameter, and mass, were compared with associations unrelated to any clusters. In conclusion, the associations with and without open clusters possess similar properties in the parameter space. By comparing the ages of the open clusters examined with the age of the associations they reside in, it is concluded that they were formed long before the association.

KEYWORDS: OB associations, open clusters, star formation regions, young stars.

COMMITTEE: Prof. Dr. Volkan BAKIŞ

Prof. Dr. Zeki EKER

Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN

Prof. Dr. İbrahim BULUT

Assoc. Prof. Dr. Murat KAPLAN

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimimin başından sonuna kadar yol göstericiliğini bir an bile eksik etmeyen, değerli görüş ve önerileriyle beni cesaretlendiren, kıymetli danışmanım Prof. Dr. Volkan BAKIŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme ve savunma dönemlerinde kendi zamanlarından feragat ederek desteklerini esirgemeyen, katkılarıyla tezimi bir adım daha öteye taşımamı sağlayan saygıdeğer jüri üyeleri Prof. Dr. Zeki EKER, Prof. Dr. Faruk SOYDUGAN, Prof. Dr. İbrahim BULUT ve Doç. Dr. Murat KAPLAN'a çok teşekkür ederim.

Aynı anda doktora sürecinin çetin geçen zamanlarını göğüslediğimiz, bilime bakış açısını hep takdir ettiğim, içtenliğinden bir an bile şüphe duymadığım arkadaşım Yücel KILIÇ'a desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Hayatımda oldukları için kendimi çok şanslı saydığım, geçirdiğimiz günlerde hüznümüzü ve sevincimizi paylaştığımız sevgili dostlarım Dr. Çağlayan NEHİR ve Gizem NEHİR'e beni bir an olsun yalnız bırakmadıkları ve gözlerini kırpmadan gece gündüz tezimi yazabilmem adına yaptıkları özverili yardımları için minnettarım.

Sadece tez çalışmam süresince değil, tüm hayatım boyunca bana inanan, beni yüreklendiren, maddi ve manevi her türlü desteklerini, sevgilerini üzerimden eksik etmeyen anneciğim Betül TUNÇ'a sonsuz teşekkür ediyorum. Bu günleri görebilmiş olmasını her şeyden çok dilediğim babam Osman TUNÇ'a verdiğim sözü tutmuş olmanın gururuyla...

"Zorluklardan yıldızlara" giden yolda beraber yürüdüğüm, meslektaşım, evrenim, canım eşim Özlem TUNÇ'a en çekilmez hallerimde bana katlandığı, en zayıf anlarımda güçlü duruşuyla verdiği destekle beni yeniden ayağa kaldırdığı, en ihtiyacım olduğunda hep orada olduğu ve hayatı paylaşarak mutluluğumu gerçek kıldığı için tüm kalbimle teşekkür ederim. Sensiz asla başaramazdım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	5
2.1. Oymaklar	5
2.2. Açık Kümeler	14
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Katalog Taraması	20
3.1.1. Oymak katalogları	20
3.1.2. Açık küme katalogları	21
3.2. Açık Küme İçeren Oymaklar	23
3.3. Veriler	26
3.4. Açık Kümelerin Analizi	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
4.1. Açık Kümelerin Parametreleri	37
4.1.1. King 14	37
4.1.2. NGC 433	42
4.1.3. UBC 36	44
4.1.4. King 6	47
4.1.5. Trumpler 2	49
4.1.6. NGC 7380	52
4.1.7. Melotte 20	54
4.1.8. LDN 988e	55
4.1.9. NGC 6991	57
4.1.10. UPK 136	60
4.1.11. NGC 6871	62
4.1.12. Gulliver 53	65

4.1.13. NGC 1912	67
4.1.14. Gulliver 8	70
4.1.15. IC 348	73
4.1.16. Gulliver 37	75
4.1.17. ASCC 16	78
4.1.18. ASCC 19	80
4.1.19. ASCC 21	83
4.1.20. Gulliver 6	85
4.1.21. L 1641s	87
4.1.22. UBC 17a ve UBC 17b	90
4.1.23. UPK 402	94
4.1.24. NGC 2343	97
4.1.25. Dias 5	99
4.1.26. NGC 6531	102
4.1.27. Haffner 21	104
4.1.28. Ruprecht 130	107
4.1.29. Ruprecht 134	109
4.1.30. NGC 2547	112
4.1.31. NGC 3766	114
4.2. Oymakların Özelliklerinin Karşılaştırılması	117
5. SONUÇLAR	122
6. KAYNAKLAR	125
ÖZ GEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum "Oymak-Açık Küme İlişkisinin GAIA Uydu Verileri Yardımıyla İncelenmesi" 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 Aralık 2022

Efecan TUNÇ



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

α	: Sağ açıklık
b	: Galaktik enlem
$(B - V)$	: Renk indisi
$(B - V)_0$	: Kızılaştırmadan arındırılmış renk indisi
d	: Uzaklık
δ	: Dik açıklık
G	: GAIA G bandı parlaklığı
$G_{BP} - G_{RP}$	: GAIA rengi
Gy	: Milyar yıl
HRV	: Güneş merkezli dikine hız
km	: Kilometre
kpc	: Kiloparsek
l	: Galaktik boylam
m	: Kadir
mas	: Mili yay saniyesi
$M_{\odot}$	: Güneş kütlesi
My	: Milyon yıl
$\mu_{\alpha} \cos \delta$	: Öz hareket vektörünün sağ açıklık doğrultusundaki bileşeni
μ_{δ}	: Öz hareket vektörünün dik açıklık doğrultusundaki bileşeni
pc	: Parsek
π	: Trigonometrik paralaks
s	: Saniye
y	: Yıl
$^{\circ}$	: Derece
$'$	: Yay dakikası

Kısaltmalar

ASteCA	: Automated Stellar Cluster Analysis
DAML02	: Dias, Alessi, Moitinho and Lepine 2002 kataloğu
DENIS	: DEep Near-Infrared Survey
FSR	: Froebrich, Scholz & Raftery - A Systematic Survey for Infrared Star Clusters
GAIA	: Global Astrometric Interferometer for Astrophysics
GLIMPSE	: Galactic Legacy Infrared Midplane Survey Extraordinaire
GOC	: Gaia DR2 Open Clusters in the Milky Way
GOCII	: Gaia DR2 Open Clusters in the Milky Way II
HIPPARCOS	: HIgh Precision PARallax COllecting Satellite
HR	: Hertzsprung-Russell
KPOB	: Kinematic Parameters for OB-Associations kataloğu
KYAC	: Kinematics of Young Associations/Clusters kataloğu
MWSC	: Milky Way Star Cluster kataloğu
UKIDS-GPS	: UKIRT Infrared Deep Sky Survey
VISTA-VVV	: Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy - Vista Variables in the Via lactea survey
WEBDA	: WEb version of the database known as Base Donnees Amas
WISE	: Wide-field Infrared Survey Explorer
2MASS	: Two Micron All-Sky Survey

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yüksek ışınlım gücüne sahip O, B, A türü yıldız topluluklarının (siyah daireler) galaktik düzlem üzerindeki uzay dağılımı (Morgan vd. 1953). Güneş merkezde "s" ile işaretlenmiş, galaksi merkezine uzaklığı 9 <i>kpc</i> olarak kabul edilmiştir. Güneş'le galaksi merkezi arasında yeni tespit edilen sarmal kol 8 uzak yıldızı (beyaz daireler) içeren yapı olarak gösterilmiştir	6
Şekil 2.2. R oymaklarının konumlarının galaktik düzlem üzerine izdüşümü (Racine ve van den Bergh 1970)	8
Şekil 2.3. Astrometrik ölçümlerin duyarlılık karşılaştırması (Hasan 2019)	9
Şekil 2.4. Üç oymak için genişleme kanıtları (Mel'nik ve Dambis 2017); Per OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sol üst); Sgr OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sağ üst); Car OB1 üyelerinin galaktik boylam eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik boylamla ilişkisi (sol alt); Car OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sağ alt)	11
Şekil 2.5. Ori OB1'in alt gruplara ayrılmış yıldızlarının dağılımı (Kounkel vd. 2018); Yeşil renk Ori A, turuncu renk Ori B, açık mavi renk Ori C, kırmızı renk Ori D, mavi renk λ Ori'yi, kalın siyah noktalar Orion takımıyıldızının en parlak yıldızlarını temsil etmektedir; Konumlara göre gruplama (sol); Dikine hızlara göre gruplama (orta); Uzaklığa göre gruplama (sağ)	14
Şekil 2.6. λ Ori yıldız oluşum bölgesi geçmişinin şematik gösterimi (Dolan ve Mathieu 2002); (a) Moleküler bulutun 10 My önceki hali; (b) Yıldız oluşum bölgesinin 6 My önceki hali; (c) Aynı bölgenin 1 My önce süpernova patlamasından sonraki görünümü; (d) Molekül bulutlarının günümüzdeki kontur haritaları ve bölgenin yapısı	17
Şekil 2.7. Açık kümelerin galaksi düzlemindeki dağılımı. Merkezde Güneş yer almakta, mavi noktalar 100 My'den genç açık kümeleri, kırmızı kareler 3 Gy'den yaşlı açık kümeleri temsil etmektedir (Portegies Zwart vd. 2010)	19
Şekil 3.1. Oymak ve açık kümelerin ekvator koordinatlarına göre gökyüzündeki dağılımı (üst); Oymak ve açık kümelerin galaktik koordinatlarına göre galaksi düzlemindeki dağılımı (alt); Sarı noktalar açık kümeleri, kırmızı daireler oymakları temsil etmektedir ve dairelerin çapları ölçekli değildir	23
Şekil 3.2. Küresel ve kartezyen koordinatlar arası dönüşüm denklemleri	24
Şekil 3.3. Merkezinde Güneş'in bulunduğu 3 <i>kpc</i> yarıçap içindeki açık küme içeren ve içermeyen oymaklarla açık kümelerin konumlarının galaksi düzlemi üzerindeki izdüşümü	26
Şekil 3.4. NGC 3766 merkezinden yaklaşık 1.5° çaplı daire içinde kalan tüm kaynakların öz hareket bileşenleri (sol); Benzer öz harekete sahip yıldızların oluşturduğu yoğunluğu kapsayan bir alt kümesi (sağ)	29

Şekil 3.5. Öz hareket uzayında gerçekleştirilen elemenden sonra elde kalan yıldızların gökyüzündeki konumları	30
Şekil 3.6. Bir açık küme bölgesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	32
Şekil 3.7. Bir açık küme bölgesinin radyal yoğunluk profili ve King modeliyle yarıçapının belirlenmesi	33
Şekil 3.8. Bir açık küme bölgesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların küme üyelik olasılıkları	34
Şekil 3.9. Bir açık küme bölgesinin trigonometrik paralaks analizi	35
Şekil 3.10. Bir açık küme bölgesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	36
Şekil 4.1. King 14 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	40
Şekil 4.2. King 14 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	40
Şekil 4.3. (a) King 14 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) King 14 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	41
Şekil 4.4. King 14 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	41
Şekil 4.5. NGC 433 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	42
Şekil 4.6. NGC 433 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	43
Şekil 4.7. (a) NGC 433 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 433 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	43
Şekil 4.8. NGC 433 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	44
Şekil 4.9. UBC 36 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	45
Şekil 4.10. UBC 36 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	45
Şekil 4.11. (a) UBC 36 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 36 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	46
Şekil 4.12. UBC 36 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	46
Şekil 4.13. King 6 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	47
Şekil 4.14. King 6 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	48
Şekil 4.15. (a) King 6 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) King 6 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	48

Şekil 4.16. King 6 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	49
Şekil 4.17. Trumpler 2 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	50
Şekil 4.18. Trumpler 2 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	50
Şekil 4.19. (a) Trumpler 2 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Trumpler 2 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	51
Şekil 4.20. Trumpler 2 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	51
Şekil 4.21. NGC 7380 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	52
Şekil 4.22. NGC 7380 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	53
Şekil 4.23. (a) NGC 7380 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 7380 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	53
Şekil 4.24. NGC 7380 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	54
Şekil 4.25. LDN 988e açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	55
Şekil 4.26. LDN 988e açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	56
Şekil 4.27. (a) LDN 988e açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) LDN 988e açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	56
Şekil 4.28. LDN 988e açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	57
Şekil 4.29. NGC 6991 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	58
Şekil 4.30. NGC 6991 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	58
Şekil 4.31. (a) NGC 6991 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6991 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	59
Şekil 4.32. NGC 6991 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	59
Şekil 4.33. UPK 136 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	60
Şekil 4.34. UPK 136 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	61

Şekil 4.35. (a) UPK 136 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UPK 136 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	61
Şekil 4.36. UPK 136 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	62
Şekil 4.37. NGC 6871 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	63
Şekil 4.38. NGC 6871 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	63
Şekil 4.39. (a) NGC 6871 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6871 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	64
Şekil 4.40. NGC 6871 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	64
Şekil 4.41. Gulliver 53 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	65
Şekil 4.42. Gulliver 53 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	66
Şekil 4.43. (a) Gulliver 53 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 53 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	66
Şekil 4.44. Gulliver 53 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	67
Şekil 4.45. NGC 1912 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	68
Şekil 4.46. NGC 1912 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	69
Şekil 4.47. (a) NGC 1912 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 1912 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	69
Şekil 4.48. NGC 1912 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	70
Şekil 4.49. Gulliver 8 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	71
Şekil 4.50. Gulliver 8 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	71
Şekil 4.51. (a) Gulliver 8 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 8 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	72
Şekil 4.52. Gulliver 8 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	72
Şekil 4.53. IC 348 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	73

Şekil 4.54. IC 348 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli . .	74
Şekil 4.55. (a) IC 348 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) IC 348 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	74
Şekil 4.56. IC 348 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	75
Şekil 4.57. Gulliver 37 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	76
Şekil 4.58. Gulliver 37 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	76
Şekil 4.59. (a) Gulliver 37 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 37 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	77
Şekil 4.60. Gulliver 37 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	77
Şekil 4.61. ASCC 16 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	78
Şekil 4.62. ASCC 16 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	79
Şekil 4.63. (a) ASCC 16 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 16 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	79
Şekil 4.64. ASCC 16 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	80
Şekil 4.65. ASCC 19 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	81
Şekil 4.66. ASCC 19 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	81
Şekil 4.67. (a) ASCC 19 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 19 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	82
Şekil 4.68. ASCC 19 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	82
Şekil 4.69. ASCC 21 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	83
Şekil 4.70. ASCC 21 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	83
Şekil 4.71. (a) ASCC 21 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 21 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	84
Şekil 4.72. ASCC 21 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	84
Şekil 4.73. Gulliver 6 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	85

Şekil 4.74. Gulliver 6 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	86
Şekil 4.75. (a) Gulliver 6 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 6 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	86
Şekil 4.76. Gulliver 6 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	87
Şekil 4.77. L 1641s açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	88
Şekil 4.78. L 1641s açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	88
Şekil 4.79. (a) L 1641s açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) L 1641s açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	89
Şekil 4.80. L 1641s açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	89
Şekil 4.81. UBC 17a açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	90
Şekil 4.82. UBC 17a açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	91
Şekil 4.83. (a) UBC 17a açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 17a açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	91
Şekil 4.84. UBC 17a açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	92
Şekil 4.85. UBC 17b açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	92
Şekil 4.86. UBC 17b açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	93
Şekil 4.87. (a) UBC 17b açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 17b açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	93
Şekil 4.88. UBC 17b açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	94
Şekil 4.89. UPK 402 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	95
Şekil 4.90. UPK 402 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	95
Şekil 4.91. (a) UPK 402 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UPK 402 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	96
Şekil 4.92. UPK 402 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	96
Şekil 4.93. NGC 2343 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	97

Şekil 4.94. NGC 2343 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	98
Şekil 4.95. (a) NGC 2343 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 2343 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	98
Şekil 4.96. NGC 2343 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	99
Şekil 4.97. Dias 5 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	100
Şekil 4.98. Dias 5 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	100
Şekil 4.99. (a) Dias 5 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Dias 5 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	101
Şekil 4.100. Dias 5 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	101
Şekil 4.101. NGC 6531 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	102
Şekil 4.102. NGC 6531 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	103
Şekil 4.103. (a) NGC 6531 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6531 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	103
Şekil 4.104. NGC 6531 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	104
Şekil 4.105. Haffner 21 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	105
Şekil 4.106. Haffner 21 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	105
Şekil 4.107. (a) Haffner 21 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Haffner 21 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	106
Şekil 4.108. Haffner 21 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	106
Şekil 4.109. Ruprecht 130 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	107
Şekil 4.110. Ruprecht 130 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	108
Şekil 4.111. (a) Ruprecht 130 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Ruprecht 130 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	108
Şekil 4.112. Ruprecht 130 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	109

Şekil 4.113. Ruprecht 134 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	110
Şekil 4.114. Ruprecht 134 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	110
Şekil 4.115. (a) Ruprecht 134 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Ruprecht 134 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	111
Şekil 4.116. Ruprecht 134 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	111
Şekil 4.117. NGC 2547 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	112
Şekil 4.118. NGC 2547 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	113
Şekil 4.119. (a) NGC 2547 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 2547 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	113
Şekil 4.120. NGC 2547 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	114
Şekil 4.121. NGC 3766 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti	115
Şekil 4.122. NGC 3766 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli	115
Şekil 4.123. (a) NGC 3766 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 3766 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi	116
Şekil 4.124. NGC 3766 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi	116
Şekil 4.125. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) yaş dağılımları	117
Şekil 4.126. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) Güneş merkezli dikine hız dağılımları	118
Şekil 4.127. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) çap dağılımları	119
Şekil 4.128. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) O ve B-tayf türü üye yıldız sayılarının dağılımı	120

Şekil 4.129. Oymakların yaşının, sınırları içinde bulunan ve uyumlu öz harekete sahip açık kümelerin yaşına oranlarının dağılımı 121



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Oymaklar ve yarıçapları içinde bulunan açık kümelerin listesi	25
Çizelge 3.2.	Açık küme barındıran oymakların öz hareket bileşenleri ve yaşları . .	28
Çizelge 4.1.	İncelenen açık kümelerin elde edilen astrometrik parametreleri . . .	38
Çizelge 4.2.	İncelenen açık kümelerin elde edilen temel parametreleri	39



1. GİRİŞ

Oymaklar ve açık yıldız kümeleri yıldız oluşumunun hâlen devam ettiği ya da kısa bir süre önce sonlandığı, birbirlerine kütle çekimiyle zayıf olarak bağlı yıldız topluluklarıdır ve bu grupların kabaca aynı zamanda aynı moleküler buluttan yoğunlaşarak meydana gelen yıldızlardan oluştuğu fikri yaygınca kabul görmektedir (Carpenter 2000; Lada ve Lada 2003; Porras vd. 2003; Allen ve Spitzer Gould Belt Legacy Team 2007). İlk araştırmalarda sanılanın aksine yıldız oluşumunun çoğunlukla yalıtılmış bölgelerde gerçekleşmediği, aksine neredeyse tamamının küme ve oymaklar gibi ortamlarda meydana geldiği düşünülmektedir (Blaauw 1958; Camargo vd. 2010). Bu görüşü destekleyecek şekilde de Wit vd. (2005) O-tayf türünden yıldızların neredeyse %95'inin açık küme veya oymaklara üye olduğunu ya da kinematik olarak bu alanlarla ilişkilendirilebileceklerini belirtmiştir. O-tipi erken türden yıldızların büyük kütleleri dolayısıyla en kısa ömürlü yıldızlar olduğu düşünüldüğünde, yeterli zamana sahip olmamaları sebebiyle, tespit edildikleri konumlarının doğdukları bölgelerden çok uzak olamayacağı fikri akla yatkındır. Dolayısıyla kümeler ve oymaklar galaksimizde temel yıldız oluşum bölgeleri olarak kabul edilmektedir (Lada 2007). Aynı zamanda bu bölgelerde konumlanmış yıldızların oluştukları bölgenin fiziksel özelliklerini yansıtmaları beklenir. Bu bağlamda açık küme ve oymaklara üye yıldızların incelenmesi hem yıldız oluşum mekanizmalarını hem de galaksimizin disk bölgesindeki sarmal kollarının yapısını ve dinamiğini açıklayabilmek adına büyük önem taşır (Lada ve Lada 2003). Çünkü bu gruplar en çok yıldızlararası gaz ve tozun yoğun olarak bulunduğu sarmal kollarda tespit edilmiştir (örneğin; Morgan vd. 1953; Mel'nik ve Efremov 1995; Mel'Nik ve Dambis 2009; Zari vd. 2021).

2000'li yılların başına kadar oymak ve küme tespitinde görsel bölge fotometrisi kullanılmıştır ancak görece düşük sayılabilecek bir tespit hızına ulaşılabilmektedir (Buckner 2016). Gözlem teknolojilerinin gelişmesiyle yeni açık küme ve oymak araştırmalarında sadece görsel bölge gözlemleri yerine kırmızı-öte fotometrik gözlemleri de kullanılmaya başlanmıştır. Böylece uzun dalgaboylarında galaktik düzlemin gaz ve toz yoğunluğundan kaynaklanan sönmekleştirci etkisinden olabildiğince kurtularak, daha sönmek yıldızların ve Güneş'e daha uzak bölgelerin incelenmesi mümkün olmuştur. DENIS (Epchtein vd. 1997), GLIMPSE (Benjamin vd. 2003), 2MASS (Skrutskie vd. 2006), UKIDS-GPS (Lucas vd. 2008), VISTA-VVV (Minniti vd. 2010) ve WISE (Wright vd. 2010) gibi kırmızı-öte katalogların yayınlanmasıyla birlikte araştırmalar ivme kazanmış ve toplamda 4000 civarında küme adayları literatürde listelenmiştir.

Günümüzde gözlemlerin kalitelerindeki gelişmeler birçok araştırma alanında etkisini göstermektedir. Başta tüm gökyüzünü tarayan GAIA uzay görevi (Gaia Collaboration vd. 2016, 2018, 2022; Lindegren vd. 2021) olmak üzere son yıllarda artan uzay tabanlı veriler sayesinde yeni ve kapsamlı gökyüzü haritaları ve katalogları

oluşturulmaya devam etmektedir. Artık yıldızların konum, parlaklık, uzaklık ve öz hareket bileşenleri şu ana kadar görülmemiş yüksek duyarlılıklarla belirlenebilmekte ve kinematik özellikleri hassas biçimde hesaplanabilmektedir. Bu durum küme ve oymaklar üzerine yapılan araştırmalara hem çeşitlilik kazandırmış hem de elde edilen daha duyarlı yeni bulgular sayesinde daha önceki yargılardan bazılarının tekrar gözden geçirilmesi gerekliliğine yol açmıştır.

Yaşanan tüm bu gelişmelere rağmen yıldız oymaklarının kökeni hâlen tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Çünkü oldukça benzer fiziksel özellikler sergileyen oymaklar ve açık kümeler arasında onları birbirinden ayıran keskin bir sınır çizmek mümkün olmamıştır. Öyle ki literatürde daha önce açık küme olarak kabul edilmiş yıldız topluluklarının daha sonradan başka araştırmacılar tarafından oymak olarak tanımlandığı durumlar mevcuttur. Örneğin, de Zeeuw vd. (1999) açık küme olarak bilinen Tr 10 yıldız topluluğunu oymak olarak yeniden tanımlamıştır. Benzer bir durum farklı kataloglarda aynı cismin farklı kategorilerde ele alınması şeklinde kendini göstermiştir. NGC 6991 örneğinde Mel’Nik ve Dambis (2009) tarafından oymak, Kharchenko vd. (2013)’nin katalogunda ortak hareket eden bir grup, Dias vd. (2014) ve Cantat-Gaudin vd. (2020)’nin kataloglarında ise açık küme olarak tanımlanmıştır. Bu karmaşıklıktan kurtulmak adına araştırmacılar bu cisimler üzerinde inceleme yaparken genellikle kendilerine uygun bir tanım seçerek çalışmalarını sürdürmüşlerdir. Wright vd. (2022) oymaklar üzerine tamamladığı güncel araştırmasında bu tanımlardan başlıcalarını kronolojik olarak şu şekilde derlemiştir:

“Ambartsumian (1947, 1949) OB oymaklarını galaksinin yaşına kıyasla çok daha genç, ortak bir kökene sahip ve Galaktik alandan daha düşük bir yıldız yoğunluğuna sahip yıldız grupları olarak tanımlamıştır. Bu tanımın özellikle son kısmı, oymakları o zamanlar da bilinen diğer yıldız grupları olan açık ve küresel kümelerden ayırmaktadır. Buna benzer tanımlar dönüm noktası olarak kabul edilebilecek oymak ve açık küme araştırmalarında Blaauw (1964), Garmany (1994), de Zeeuw vd. (1999) ve Lada ve Lada (2003) tarafından da kullanılmıştır. Kendilerini çevreleyen moleküler bulutun içinde gömülü çok genç kümelerin keşfiyle birlikte bazı araştırmalarda, bu kümeler ve yıldız oluşum bölgelerinin çoğunun oymaklara dönüştüğü savunulmuştur (örneğin; Lada ve Lada 2003; Zinnecker ve Yorke 2007). Bu bağlamda Lada ve Lada (2003), yıldız kümelerini gömülü ve açık kümeler olmak üzere yıldızlararası maddeyle ilişkilerine dayanarak ikiye ayırmışlardır ve gömülü kümelerin doğdukları moleküler buluttan meydana çıkmaya başlarken ya kütle çekimsel olarak bağlı açık kümeler olarak hayatlarına devam edeceklerini ya da kütle çekimsel olarak bağlı olmayan oymaklar olarak genişleyeceklerini iddia etmişlerdir. Buradan yola çıkarak oymaklar için daha fiziksel bir tanım ortaya çıkmıştır. Birincisi oymakların kütle çekimsel olarak bağımsız yıldızlardan oluşması (örneğin; Gouliermis 2018; Wright 2020), ikincisi kümelerin kütle çekimsel olarak bağlı yıldız topluluklarından oluşmasıdır (örneğin, Portegies Zwart vd.

2010). Bu fiziksel tanımın yapılmasındaki en büyük zorluk, nispeten izole kümeler ve oymaklar için bile, bir yıldız topluluğunun kütleçekimsel olarak birbirine bağlı olup olmadığının güvenilir bir şekilde belirlenmesinin oldukça zor olabilmesidir. Ama bu durum çoğu klasik OB oymağı için genellikle bir sorun teşkil etmemektedir, çünkü yıldız yoğunlukları yeterince az olduğundan kütleçekimiyle bağımlı olmamaları hayli olasıdır. Yine de, özellikle genç veya yıldızlararası maddenin yoğun olarak bulunduğu bölgelerdeki sistemler için bulut kütlelerinin ve uzay dağılımının belirlenmesi yıldızlara göre daha zor olduğundan bu tespitin yapılmasında problemler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, yakın tarihli araştırmalarda, yıldız oluşumunun belirli az veya çok yoğunluk seviyelerinde süregelmediği, aksine sürekli bir yoğunluk aralığında meydana geldiği önerilmektedir (örneğin; Bressert vd. 2010; Kruijssen 2012; Kerr vd. 2021).”

Tanımdaki yoğunluk teriminin açık kümelerden oymakları, yıldızlararası maddeyle ilgili olan kısmın ise oymakları yıldız oluşum bölgeleri ve gömülü kümelerden ayırabildiği gerekçesiyle Wright vd. (2022) yıldız yoğunluğu galaktik alanınkinden daha düşük olan ve yıldızlararası maddeyle güçlü bir şekilde etkileşim halinde olmayan genç yıldız gruplarını oymak olarak tanımlamayı tercih etmişlerdir. Aynı zamanda, oymakların büyük hacimler kaplaması ve yüksek düzeyde alt yapılara bölünmüş olmalarından dolayı sınırları içinde açık veya gömülü kümeler ve yıldız oluşum bölgeleri içerebileceklerini hatta çoğu zaman da gerçekten içerdiklerini vurgulamışlardır. Örnek olarak Vela OB2 oymağındaki γ Vel açık kümesi gibi bazı kümelerin ilgili oymakla fiziksel olarak bağlı olduğu önerilmişse de (Jeffries vd. 2014) yine Vela OB2 oymağındaki NGC 2547 açık kümesi gibi bazılarının da yalnızca birer yanılsama olarak kaldığı belirtilmiştir (Sacco vd. 2015). Yıldız kümelerinin oymakların yoğun çekirdekleri olabileceklerine işaret eden bu önerme Ambartsumian (1949)’ın orijinal tanımına kadar dayanmaktadır. Oymakların sınırlarında yıldız oluşum bölgelerinin mevcudiyeti de Güneş’e en yakın ve en çok araştırılan oymaklardan biri olan Ori OB1’nin aktif bir yıldız doğumevi olduğunun anlaşılması sayesinde kanıtlanmıştır.

Oymakların çoğunun sınırları içerisinde açık küme barındırdığı vurgulanmış olsa da (Örneğin; Stevenson 2015; Wright vd. 2022) literatürde münferit araştırmalar haricinde (Örneğin; Fitzgerald vd. 1990; Marco ve Noguera 2016; Panwar vd. 2018; Chentsov 2019; Wright 2020; Yalyalieva vd. 2020) bu konu üzerine sistematik bir araştırma yapılmadığını söylemek mümkündür. Sadece Wright (2020)’nin oymaklar üzerine yapmış oldukları incelemede, bilinen oymaklar ve içerdikleri açık kümelerin bir listesine rastlanmıştır ancak bu tablo bir literatür derlemesinden öteye gitmemiştir.

Bu doktora tezinin amacı, günümüzde en duyarlı astrometrik ölçümlere sahip güvenilir GAIA verilerinden yararlanarak sınırlarında en az bir açık küme barındıran oymakların tespitini yapmak, tespit edilen açık kümelerin temel özelliklerini belirlemek, oymak-açık küme ikililerinin fiziksel parametrelerini karşılaştırarak aralarında ortak bir

geçmişe işaret eden bulguların varlığını sorgulamak ve açık küme içeren ve içermeyen oymakların istatistiğini oluşturarak bu oymakları birbirinden ayıran bir özellik olup olmadığını irdeleyip yorumlamaktır.

Bu sebeple önce literatür taraması yapılarak hem oymakların hem de açık kümelerin ayrı ayrı derlendiği kataloglar incelenmiştir. Bu kataloglardaki verilerin elde edilmiş yöntemlerinin özellikleri ve kapsamaları da göz önünde bulundurularak mümkün olduğunca güncel olanlarından yararlanılmıştır. Öncelikle, oymakların merkezi koordinatları ve yarıçaplarıyla açık kümelerin merkez koordinatları literatürden derlenmiştir. Daha sonra oymaklarla açık kümelerin merkezlerinin birbirinden olan uzaklıkları hesaplanmıştır. Buna göre merkezinde Güneş'in yer aldığı 3 *kpc* yarıçap içindeki oymaklardan konumsal olarak yarıçapları içerisinde en az bir açık küme içerenler tespit edilmiştir. Belirlenen açık kümelerin bulunduğu bölgeleri kapsayan GAIA eDR3 verilerine erişim sağlanmıştır. Veri setleri (kaynakların katalog numaraları, sağ açıklık, dik açıklık, trigonometrik paralaks, öz hareket bileşenleri, kadir parlaklığı, renk bilgileri ve tüm verilerdeki belirsizlikler olmak üzere) ortak uzay hareketine sahip yıldız gruplarını alan yıldızlarından ayırarak üyesi oldukları kümelerin fiziksel özelliklerini belirleyebilmek için süreci otomatik hale getiren hazır program paketleri kullanılarak analiz edilmiştir. Aralarında yakın zamanda keşfedilmiş olanların da bulunduğu açık kümelerin uzaklık, öz hareket bileşenleri, yaş, renk artığı, uzaklık modülü, kızıllaşma ve metal oranları gibi temel parametreleri belirlenmiştir. Belirlenen özellikler ilgili oymaklar ve kümeler arasında karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Son olarak açık küme içeren ve içermeyen oymakların özellikleri kendi aralarında karşılaştırılarak ayırt edici bir korelasyonun varlığı sorgulanmıştır. Bu aşamaların detayları tezin ilerleyen bölümlerinde ele alınmıştır.

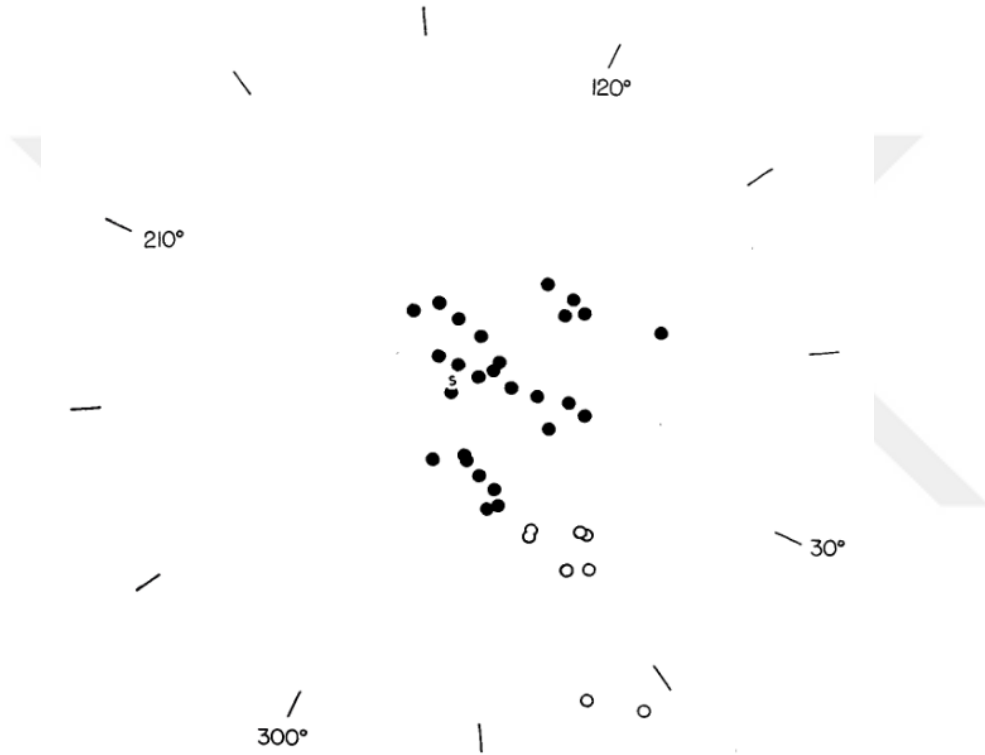
2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Oymaklar

Galaksimiz içindeki konumları incelendiğinde erken tayf türüne sahip O ve B yıldızlarının homojen bir dağılıma sahip olmadıkları gözlenmiştir. Aksine, bu genç yıldızların seyrek gruplar halinde konumlandıkları göze çarpmıştır. Bahsi geçen ayrımın yapılabilmesine Kapteyn (1914, 1918a, 1918b, 1918c), Cannon ve Pickering (1918, 1924), Rasmuson (1921), Pannekoek (1929) ile Cannon ve Mayall (1949)’ın 20. yüzyılın başlarında yapmış oldukları yıldız tayfi araştırmaları öncülük etmiştir. Yüz binlerce yıldızın tayfsal sınıflamasının yapıldığı bu kapsamlı gökyüzü taramaları neticesinde tayf türlerine göre yıldızların uzayda nasıl yerleştikleri konusunda istatistiki bilgiye ulaşılabilmektedir. Akabinde konumsal dağılımdaki bu süreksizliğin nedenleri ve yıldız gruplarının özellikleri üzerine araştırmalar hız kazanmış ve tarihte ilk kez Ambartsumian (1947, 1949) oymak (“association”) terimini kullanmıştır. Oymakların $0.1 M_{\odot} pc^{-3}$ ’ten daha az kütle yoğunluklarına sahip olmaları gerektiğini hesaplamıştır. Bok (1934) daha önceden bu kadar düşük mertebeden yoğunluğa sahip grupların galaktik çekim etkileri altında dağılması gerektiğini belirtmiştir. Bu sebeple Ambartsumian oymakların zaman geçtikçe genişleyerek büyüyen yapılar olduğu çıkarımını yapmıştır. Ayrıca kütlelerinin büyüklüğünden dolayı en kısa ömürlü yıldızlar olan O ve B yıldızlarını bolca ihtiva ettikleri için bu yapıların genç oluşumlar olduğunu düşünmüştür ki bu bilgi galaksimizde hala yıldız oluşum süreçlerinin devam ettiğini gösteren ilk işaretlerden biri olmuştur.

Yıldız oymaklarına tarihsel açıdan bakılacak olursa keşiflerinin ardından Morgan vd. (1953) galaksimizdeki yüksek ışınım sınıfından O, B ve A topluluklarının uzaklıklarını belirleyerek Güneş ve galaktik merkez arasındaki sarmal kolların yapısını ortaya koymuştur (Şekil 2.1). Bu andan itibaren O-B yıldızları ve oymakları galaksimizin sarmal kollarının yapısı ve dinamiğini genç yıldızların dağılımlarıyla incelemek için önemli bir enstrüman haline gelmiştir. Oymakların çevrelerindeki yıldızlararası maddeyle ilişki içinde olabilecekleri ilk defa Blaauw (1964) tarafından belirtilmiştir. Gerçekten de büyük moleküler bulutların gözlemleri oymakların yıldız oluşum bölgelerine yakın komşulukta konumlandıkları görüşünü desteklemiştir (Zuckerman ve Palmer 1974; Blitz ve Thaddeus 1980). Bu sebeple Brown vd. (1999) galaksimizin kimyasal evrim süreçlerinin araştırılması için ideal kaynaklar olduklarını savunmuştur. Oymaklar üzerine oluşturulmuş ilk kataloglardan biri Ruprecht’in (1966) tanımlayabildiği bütün oymakların sınırlarını, parlak üyelerini uzaklıklarıyla beraber listelediği araştırması olmuştur. Belirlediği terminolojinin Uluslararası Astronomi Birliği tarafından kabul edilmesinden sonra yaptığı ilavelerle birlikte “Yıldız Kümeleri ve Oymakları Kataloğu” (Ruprecht vd. 1981) adıyla kitap halinde sunmuştur. Güneş komşuluğunda 3 *kpc* yarıçap içindeki OB oymaklar kataloğu Mel’nik ve Efremov (1995) tarafından yayınlanmıştır. Takip eden yıllarda zamanının en duyarlı konum ve öz hareket

gibi astrometrik verilerini sağlayan Hipparcos uydusunun (Perryman vd. 1997) getirdiği olanaklarla çok sayıda OB oymağına üye olmaya aday yıldız belirlenebilmiştir. de Zeeuw vd. (1999) yenilenmiş bir oymak kataloğu sunarak oymak karakteristiklerinin belirlenmesine önemli bir katkı sağlamıştır. Hipparcos dönemindeki oymak çalışmalarının en büyük handikapı olarak veritabanının yalnızca en kütleli ve parlak yıldızlar için veri sağlayabilmesi gösterilmektedir. Ancak bu durum oymakların koordinatları, paralaktik uzaklıkları ve öz hareketleri gibi özelliklerinin daha duyarlı hesaplanabilmesine engel olmamıştır. Mel'Nik ve Dambis (2009) yeni verilerle OB oymaklarının kinematik özelliklerinin incelendiği bir çalışma sunmuştur.

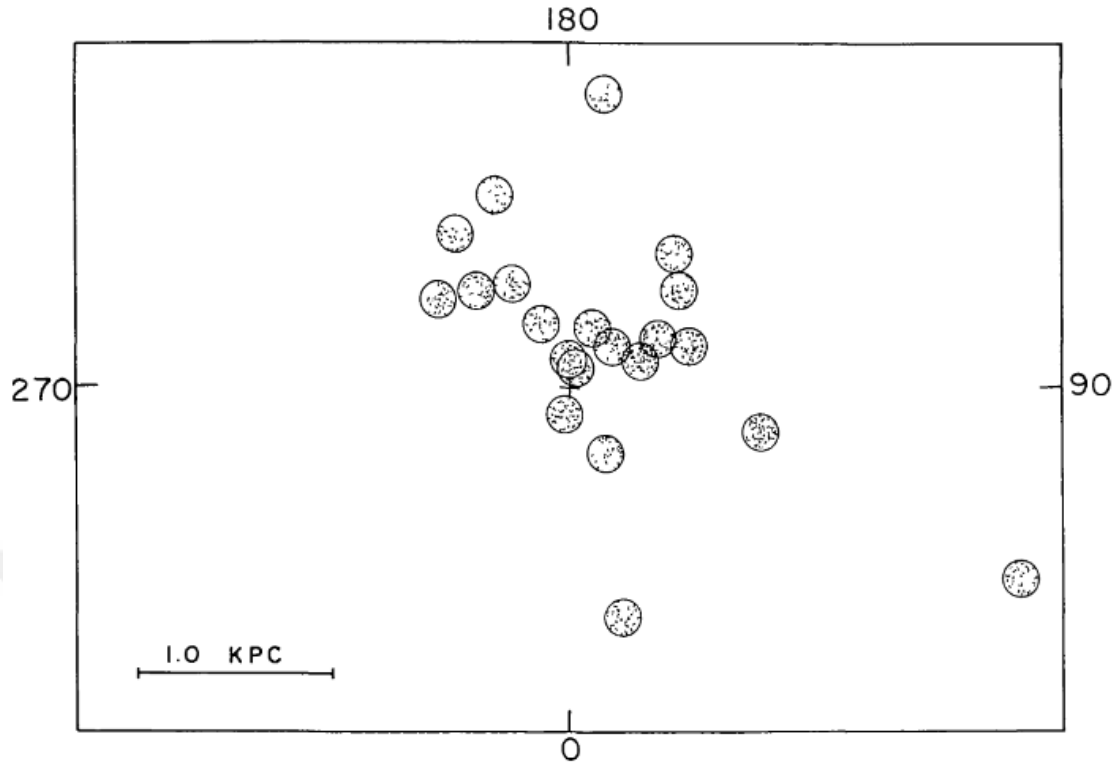


Şekil 2.1. Yüksek ışıyım gücüne sahip O, B, A türü yıldız topluluklarının (siyah daireler) galaktik düzlem üzerindeki uzay dağılımı (Morgan vd. 1953). Güneş merkezde "s" ile işaretlenmiş, galaksi merkezine uzaklığı 9 *kpc* olarak kabul edilmiştir. Güneş'le galaksi merkezi arasında yeni tespit edilen sarmal kol 8 uzak yıldızı (beyaz daireler) içeren yapı olarak gösterilmiştir

Oymakların OB tipi haricinde T ve R oymakları olarak adlandırılan türleri de mevcuttur. T oymakları adlarını bünyelerinde bol miktarda barındırdıkları T-Tauri yıldızlarından almaktadır. T-Tauri'ler halen oluşum aşamasında olan, hidrostatik dengeye erişememiş ve oluşmakta oldukları bölgedeki moleküler buluttan madde toplamaya devam eden çok genç yıldızlardır. Geç tayf türünden olan bu yıldızların sıcaklıkları onlarla aynı kütleye sahip anakol yıldızlarıyla hemen hemen aynıdır. Ancak yarıçapları daha büyük olduğundan aynı kütledeki anakol yıldızlarına göre daha parlak görünürler

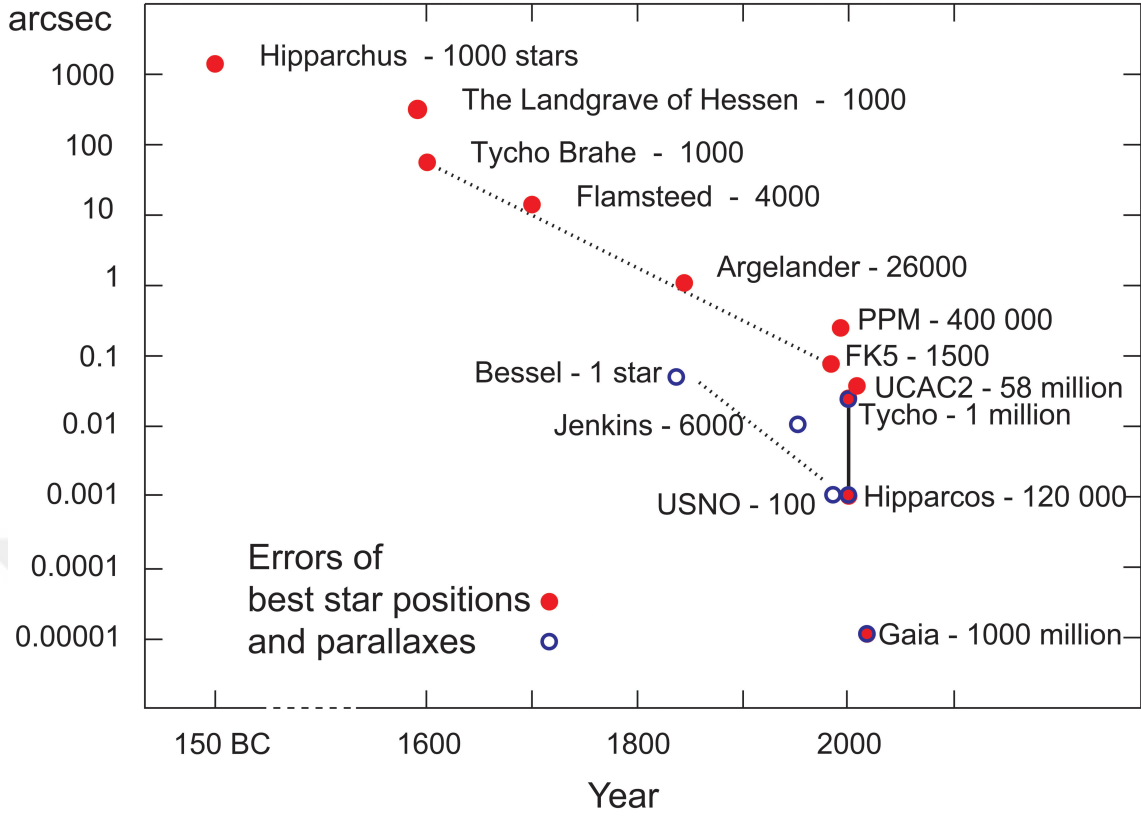
ve HR diyagramı üzerinde henüz anakola yerleşememişlerdir. Dolayısıyla henüz oluşum aşamasında olan yıldızlar içerdiklerinin bulunmasıyla oymakların gerçekten genç yapılar olduğu çıkarımına bir kanıt oluşturmaktadırlar. Yine ilk defa Ambartsumian (1947, 1949) oymakları üye yıldızların türlerine göre değerlendirmeye alarak varlıklarına işaret etmiştir. OB oymaklarının daha küçük kütleli yıldızlara da sahip olduğu gibi T oymakları da nadiren T-Tauri yıldızlarının yanında az sayıda O ve B yıldızları içerebilmektedir. Bu oymakların Güneş'e en yakın örneği 140 pc uzaklıktaki Taurus-Auriga oymağıdır (Frink vd. 1997). T oymakları hakkındaki en önemli bulgulardan bir tanesi Ghez vd. (1993) ve Leinert vd. (1993) tarafından bu bölgelerdeki T-Tauri yıldızlarının diğer çift ve çoklu sistemlerden yaklaşık olarak iki katı kadar çoklu bileşene sahip oldukları şeklinde vurgulanmıştır. Bu sonuç yıldızların hayatlarına çoklu sistemlerde başladığı görüşüne destek vererek oymakların yıldız oluşumu ve evrimi konusundaki önemini ortaya koymuştur. Brown (2001) ve Kouwenhoven vd. (2007)'ye göre yıldız oluşum sürecinin bir özelliği olarak bu bölgelerdeki yıldızların büyük kısmının çift veya çoklu sistemlere üye olması gerekmektedir. Hensberge vd. (2007) ve Bakış vd. (2007, 2011, 2014, 2016)'nin oymak bölgelerindeki ön tayf türünden çift ve çoklu yıldızların analizleri de bu teoriyi desteklemektedir.

van den Bergh (1966) yansıma bulutsularıyla ilişki içinde olan tüm yıldızların bir kataloğunu oluşturmak amacıyla Palomar Gök Atlas'ını taramıştır. Yaptığı araştırmada yaklaşık 500 yıldızın bu bölgelere üye olduğunu tespit etmiştir. Bu yıldız topluluklarını yansıma kelimesinin karşılığı olan "reflection" kelimesine atfen R oymağı olarak isimlendirerek listelemiştir. Katalogdaki yıldızların fotometrik ve spektroskopik verilerini inceleyen Racine (1968) R oymaklarının varlığını desteklemiştir. R oymaklarının galaktik dağılımının OB oymaklarıyla uyum içinde olduğunu belirterek yine de OB toplulukları içinde R oymaklarına rastlanmadığını vurgulamıştır. Ancak bu oymakların oluşum kökeni hakkında bir yorumda bulunmamıştır. Daha sonra OB oymaklarını R oymaklarından ayıran özelliğin yıldızların kütle farklılığından kaynaklandığını öne sürmüştür. OB oymaklarındaki yıldızlardan daha küçük kütleli yıldızların mevcudiyeti daha az ışıyım basıncına sahip yıldız toplulukları oldukları anlamına gelmektedir. Böylece bu yıldızlar etraflarındaki moleküler gaz ve toz bulutunu ışıyım ile uzaklaştıracak etkiyi yaratamamaktadırlar. Bunun sonucu olarak da çevrelerindeki yıldızlararası maddeyi aydınlatarak gözlemcilerin bölgeyi bir yansıma bulutu olarak algılamasına yol açmaktadırlar. Racine ve van den Bergh (1970) galaksimizin Orion sarmal kolunun yapısını ortaya koymak için R oymaklarının OB'lere göre daha kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 2.2). Bunun sebebini de galaksi düzleminde kpc^2 başına OB'den daha çok R oymağının bulunması olarak açıklamışlardır.



Şekil 2.2. R oymaklarının konumlarının galaktik düzlem üzerine izdüşümü (Racine ve van den Bergh 1970)

Son yıllarda GAIA uydusunun faaliyete geçmesiyle beraber erişime açık veri sayısı ve kalitesinde çok büyük bir ilerleme gerçekleşmiştir (Şekil 2.3). Mel’nik ve Dambis (2017) oymaklar üzerine inceleme yapma geleneklerini sürdürerek bu yeni veriler ışığında oymakların kinematik özelliklerini tekrar ele almışlardır. Milyarlarca yıldızın en hassas koordinat, uzaklık, öz hareket, dikine hız gibi özelliklerinin elde edilmiş olması birçok alanda olduğu gibi oymak çalışmalarında da kökten gelen bazı bilgilerin tekrar sorgulanmasına yol açmıştır. Örneğin Wright (2020) ve Wright vd. (2022) yaptıkları güncel derleme ve değerlendirmelerde, hem uzun zamandır süregelen oymakların yoğun yıldız kümelerinin genişlemiş kalıntıları olduğu düşüncesine tanımdaki eksiklikleri vurgulayarak karşı çıkmış, hem de daha önceden hiç öngörülmediği kadar alt yapılara bölünmüş karmaşık yapılar olduklarını vurgulamıştır.



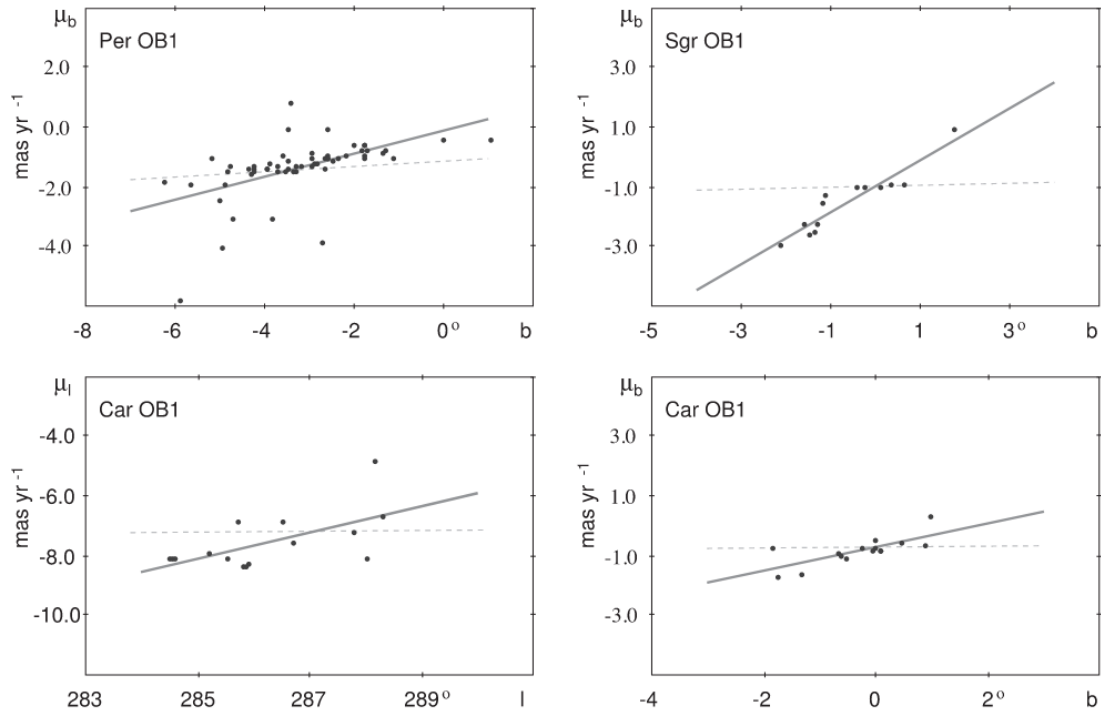
Şekil 2.3. Astrometrik ölçümlerin duyarlılık karşılaştırması (Hasan 2019)

Oymaklara üye yıldızların kabaca aynı uzay hareketine sahip olmaları beklenmektedir. Bu ortak hareket, öz hareket vektörlerinin gökyüzü düzleminde tek bir noktaya doğru yöneldikleri şeklinde gözlenmektedir (Bertiau 1958). Dolayısıyla öz hareket uzayındaki bu kararlı yapıların belirlenmesi yöntemiyle de üye tespiti yapılabilmektedir. Buna yakınsak nokta metodu (Brown 1950; Galli vd. 2012) denir. de Bruijne (1999) ortak harekete sahip grupların bulunabilmesi için Hipparcos verilerine uygun hale getirerek bu metodun yenilenmiş halini sunmuştur. Kinematik araştırmalar GAIA dönemine kadar yalnızca en parlak üyeleriyle sınırlı kalmıştır. Çünkü koordinat ve öz hareket bilgileri Hipparcos kataloğundan alınsa bile dikine hız verilerinin ayrıca yıldızların tayfi alınarak elde edilmesi gerekmiştir. Günümüzde ise uydu verileri sayesinde büyük veri çağına girilmiş ve yıldızların öz hareket ve dikine hızları kullanılarak oymakların iç hız dağılımları hesaplanabilmektedir. Mathieu (1986) ve Tian vd. (1996) bu hızları sadece birkaç $km s^{-1}$ mertebesinde olabileceğini belirtmiştir. Dolayısıyla oymaklar hız uzayında uyumlu yapılar olarak kendini göstermektedir (de Zeeuw vd 1999). GAIA DR1 verilerinin kullanıldığı araştırmalarda Mel'nik ve Dambis (2017) ile Ward ve Kruijssen (2018) 18'er oymak için sırasıyla ortalama $3.9 km s^{-1}$ ve medyan $7 km s^{-1}$ 'lik iç hız dağılımı olduğu sonucuna varmıştır. Melnik ve Dambis

(2020) benzer incelemeyi GAIA DR2 verileriyle yapmış ve 28 oymak için ortalama 4.5 km s^{-1} değerini hesaplamıştır. Tüm sonuçlar birkaç km s^{-1} mertebesi tahminine uysa da aralarındaki fark Wright (2020) tarafından kullanılan veriler ya da yöntemlerden kaynaklanmayıp oymak üyelerinin belirlendiği tanımların farklılığından kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır.

Oymaklar daha kararlı yapılar olan açık kümelere göre çok daha küçük kütle yoğunluğuna sahiptir. Ambartsumian (1947, 1949) bu bilgiyi oymakların kütleçekimsel bağlı olmamaları ve genişleme eğiliminde olmaları gerektiği şeklinde yorumlamıştır. Dolayısıyla geçmişte şimdi gözlemlendiklerinden farklı olarak birbirine daha yakın konumlanmış yıldızlardan oluştukları düşünülmüştür (Blaauw 1964; Lada ve Lada 2003). Ambartsumian (1954) 2 pc çapına sahip $500 M_{\odot}$ kütleli bir sistemden kurtulma hızını 1 km s^{-1} mertebesinde hesaplamıştır. Bu da birkaç km s^{-1} uzay hızına sahip yıldızların sistemden kolayca kurtulabileceği anlamına gelmektedir. Blaauw (1964)'un oymakların merkezinden uzaklara gidildikçe daha yaşlı O-B yıldızlarına rastlandığını belirtmesi genişleme teorisine destek vermiştir. Söz konusu araştırmada günümüzde terk edilmeye başlanan doğrusal genişleme modeli benimsenmiştir. Bu modele göre oymakların başlangıçtaki boyutları şimdikinden çok daha küçük olmalı ve günümüze kadar boyutları düzenli şekilde büyümelidir. Bazı araştırmalarda ise kinematik incelemeler sonucu oymakların iç hız dağılımlarının daha küçük bir hacimden bugünkü boyutlarına ulaşabilmelerini açıklayacak kadar büyük olmadığı vurgulanmıştır (Torres vd. 2008). İlk başlarda oymakların genişleme miktarlarını ölçmedeki en büyük zorluk oymağın kendisinin dikine hızlarını bilmemek olmuştur. Çünkü gözlemciye yaklaşan ya da uzaklaşan bir oymak gerçekten bir genişleme sürecinde olmasa bile bünyesel dikine hızından dolayı gökyüzünde genişliyor ya da büzüşüyor gibi gözlenebilmektedir (Blaauw 1964). Bu farazi genişleme çoğu oymak için yıldızların dikine hız ölçümlerinin yaygınlaşmasıyla düzeltilebilir hale gelmiştir (örneğin, Brown vd. 1997). Böylece doğrusal genişleme modeli de teste tabi tutulmaya başlanmıştır. Mel'nik ve Dambis (2017) GAIA DR1 verilerini kullanarak yaptığı incelemede 3 oymak için (Car OB1, Per OB1 ve Sgr OB1) genişleme kanıtlarını sunmuştur. Şekil 2.4'te öz hareket bileşenlerinin galaktik koordinatlara bağlılığı Per OB1 ve Sgr OB1 için tek eksenle belirgin bir genişleme gösterirken, Car OB1 için her iki eksenle de bariz genişleme mevcuttur. Burada yatay kesikli çizgi oymağın kendi dikine hızının katkı yaptığı suni genişleme etkisini temsil etmektedir. Melnik ve Dambis (2020) GAIA DR2 verilerini kullanarak yaptığı araştırmada öncekilere ilaveten Gem OB1, Ori OB1 ve Sco OB1 için de genişlemenin varlığını tespit etmişlerdir. Tüm genişleme örneklerinin doğrusal genişleme modelinde önerilen şekilde izotropik yapıda olmadığı görülmüştür. Yine de literatürde azımsanamayacak kadar genişleme bulgusuna rastlanmayan araştırmalar mevcuttur. Örneğin, Ward ve Kruijssen (2018) 18 oymakta genişleme izleri aramış ancak bulamamışlardır. Yine Ward vd. (2020) GAIA DR2 verilerini kullanarak yaptıkları

kinematik incelemedeki bulguları sistemlerin tek bir genişleme sürecine uymadığı, daha çok oymak içindeki daha lokal bölgelerdeki alt yapıların genişlediği şeklinde yorumlamışlardır. Cantat-Gaudin vd. (2019) ve Armstrong vd. (2020)'un araştırmaları bu görüşü destekler niteliktedir. Cantat-Gaudin vd. (2019) Vela-Pupis bölgesindeki 7 grubun hepsinin genişleme gösterdiğini açıklamış, Armstrong vd. (2020) ise daha önce genişlemediği düşünülen Vel OB2'nin veri setinden Gamma Vel kümesinin üyeleri dahil edilmediğinde oymağın kesin olarak üç boyutta genişleme gösterdiğini belirtmiştir. Wright vd. (2022) bu durumu genişlediği tespit edilen oymaklarda söz konusu dağılmanın genellikle homojen olmayan bir doğası olduğunu vurgulamıştır. Buna göre genişlemenin daha sağlam destekleri grupların sadece uzay dağılımına göre incelenmediği, bunun yerine oymakların hem konumları hem de kinematik alt gruplara ayrılarak yapılan araştırmalarda kendini göstermektedir. Genişleme konusunda halen tartışmalar olsa da, genişlediği tespit edilebilen oymakların çoğunda asimetrik genişleme söz konusu olmaktadır.



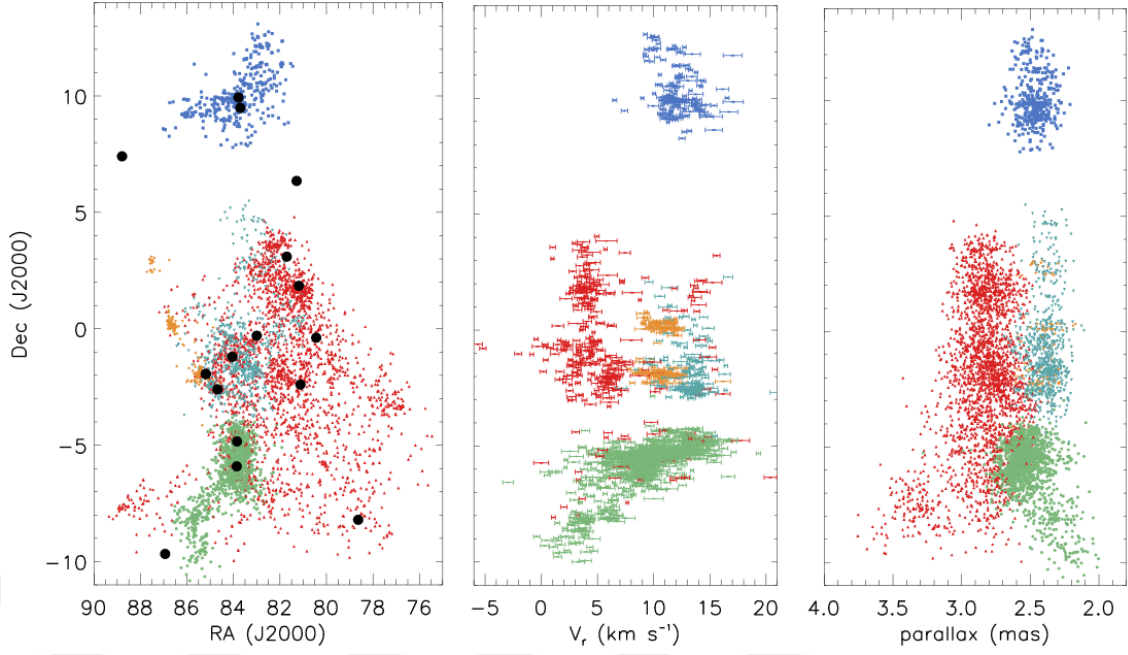
Şekil 2.4. Üç oymak için genişleme kanıtları (Mel'nik ve Dambis 2017); Per OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sol üst); Sgr OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sağ üst); Car OB1 üyelerinin galaktik boylam eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik boylamla ilişkisi (sol alt); Car OB1 üyelerinin galaktik enlem eksenindeki öz hareket bileşeninin galaktik enlemle ilişkisi (sağ alt)

İlk başlarda O ve B yıldızlarının sadece OB oymaklarında var oldukları düşünülse de Miller ve Scalo (1978) bu görüşe OB oymaklarının küçük kütleli yıldızları da içermesi gerektiğini, aksi halde gözlenen küçük kütleli yıldız popülasyonlarını mevcut oluşum teorilerinin açıklayamayacağını öne sürerek karşı çıkmıştır. Çok sayıda O ve B-tayf türü yıldız içerdiklerinden genellikle OB oymakları olarak adlandırılmalarına karşın aslında daha geç tayf türünden küçük ve orta kütleli yıldızları da bolca içermektedirler. Ancak bu yıldızlar çok daha sönük olduklarından oymakların varlığının ilk ortaya atıldığı yıllarda tespit edilmeleri de zor olmuştur. Gelişen teknoloji ve gözlem tekniklerine rağmen günümüzde oymak araştırmalarında karşılaşılan en büyük zorluklardan biri üye yıldızların güvenilir biçimde belirlenmesi olmuştur. Büyük kütleli üyelerden ziyade, onlara oranla sayıca çok daha fazla olan küçük kütleli ve sönük yıldızların alan yıldızlarından ayrıştırılması günümüzde bile oldukça güçtür.

Oymakların sınırlarını belirlemek genellikle kolay olmamaktadır. Galaktik ivmelenmelerden kolayca etkilenmelerinden ve zaman geçtikçe gösterdikleri genişleme eğilimlerinden (Blaauw 1964) kaynaklanan bu durum, yaşlandıkça genişleyip dağılmalarına, gökadamızda daha büyük hacimler kaplamalarına yol açmaktadır. Bu yüzden beklendiği üzere, boyut ve şekilleri düzenli olmaktan ziyade çok çeşitlidir. Oymaklar 10 *pc* mertebesinde birkaç 100 *pc* mertebesine kadar çok geniş bir aralıkta boyutlara sahiptir (Blaauw 1964; Gouliermis 2018). Blaha ve Humphreys (1989)'e göre OB oymaklarının %90'ının çapları 200 *pc*'i geçmemektedir. Garmany ve Stencel (1992) çaplar için ortalama değer olarak 137 ± 83 *pc* vermiştir. Mel'nik ve Efremov (1995) ise listeledikleri oymakların ortalama çapının yaklaşık 40 *pc* olduğunu hesaplamıştır. McKee ve Williams (1997) ve Williams ve McKee (1997) moleküler bulutlarının ortalama boyutları ile oymakların boyutları arasında bir korelasyona işaret ederek bulut çaplarının fiziksel bir üst sınır çizebileceğini belirtmişlerdir. Lucke ve Hodge (1970) ile Gouliermis (2018) Büyük Macellan Bulutu içinde tespit edilen OB oymaklarının özelliklerini incelemiş ve sırasıyla ortalama boyutları 80 *pc* ile 30 *pc* olarak açıklamışlardır. Bu da galaksimiz içindeki ve dışındaki oymakların birbiriyle uyumlu boyutlara sahip olduklarını göstermektedir.

Oymakların yaşlarını belirlemek için dönem dönem farklı yöntemlerin kullanımı baskın olmuştur. O ve B yıldızları diğer anakol yıldızlarına göre çok daha çabuk evrimleşmektedirler. Parlak oldukları için de arka plan yıldızlarından kolayca ayırt edilebilmektedirler. Yani sadece konumları gereği bile bulundukları bölgenin yaşı için bir üst sınır çizmektedirler. En büyük kütleli O-türü yıldızların ömürlerinin çok kısa olması oymakların genç oluşumlar olması gerektiğini göstermektedir. Blaauw (1964)'a göre OB oymakları 1 ile 20 My mertebelerinde yaşlara sahiptir. Clarke vd. (2015) de farklı bir yaklaşımla oymak yaşlarının genellikle 25 My'den düşük olduğunu söylemişlerdir. Yaşlar için verilen üst sınırı oymakların dağılması için gereken süre olmak üzere fiziksel bir sebebe bağlamışlardır. Buna göre, iç hız dağılımları 4 km s^{-1} alınırsa yıldızların 100

pc mesafeyi katedecekleri süre olarak tanımlanmıştır. Ancak yaş belirlemedeki zorluk, çok genç oymaklarda yıldızların halen moleküler bulut içinde bulunabilmesi veya daha yaşlı oymaklarda ise yıldızların genişleme dolayısıyla oymaktan kendisiyle ilişkilendirilemeyecek kadar uzaklaşabilmeleridir. Çok daha genişlemiş oymakların dış sınırlarındaki üyelerini belirlemek GAIA döneminde biraz daha kolaylaşmıştır. Yaş tayinleri çoğu zaman yıldızların HR diyagramındaki konumları, anakol ve anakol öncesi evrim yolları modelleri, anakoldan dönüm noktaları veya özellikle son yıllarda kinematik genişlemeden yararlanılarak yapılmaktadır. Evrim yollarından bulunan yaşların model bağımlı olması (Hillenbrand vd. 2008), yıldızların büyük oranda çift ve çoklu sistemlere ait olması ve büyük kütleli yıldızlar için göz ardı edilemeyecek dönme etkileri (Ekström vd. 2012) isabetli yaş tayini konusunda karşılaşılan zorluklardan bazılarıdır. Kinematik yaş tayini ise model bağımlı olmayan bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu metotla yıldızların herhangi bir temel parametresine bağlı çıkarım yapılmamaktadır. Kinematik yaş, mevcut genişleme hızıyla başlangıçtaki küçük hacminden şu anki boyutlarına ulaşabilmesi için geçen zamana dayanmaktadır (Makarov 2007). Yöntemde, yıldızlar oluştuktan hemen sonra genişlemenin başladığı ve bozulmadan devam ederek günümüz boyutlarına kadar genişledikleri kabulü yapılmaktadır. Oymaklar eskiden olduğu gibi tek bir yaş değeriyle ifade edilememektedir. Artık birçoğu ya farklı yaşlara sahip alt gruplarla ya da yeterli çözümleme yapılamadığı durumlarda oymak bölgeleri boyunca bir yaş gradyenti ile temsil edilmektedir. Örneğin, Wright vd. (2015) Cyg OB2 bölgesindeki büyük kütleli yıldızları inceleyerek yaş gradyentinin 1 ile 7 My arasında değiştiğini bulmuşlardır. Kounkel vd. (2018) Ori OB1 oymağının C alt grubu (Bkz. Şekil 2.5) için bölgenin kuzeyinden güneyine doğru 7.5 My'den 2 My'ye bir yaş dağılımı gözlemiştir. Buna ek olarak Ori OB1'de 100 pc'lik bir alanda alt gruplar arasında 1 ile 21 My'ye varan yaş farkları verilmiştir (Kos vd. 2019; Zari vd. 2019). Cantat-Gaudin vd. (2019) Vela ve Pupis takımyıldızları doğrultusundaki Vel OB2 oymak bölgesini GAIA DR2 verilerini kullanarak incelediklerinde kinematik özelliklerine göre 7 adet alt grup belirlemişlerdir. Bu grupların yaşlarını, grupların konumlarıyla değil kinematik özellikleriyle bir korelasyon içinde olduğunu ve yıldız oluşum süreçlerinin ardışık kademeli gelişmesinden ziyade çok daha çalkantılı bir geçmişe sahip olduğunu vurgulayarak, 8 ile 50 My arasında olduğunu belirtmişlerdir. Wright vd. (2022) yıldızların temel parametrelerindeki gözlemsel hataların yaş belirlemede göz ardı edilemeyecek hatalara yol açacağına, ayıklanamamış çoklu sistemlerin, büyük kütleli yıldızlardaki dönme kaynaklı iç yapılarındaki karışımı ve kütle kaybı miktarlarının duyarlı biçimde belirlenememesinin de buna katkıda bulunacağına dikkat çekmiştir. Ancak yine de, yaşların referans alınarak belirlendiği alt grupların aynı zamanda mekansal ve kinematik olarak da bir korelasyona sahip olmaları (Bkz. Şekil 2.5) bu alt grupların tesadüf olmayıp gerçek birer alt yapı olduğunu, bunun da oymaktaki yıldız oluşum hikayesinin bir yansıması olduğunu söylemişlerdir.



Şekil 2.5. Ori OB1'in alt gruplara ayrılmış yıldızlarının dağılımı (Kounkel vd. 2018); Yeşil renk Ori A, turuncu renk Ori B, açık mavi renk Ori C, kırmızı renk Ori D, mavi renk λ Ori'yi, kalın siyah noktalar Orion takımyıldızının en parlak yıldızlarını temsil etmektedir; Konumlara göre gruplama (sol); Dikine hızlara göre gruplama (orta); Uzaklığa göre gruplama (sağ)

Tüm bu bilgiler ışığında günümüzde oymakları çok büyük hacimler kaplayan, az yoğunluklu, kütleçekim olarak bağımsız üyelerden oluşan, bünyesinde moleküler bulutlar ve yıldız kümeleri barındırabilen, iç yapısı fazlaca alt oluşumlara bölünmüş karmaşık yapılar olarak göz önünde bulundurmak mümkündür.

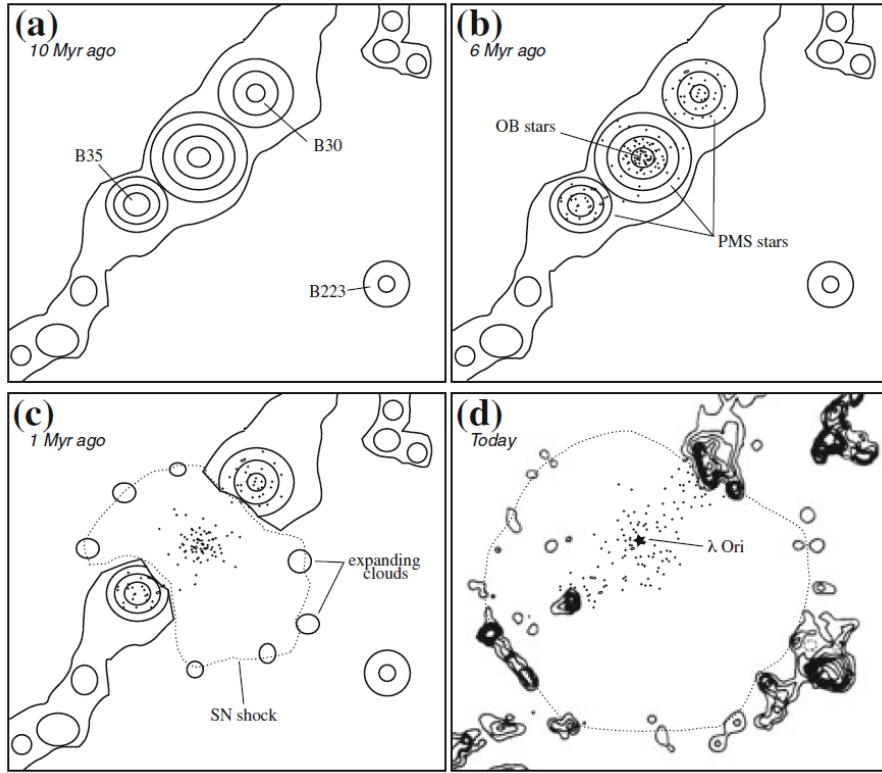
2.2. Açık Kümeler

Açık kümeler keşiflerinden bu yana, gözlemsel seçim etkisinin de katkısıyla, yıldız oymaklarına göre üzerlerinde daha çok araştırma yapılan gök cisimleri olmuştur. Buna, genel olarak açık kümelerin oymaklara göre daha yoğun yapılar oluşturması ve onlara göre arka plan yıldızlarından çok daha kolay ayırt edilerek tespit edilebilmeleri sebep olmuştur. Oymaklara benzer şekilde, birbirlerine çekimsel olarak zayıf bağlı onlarca ya da yüzlerce yıldızın oluşturduğu seyrek yıldız toplulukları olarak tanımlanırlar. Daha önce Bölüm 1'de değinildiği gibi oymaklarla açık kümeleri birbirinden çok keskin şekilde ayırmak araştırmacılar için zorlu bir görev olmuştur. Bu sebeple literatürde her biri birbirinden başka özelliklere odaklanan farklı küme tanımlamalarına rastlanmaktadır.

Kümeler en temelde, uzayda diğer bölgelere göre daha yoğun olarak bir arada bulunan, aynı zamanda şekillenmiş, kinematik özellikleri birbirine benzeyen ve aynı metal bolluğuna sahip yıldızların oluşturduğu yapılar olarak tanımlanmaktadır. Bu açıklama, tüm yıldız gruplarını içerdiğinden farklı fiziksel özellikler gösteren kümeleri birbirinden ayırmak için araştırmacılar farklılıklara işaret eden kriterlere göre kümeleri inceleme yoluna gitmişlerdir. Örneğin kimi yerel arka plan yıldız yoğunluğundan 3σ daha yoğun ve 50'den fazla üyeye sahip grupları küme olarak ele alırken (Ivanov vd. 2002), kimisi de 2σ daha yoğun olup en az 8 üye içerenleri küme olarak varsayabilmektedir (Kumar vd. 2006). Porras vd. (2003) ise belirlenen bölgelerde 30 üzerinde yıldız olup olmamasına göre küme ayrımı yapmıştır. Benzer mekansal yoğunluk artışlarını Gutermuth (2005) yakın komşuluk algoritmalarından yararlanarak aramıştır. Ancak kümeleri sadece yıldız yoğunluğundaki artışlar olarak düşünmek Stahler (2018)'e göre tanımlı fiziksel zemine oturtmaktan uzaktır. Buna karşın Lada ve Lada (2003), bir kümeyi en azından 100 My boyunca galaktik çekimsel tedirginlik etkilerine dayanıklı olan genç yıldız toplulukları olarak belirterek daha fiziksel bir tanım yapmıştır. Bok (1934) çok daha önce bu tür bir etkiden sağ kurtulabilecek yapıların $0.1 M_{\odot} pc^{-3}$ 'ten daha fazla kütle yoğunluğuna sahip olması gerektiğini hesaplamıştır. Lada ve Lada (2003) ise en az 35 yıldız içeren ve kütle yoğunluğu $1 M_{\odot} pc^{-3}$ 'ten büyük grupları birer küme olarak ele almıştır. Spitzer (1958) ortalama yoğunluğu $0.5 - 5 M_{\odot} pc^{-3}$ aralığında olan tüm kümelerin sürekli olarak tedirginlik etkileri altında 10^8 ile 10^9 yıl içinde tamamen dağılacaklarını belirtmiştir. Adams ve Myers (2001) gözlenebilir bir açık küme oluşturup hayatlarına devam edebilecek yıldız gruplarının en azından 100 yıldız barındırması gerektiği sınırını tanımlamışlardır. Portegies Zwart vd. (2010) ise düşük yoğunluklu grupları, sistemlerin yaşlarının dinamik zaman ölçeklerine oranına göre ayırmıştır. Dinamik zaman, bir yıldızın küme çapını katetmesi için geçen süre olarak tanımlanmaktadır. Günümüzdeki yaşları dinamik zaman ölçeklerinden büyük olan yıldız gruplarının galaktik ivmelenmelerin dağıtıcı etkisinden yeterince uzun zaman sağ kurtularak kütleçekimle bağlı kümeler olarak ele alınabileceğini belirtmişlerdir. Stahler (2018) bu tür tanımların, kümelerin yaş, kütle ve yarıçapları hakkında bilgi sahibi olunmasına dayandığını ve bu yüzden karşılaşılabilecek zorluklara dikkat çekmiştir. Yıldızların fotometrik olarak yaş tayini yapılırken uzaklıktaki belirsizliğin, çözümlenmemiş çoklu sistemlerin, üyelerin hepsinin aynı sönmülemeye maruz kalmamalarının, değişken yıldızların ve evrim yolu modellerinden kaynaklanan belirsizliklerin sonuçları etkileyeceğini belirtmiştir. Ayrıca kütle tayinlerinin fotometrik tamlik seviyesinden, üyelerin iyi belirlenememesinden ve yine yaş ve uzaklıktaki belirsizliklerden etkileneceğini vurgulamıştır.

Açık kümelerin kökeni ve doğasını açıklamak üzere yapılan araştırmalar açık kümelerin erken evrim aşamalarında moleküler bulutlarda oluştuğunu göstermiştir. Tamamen ya da büyük kısmı yıldızlararası gaz ve tozla kaplanmış halde olan bu açık

kümeler Lada ve Lada (1991, 2003) tarafından gömülü kümeler (embedded clusters) olarak sınıflandırılmıştır. Gömülü kümeler meydana geldikleri moleküler bulut ile halen yoğun fiziksel ilişki içinde olan genç yıldız gruplarıdır ve henüz yıldız oluşum süreçleri son bulup etraflarındaki materyali kendilerinden uzaklaştıramamışlardır. Bu sebeple gömülü kümeler bir gençlik göstergesi olarak kabul edilmektedirler. Bol miktarda toz ve gaz içinde bulunduklarından yüksek sönmüleme etkisi sebebiyle optik bölgede gözlenemezler, bunun yerine tozun daha geçirgen olduğu kırmızıöte bölgede gözlenmektedirler. Ancak her sönmüleme ve kızıllaşmadan fazlaca etkilenmiş küme gömülü kümelerle karıştırılmamalıdır. Çünkü bazı durumlarda moleküler bulutlar gözlemciyle açık kümeler arasında bulunmakta, gerçekte kümeyle fiziksel bir etkileşim göstermemektedirler (Alves vd. 2001). Portegies Zwart vd. (2010) yıldızların kendilerini örten gaz ve tozu sistemden uzaklaştırıp temizleyerek görsel bölgede görünür olabilmeleri için 1 ile 2 My kadar bir zamana ihtiyaçları olduğunu hesaplamıştır. Aynı zaman ölçeğini Morales vd. (2013) 3 My olarak açıklamıştır. Stahler (2018) bu zaman sınırının sistemdeki yıldız oluşum verimliliğine ve oluşan yıldızların kütlelerine bağlı olması gerektiğinden değişkenlik gösterebileceğine dikkat çekmiştir. Özellikle oluşan büyük kütleli yıldızlar küçük kütleliye göre çok daha fazla ışıyım basıncı yaratacaklarından etraflarındaki maddeyi daha hızlı ve etkin şekilde dağıtmaktadırlar. Çevreleyen gazın çabuk tükenmesi yıldızların kütleçekimsel bağlarını bozarak tüm kümenin dağılmasına sebep olmaktadır (Carpenter 2000; Lada ve Lada 2003). Bunun haricinde yıldız rüzgarları, süpernova patlamaları, şok dalgaları gibi etkiler de bu sürece katkı sağlamaktadır (Şekil 2.6). Yeni doğan yıldız gruplarının böylesine şiddetli geçen bir süreçten kurtularak bağlı açık kümeler olarak hayatta kalabilmeleri için yüksek oluşum hızlarına sahip olmaları gerekmektedir. Lada ve Lada (1991) Orion bulut kompleksini baz alarak yaptıkları tahminde gömülü kümelerdeki oluşum hızının açık kümelerden son derece yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlara göre bu, gömülü kümelerin yalnızca küçük bir kısmının moleküler buluttan meydana geldikten sonra klasik açık kümeler olarak hayatlarına devam edebilecekleri anlamına gelmektedir. Lada ve Lada (2003) gömülü kümelerdeki yıldız oluşum oranının klasik açık kümelere göre en az 5 kat daha fazla olduğu hesaplayarak aradaki bariz farkı ortaya koymuşlardır. Aynı araştırmada moleküler bulutları çökmeye başladığında gazın yaklaşık 30% ile 60% kadarının yıldızları oluşturabildiği ve gömülü kümelerin de yalnızca yaklaşık 4% ile 7% kadarının açık küme oluşturmak için yeterli yıldız oluşum hızına erişebildiği belirtilmiştir. Bunun yanında, yapmış oldukları Güneş komşuluğundaki 2.5 kpc'lik mesafede yaklaşık 200 gömülü küme olduğu tahmini gökadamızda bu türden 10000 kadar küme olması gerektiğine işaret etmektedir.



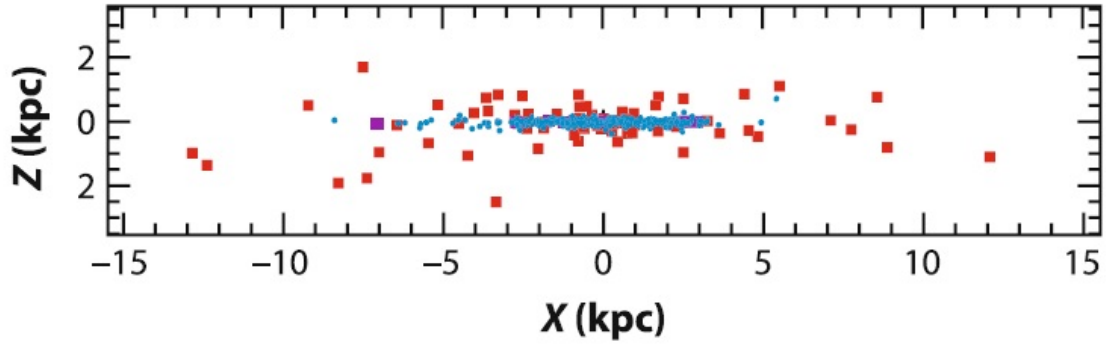
Şekil 2.6. λ Ori yıldız oluşum bölgesi geçmişinin şematik gösterimi (Dolan ve Mathieu 2002); (a) Moleküler bulutun 10 My önceki hali; (b) Yıldız oluşum bölgesinin 6 My önceki hali; (c) Aynı bölgenin 1 My önce süpernova patlamasından sonraki görünümü; (d) Molekül bulutlarının günümüzdeki kontur haritaları ve bölgenin yapısı

Açık kümeler aynı yıldızlararası materyalden meydana gelen yıldızlardan oluşmaktadır. Doğan yıldızların benzer kimyasal bolluklara, yaşlara ve uzay hareketine sahip olması beklenmektedir. Güneş'ten eşit sayılabilecek uzaklıklarda bulunan yıldızları birbirinden ayıran en önemli fiziksel nicelik kütleleridir. Bu karakteristik özelliklerin yanı sıra hem oldukça geniş bir yaş ve uzaklık aralığında rastlanmaları hem de çok uzak mesafelerden bile tespit edilebilecek parlak yıldızlar içermeleri galaksinin yapısı ve evrimini incelemek için çok büyük öneme sahip oldukları anlamına gelmektedir. Küçük ölçekte yıldız ve çoklu yıldız sistemlerinin oluşum mekanizmalarını incelemek ve evrim teorilerini test etmek, büyük ölçekte ise galaksi ve spiral kolların yapısını ortaya koymak, dinamiklerini incelemek ve kimyasal yapısını tespit etmek için laboratuvar görevi görmektedirler. Ancak bu amaçlara güvenilir biçimde ulaşabilmek için açık kümelerin uzaklık, kızıllaşma, metal bolluğu ve yaş gibi temel parametrelerin sistematik ve duyarlı biçimde elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için de kümelerin üyeleriyle birlikte tespitinin iyi yapılması lazımdır. Genç kümelerin kendilerini oluşturan bulutla halen etkileşim içinde olabilmesi, uzak kümelerin yüksek kızıllaşmalara maruz kalabilmeleri ve galaksi merkezi doğrultusu gibi yoğun yıldız alanlarında kolay ayırt edilememeleri bu görevi zorlaştırmaktadır (Buckner 2016). Farklı teknikler izleyen araştırmacıların aynı

açık küme için farklı sonuçlar elde etmesi bir bütün olarak galaksi yapısını ortaya çıkarmakta da güvenilirliği azaltacaktır. Monteiro vd. (2010), Kharchenko vd. (2012) ve Perren vd. (2015) bu soruna bir çözüm getirebilmek amacıyla çok sayıda açık küme analizlerinin yapıldığı geniş çaplı araştırmalarda temel özelliklerin homojen ve otomatik şekilde elde edilmesini sağlayan yöntemler geliştirmeye çalışmıştır. Bu tür metodların verdiği sonuçların duyarlılığı yine koordinat, uzaklık, öz hareket, dikine hız vb. parametrelerin ölçüm hassasiyetlerine bağlı olması sebebiyle Buckner (2016) tarafından tartışmaya açık olarak nitelendirilmiştir. Ancak, takip eden yıllardaki teknolojik gelişmeler hem bu yöntemlerde yeni ve çok hassas ölçümlerin kullanılarak yeniden test edilmesine, hem de makine öğrenmesi kullanarak açık küme tespiti ve analizi gibi daha yeni yöntemlerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır (Örneğin; Perren vd. 2017; Castro-Ginard vd. 2018, 2019; Cantat-Gaudin vd. 2019, 2020; Kounkel ve Covey 2019).

Yaşlı açık kümelerin incelendiği ilk zamanlarda van den Bergh (1958) bu kriteri sağlayan dört küme üzerinde yaptığı araştırmasında üç tanesinin galaktik düzlemde çok uzakta konumlandıklarını tespit etmiştir. Yüksek galaktik enlemlerdeki kümelerin yaşamlarının yalnızca küçük bir kısmında galaktik düzlemde yoğunlaşmış yıldızlararası bulutların civarında bulunduklarını, dolayısıyla onların dağıtıcı tedirginlik etkilerinden çok daha az etkileneceklerini ve dağılma süreçlerinin diğer kümelerden çok daha yavaş ilerleyeceğini öne sürmüştür. Bu fikir bilim insanlarını genç ve yaşlı kümelerin galaksimizde aynı yerde bulunup bulunmadıklarını araştırmaya itmiştir. Sonuç olarak genç kümelerle sıklıkla düşük galaktik enlemlerde ve galaktik düzleme yakın, yaşlı kümeler ise galaktik diskin daha dış bölgelerinde rastlandığı belirlenmiştir (Örneğin, Portegies Zwart vd. 2010; Buckner ve Froebrich 2013). Buna göre galaksi düzlemine daha yakın açık kümeler dinamik etkileşimlerden çok fazla etkilenecek şekilde çabuk dağılma eğiliminde olacaklarından, yeterince yaşlanmadan parçalanmaktadırlar. Bu görüşü Kharchenko vd. (2013) ve Schmeja vd. (2014)'nin Güneş'in 1 *kpc* komşuluğunda 1 Gy'den yaşlı açık küme bulamamaları da desteklemektedir. Dias ve Lépine (2005)'ye göre açık kümelerin galaksi yörüngeleri geriye dönük incelendiğinde doğdukları bölgeler bir sarmal kola denk gelmektedir ve yaşlandıkça doğdukları bölgelerden uzaklara sürüklenmektedirler. Bu da galaksi düzleminden uzaklaşabilen açık kümelerin dinamik etkilerden sağ kurtulma ihtimallerinin arttığı şeklinde yorumlanabilir. Çünkü, Buckner ve Froebrich (2014) literatürdeki kataloglarda yer alan açık kümelerin ölçek yüksekliklerinin yaşlarıyla doğru orantılı bir korelasyon içinde olduklarını belirlemişlerdir. Galaksi düzleminden 40 *pc* ölçek yüksekliğine kadar 1 My'den genç açık kümelerin, 75 *pc* ölçek yüksekliğine kadar 1 My ile 1 Gy arasındaki açık kümelerin ve 550 *pc* ölçek yüksekliğine kadar 1 Gy'den yaşlı açık kümelerin yerleştiklerini açıklamışlardır. Şekil 2.7'de genç ve yaşlı açık kümelerin galaksi düzlemi üzerindeki dağılımları gösterilmiştir. Bu sonuçlar, galaksimizdeki gaz ve tozun da en yoğun bulunduğu galaktik diskin ölçek yüksekliğine uyumlu olarak, açık küme ve oymakların

galaksimizde aynı bölgelerde yer alabildiğini kanıtlamaktadır.



Şekil 2.7. Açık kümelerin galaksi düzlemindeki dağılımı. Merkezde Güneş yer almakta, mavi noktalar 100 My'den genç açık kümeleri, kırmızı kareler 3 Gy'den yaşlı açık kümeleri temsil etmektedir (Portegies Zwart vd. 2010)

Literatürde oymaklar üzerine sınırlarında en az bir açık küme içermeleri kriterini dikkate alan kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Bunun yerine oymak ve açık kümeler arasındaki muhtemel fiziksel bağların tek tek açık kümelerin ya da oymakların ele alındığı makalelerde incelendikleri görülmektedir. Örneğin, Fitzgerald vd. (1990) CMa OB1 oymağının sınırlarına yakın bir bölgede bulunduğunu belirttikleri NGC 2353 açık kümesinin temel parametrelerini fotometrik ve spektroskopik gözlemlerle belirlemiştir. CMa OB1'le neredeyse aynı uzaklıkta olduğunu tespit ettikleri kümenin yaşını ise daha önce tahmin edilenden yaklaşık 5 kat daha yaşlı olarak yeniden hesaplamışlardır. Bunu da oymakla açık kümenin konumsal yakınlıklarına rağmen iki gök cisminin birbirinden oldukça farklı yerlerde oluştukları ve şu anki pozisyonlarının rastlantısal olduğu şeklinde yorumlamışlardır. Bir başka örnek olarak Ortiz-León vd. (2018) Per OB2 bölgesindeki IC 348 ve NGC 1333 kümelerini GAIA öz hareket bileşenleri ve literatürde bulunan dikine hızları kullanarak incelemiştir. Kümelerin uzay hız vektörleri kendi içlerinde büyüklük ve yön bakımında uyumlu bulunmuş olsa da oymağinkinden oldukça farklı olduğunu belirtmişlerdir. Yaşlar göz önüne alındığında ise oymağın her iki kümeden de yaşlı olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer örnekler (Marco ve Negueruela 2016; Panwar vd. 2018; Chentsov 2019; Wright 2020; Yalyalieva vd. 2020; vb.) literatürde yer bulsa da hepsi bireysel araştırmalar olarak kalmış, hiçbirinde açık küme içeren ve içermeyen oymakların özellikleri bir bütün olarak ele alınmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Katalog Taraması

Doktora tez araştırmasının bu aşamasında başlangıç olarak literatür taraması yapılmıştır. Açık küme içeren ve içermeyen oymakların tespit edilmesi, oymaklarla aralarında fiziksel bir bağ bulunması muhtemel açık küme adaylarının belirlenmesi ve incelenecek cisimlerin tespit edilmesi amacıyla literatürde mevcut olan oymak, açık küme ve yoğun yıldız bölgelerinin listelendiği kataloglar belirlenmiştir. İncelenen kataloglar içerisinden en güncel ve kapsamlı olanlar seçilerek, oymaklar ve açık kümeler için bu kataloglarda sunulmuş veriler derlenmiştir.

3.1.1. Oymak katalogları

OB oymaklarının derlendiği katalogları, Bölüm 2.1.'de değinildiği gibi, kronolojik olarak Ruprecht (1966), Ruprecht vd. (1981), Mel'nik ve Efremov (1995), de Zeeuw vd. (1999) ve Mel'Nik ve Dambis (2009, 2017)'in araştırmaları olmak üzere literatürdeki yerini almıştır. Oymak katalogları üzerine yakın geçmişteki en önemli ilerlemelerden ilki Hipparcos uydu verilerinin kullanıldığı "A Hipparcos Census of the Nearby OB Associations" (de Zeeuw vd. 1999) sayesinde gerçekleşmiştir. Zamanının en duyarlı trigonometrik paralaks ve öz hareket bileşenlerinden yararlanılmış olsa da veri kapsamının en yakın oymaklarda dahi en parlak yıldızlarla sınırlı olması bu katalogun en büyük eksikliği olarak sayılmaktadır. Dolayısıyla Hipparcos uydusunun halefi GAIA uydusu, verilerinin çok daha yüksek duyarlılığa sahip olması ve oymaklardaki daha düşük parlaklığa sahip çok sayıda yıldızın da incelenebilmesine imkan vermesi nedeniyle katalog oluşturma konusunda hızla önemli bir konuma ulaşmıştır.

Bilinen oymakların koordinat ve uzaklık verileri, "Kinematic Parameters for OB-Associations" (Mel'nik ve Dambis 2017; KPOB) katalogundan alınmıştır. Bu katalogun tercih edilmesinin sebebi yazarların oymakların kinematik özelliklerini belirlerken Tycho-Gaia Astrometric Solution katalogundan (Michalik vd. 2015; Gaia Collaboration vd. 2016) faydalanmış olmalarıdır. Bu sebeple katalogdaki veriler literatürdeki diğer kataloglara göre daha güncel ve güvenilir kabul edilmiştir. Katalogda bilinen oymaklar ve onlara ait kinematik bilgiler listelenmiş olsa da, 91 adet oymağın 30 tanesinin başka kaynaklarda açık küme olarak da tanımlandığı görülmüştür. KPOB'daki oymak merkezlerinin Güneş'e olan uzaklıkları 130 *pc* ile 3180 *pc* arasında değişmektedir.

Bir oymağın sınırları içerisinde açık küme barındırıp barındırmadığını belirleyebilmek için o oymağın çapının bilinmesi gerekmektedir. Oymakların çap bilgileri Tetzlaff vd. (2010) tarafından yayınlanmış "Kinematics of Young

Associations/Clusters” (KYAC) kataloğunda derlenmiş halde mevcuttur. Yayında oymak çapları ya literatürde bulunduğu gibi verilmiş ya da uzaklık ve kapladığı açısız alan bilgilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu katalogda 3,5 *kpc*'ye kadar en genci 2 My yaşında olmak üzere toplam 140 adet oymak ve açık küme listelenmiştir. KPOB kataloğundaki oymakların koordinat, uzaklık ve çap bilgileriyle birlikte KYAC kataloğundan bu oymaklar için verilen çap bilgileri toplanmıştır. Ancak çap verisi bulunmayan oymaklar için “oymakların %90'ının gökyüzü düzlemindeki boyutları 200 *pc*'yi aşmaz” (Blaha ve Humphreys 1989) bilgisine dayanılarak 200 *pc* çaplı oldukları kabul edilmiştir.

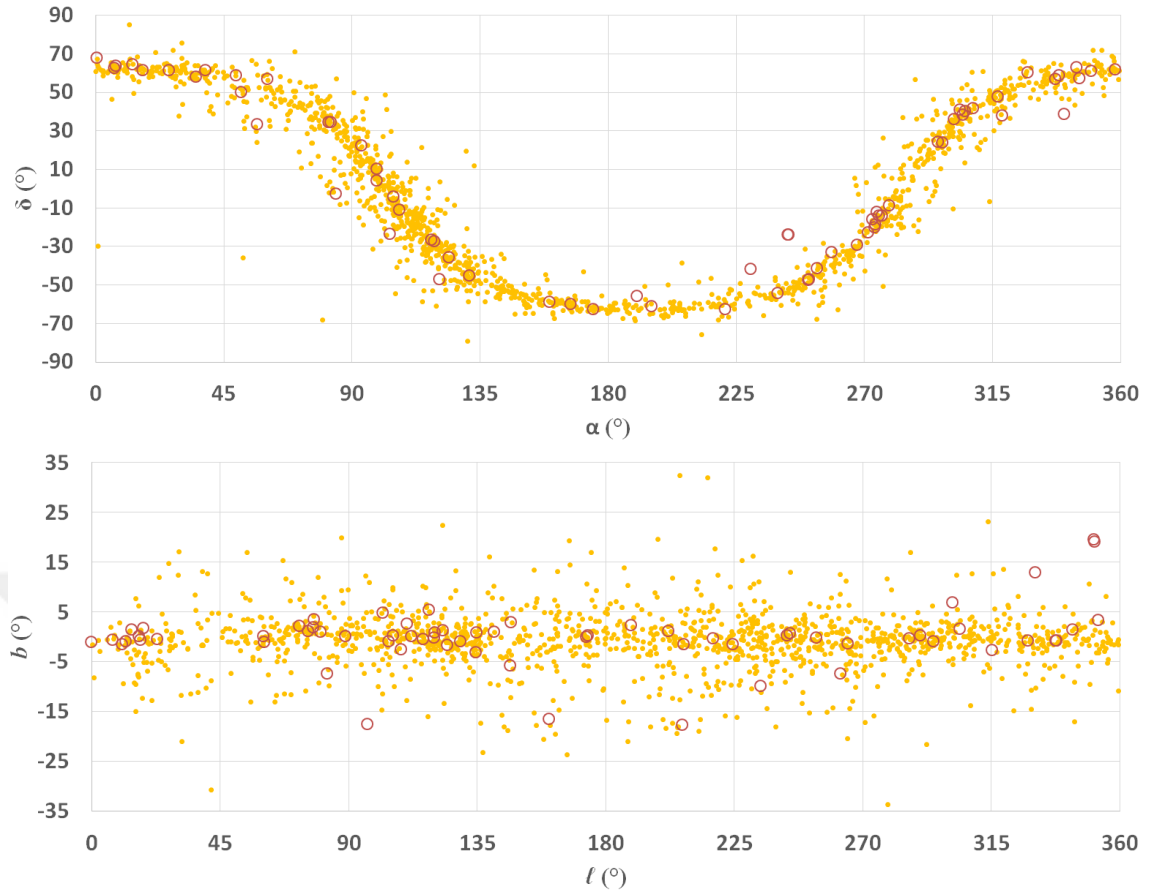
3.1.2. Açık küme katalogları

İçinde açık kümeleri de barındıran ilk katalog örneği 1700'lü yılların sonlarında tamamlanan ünlü Messier (1781) kataloğu olmuştur. Messier'in başlıca ilgi alanı kuyruklu yıldızları bulmak olduğundan, bu cisimleri diğer cisimlerden ayırt edebilmek için yaygın gök cisimlerini listelemiştir. Aralarında kendi keşfettikleri de dahil 30 açık kümenin yer aldığı katalogda küresel kümeler, yaygın ve gezegenimsi bulutsular, süpernova kalıntıları ve galaksiler olmak üzere toplam 110 gök cismi bulunmaktadır. Günümüzde halen bu cisimler Messier numaraları ile anılmaktadır. Yaklaşık bir yüzyıl kadar sonra Dreyer (1888) 7840 derin uzay cisminin yer aldığı “A New General Catalogue and Clusters of Stars” (NGC) kataloğunu yayınlamıştır. Gelişen teknolojiyle birlikte fotometrik ve spektroskopik gözlemlerin sonucunda daha geniş ve kapsamlı bilgiler sunan kataloglar yayınlanmıştır. Bunlar, "Catalogue of Star Clusters and Associations" (Alter vd. 1970; Ruprecht vd. 1983), "The Database for Galactic Open Clusters (BDA)" (Mermilliod 1995; WEBDA), "New Catalogue of Optically Visible Open Clusters and Candidates" (Dias vd. 2002; DAML02), "A Systematic Survey for Infrared Star Clusters" (Froebich vd. 2007; FSR), "Global Survey of Star Clusters in the Milky Way" (Kharchenko vd. 2016; MWSC), "A Multimembership Catalogue for 1876 Open Clusters Using UCAC4 data" (Sampedro vd. 2017), "GAIA DR2 Open Clusters in the Milky Way" (Cantat-Gaudin vd. 2018; GOC) ve "GAIA DR2 Open Clusters in the Milky Way II" (Cantat-Gaudin ve Anders 2020; GOCII) katalogları olarak sıralanmıştır.

GAIA öncesi dönemde WEBDA kataloğu çevrimiçi veritabanlarına öncülük etmiştir. Ancak yalnızca zamanının izin verdiği en yüksek duyarlıklılı verilerle sahip küme olduğu doğrulanmış örnekleri içermektedir. Bu sebeple diğer kataloglardan çok daha az sayıda veri sağlamaktadır. Ardından gelen DAML02 kataloğu ise bilinen küme ve küme adaylarını derlemiştir. Ancak bu katalogun handikapı açık küme verilerinin literatürden toplanmış olmasıdır. Farklı duyarlılık ve yöntemlerle elde edilmiş temel parametreler içerdiğinden homojen bir örnek uzayı sunmamaktadır. FSR kataloğu ise sadece fotometrik yakın kızılöte 2MASS verileri kullanılarak oluşturulmuştur. Galaktik düzlemde yıldız yoğunluk haritalarında açık küme ve adayları tespit edilmiştir. İçerdiği

1788 yıldız grubundan 1021 tanesi yeni açık küme adayı, 680 tanesi bilinen açık kümeler ve 87 tanesi de küresel kümeler olarak belirlenmiştir. Yeni küme adaylarının yaklaşık yarısı kadarının gerçek kümeler olduğu sonucuna yıldızların dağılımları incelenerek varılmıştır. Bu katalogda genç kümeler yer verilmemiştir. Bunun sebebi Buckner ve Froebrich (2014) tarafından genç kümelerin bakış doğrultusu boyunca sönümleme etkisinin çok arttığı galaktik düzleme yakın konumlandıklarından 2MASS verileriyle tespit edilmelerinin zor olduğu şeklinde açıklanmıştır. MWSC en çok sayıda küme adayı içeren katalog olmuştur. O zamana kadar bilinen tüm küme adaylarını barındıran katalogdaki 3784 adaydan 3006 tanesi gerçek küme olarak doğrulanmıştır. Bu cisimler açık küme, küresel küme, oymak, küme kalıntısı, bulutsu ihtiva edenler ve ortak harekete sahip gruplar gibi alt sınıflara ayrılmıştır. Araştırmacılar kendi veri işleme süreçlerini uygulayarak kümelerin uzaklık, yaş, kızıllaşma gibi temel parametrelerini yeniden hesaplamışlardır. Ancak eş yaş eğrileri otomatik olarak fit edildiğinden bazı durumlarda kümelerin temel parametreleri literatürde olduğundan çok farklı olarak listelenmiştir. Bahsi geçen katalogların tümü fotometrik gözlemlere dayanmaktadır.

GAIA verileri sayesinde günümüze kadar en yüksek hassasiyetli öz hareket ve trigonometrik paralaks ölçümlerine ulaşmak mümkün olmuştur. Bu gelişme fotometrik yöntemler dışında küme tespiti yapılmasına olanak sağlamış ve bu tür araştırmalara hız kazandırmıştır. Çünkü arka plan yıldızlarının çok yoğun olduğu veya kızıllaşmadan çok fazla etkilenen bölgelerde bile öz hareket uzayında kararlı yapılar gösteren yıldız kümelerini diğer yıldızlardan ayırmak oldukça kolaylaşmıştır. GOC ve GOCII astrometrik yöntemi kullanan, Samanyolu'ndaki açık küme popülasyonu üzerine kapsamlı, duyarlı ve güncel kataloglar olmuştur. Yalnızca hassas GAIA DR2 (Gaia Collaboration vd. 2018) verilerinin kullanılarak hazırlandığı GOC katalogunda 18 G kadirten daha parlak, uzaklıkları 104 *pc* ile 19245 *pc* arasında değişen, 60'ı yeni toplam 1229 adet açık küme ve onlara ait astrometrik bilgiler mevcuttur. GOC katalogunda çok sayıda küme olduğu kesinleşmemiş yoğun yıldız bölgelerinin listede mevcut olmadığı görülmüştür. GOC katalogu ilerleyen süreçte yeni küme keşifleriyle birlikte (Castro-Ginard vd. 2018, 2019; Cantat-Gaudin vd. 2020) genişletilerek GOCII olarak yayınlanmıştır. Katalogda listelenmiş açık küme sayısı 1481'e ulaşmıştır. Bünyesinde açık küme barındıran ve barındırmayan oymakların sağlıklı bir şekilde tespit edilebilmesi, öncelikle bu gök cisimlerinin uzay konumları ve sınırlarının iyi tanımlanmış olmasına, kinematik ve fiziksel özelliklerinin hassas biçimde belirlenebilmesine bağlıdır. Bu tez araştırmasında oymakların sınırları içindeki açık kümeleri tespit etmek için gerekli, yüksek hassasiyete sahip, küme merkezlerinin koordinatları ve trigonometrik paralaksla hesaplanan uzaklıkları GOCII katalogundan alınmıştır. Oymak ve açık kümelerin gökyüzündeki ve galaktik düzlemdeki dağılımları Şekil 3.1'de verilmiştir. Şekilde sarı renk açık kümeleri, kırmızı daireler oymakları temsil etmektedir. Dairelerin çapları ölçekli değildir.

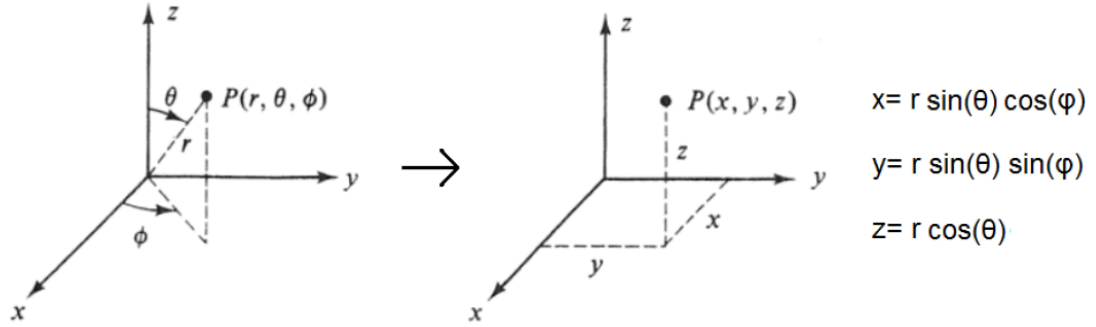


Şekil 3.1. Oymak ve açık kümelerin ekvator koordinatlarına göre gökyüzündeki dağılımı (üst); Oymak ve açık kümelerin galaktik koordinatlarına göre galaksi düzlemindeki dağılımı (alt); Sarı noktalar açık kümeleri, kırmızı daireler oymakları temsil etmektedir ve dairelerin çapları ölçekli değildir

3.2. Açık Küme İçeren Oymaklar

Oymaklar ve açık kümelerin birbiri ile gerçek bir fiziksel bağı olması için sadece aynı doğrultuda gözlenmeleri elbette ki yeterli değildir. Eğer ortak bir geçmiş paylaşıyorlarsa aralarındaki uzaklık da birbirine görece yakın olmalı, aynı zamanda yaş, uzay hareketleri ve kimyasal bollukları gibi temel özellikleri de ortak olmalıdır. İlk aşamada, oymaklarla fiziksel bağ bulundurabilecek açık küme adaylarını belirleyebilmek için birinci kriter olarak açık kümelerin oymakların yarıçapları içinde konumlanmaları seçilmiştir. Bu adımdan sonra oymaklarla açık kümeler arasındaki çizgisel uzaklıkların hesaplanması için listemizdeki cisimlerin tamamının galaktik koordinatları kartezyen koordinatlarına dönüştürülmüştür. Küresel koordinatlardan kartezyen koordinata dönüşüm için Şekil 3.2'deki dönüşüm denklemleri kullanılmıştır. Burada X-eksenine galaktik merkez doğrultusu, Z-eksenine Kuzey Galaktik Kutup Doğrultusu, orijine Güneş yerleştirilmiştir. X-Y düzlemi galaksi düzlemi olacak şekilde koordinatlar arası dönüşüm yapılmıştır. Burada ϕ açısı galaktik boylam l 'ye ve θ açısı da b galaktik enlem

olmak üzere $(90 - b)$ 'ye eşittir. Bu yolla tüm oymaklarla birlikte aday açık kümelerin kartezyen koordinatları hesaplanmıştır. Denklem 3.1 yardımıyla da oymak merkezleriyle açık kümelerin merkezleri arasındaki lineer uzaklıklar pc cinsinden hesaplanmıştır. Aralarındaki uzaklık oymağın yarıçapından küçük olan açık kümeler ilgili oymakla birlikte Çizelge 3.1'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre 18 oymağın yarıçapı içinde en az bir açık küme yer aldığı belirlenmiştir. Bu oymaklarla ilişkisi araştırılacak 32 adet açık küme tespit edilmiştir.



Şekil 3.2. Küresel ve kartezyen koordinatlar arası dönüşüm denklemleri

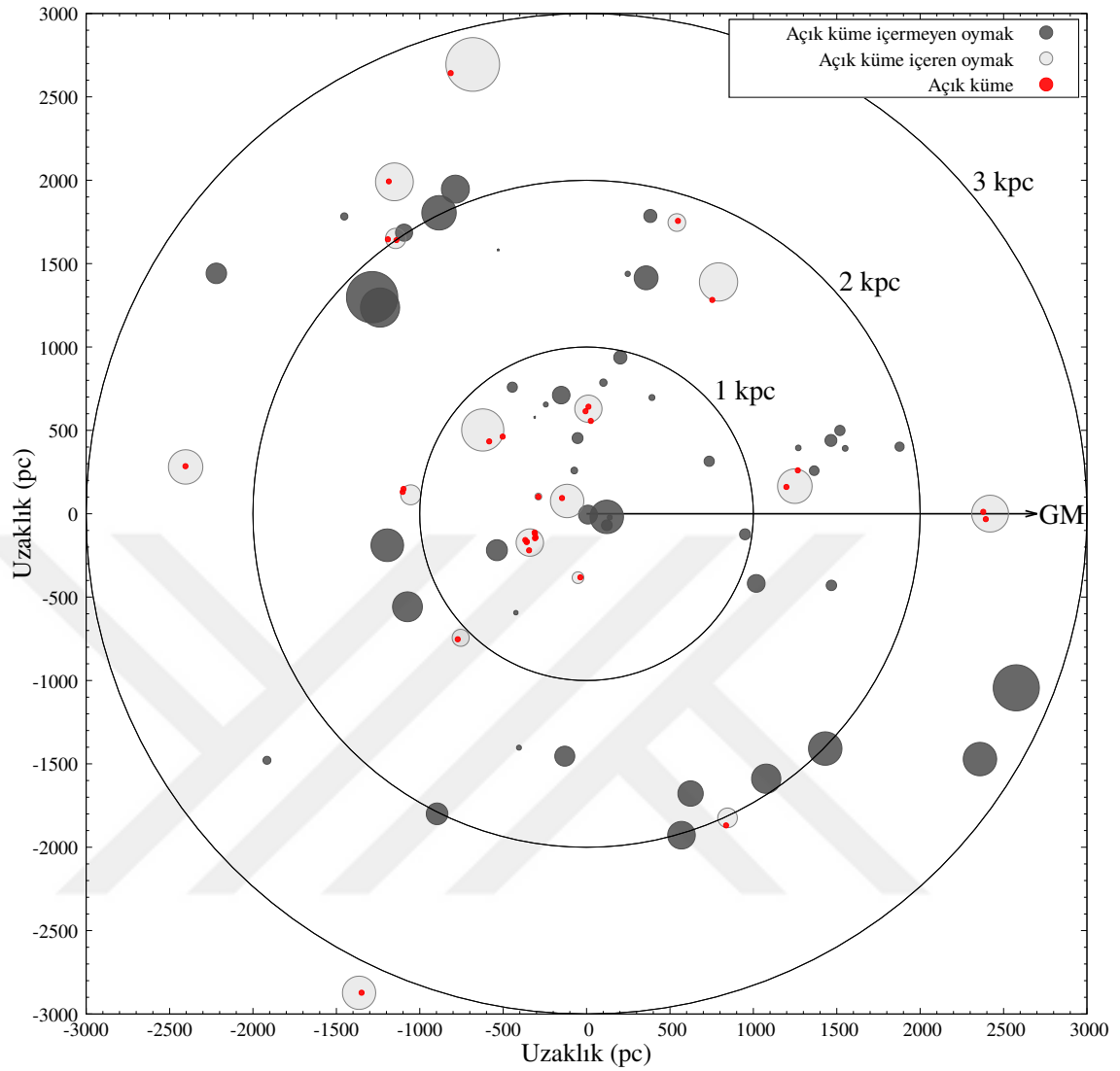
$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (3.1)$$

Örnek setimizi geniş bir perspektiften görebilmek amacıyla oymaklarla birlikte yarıçapları içinde konumlanmış kümelerin galaksi düzlemi üzerindeki dağılımlarının izdüşüm grafiği Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Şekilde merkezde Güneş'in bulunduğu galaksi düzlemine Kuzey Galaktik Kutup'tan bakılmaktadır. Siyah ok Galaksi Merkezi doğrultusunu göstermektedir. Açık gri daireler yarıçap sınırı içinde açık küme barındıran oymakları, koyu gri daireler yarıçap sınırı içinde açık küme barındırmayan oymakları, kırmızı daireler açık kümeleri temsil etmektedir. Oymak çapları ölçekli çizdirilmişken, açık küme çapları görece çok küçük kaldığından ölçeksiz olarak yerleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Oymaklar ve yarıçapları içinde bulunan açık kümelerin listesi

Oymak	d_{Oymak}^1 (kpc)	$\varnothing_{Oymak}^2$ (pc)	Açık Küme	$d_{Açık\ Küme}^3$ (kpc)
Cas OB4	2.30	226	King 14	2.319 ^{3.019} _{1.882}
Cas OB1	2.01	122	NGC 433	2.034 ^{2.553} _{1.690}
			UBC 36	2.001 ^{2.502} _{1.667}
Cam OB1	0.80	253	King 6	0.727 ^{0.784} _{0.678}
			Trumpler 2	0.685 ^{0.735} _{0.641}
Cep OB1	2.78	322	NGC 7380	2.766 ^{3.820} _{2.166}
Per OB3 ⁺	0.14	200 [*]	Melotte 20	0.176 ^{0.179} _{0.173}
Cyg OB7	0.63	163	LDN 988e	0.616 ^{0.656} _{0.580}
			NGC 6991	0.557 ^{0.590} _{0.528}
			UPK 136	0.646 ^{0.690} _{0.607}
Cyg OB3	1.83	106	NGC 6871	1.841 ^{2.257} _{1.555}
Aur OB2	2.42	206	Gulliver 53	2.422 ^{3.196} _{1.950}
Aur OB1	1.06	120	NGC 1912	1.107 ^{1.245} _{0.997}
			Gulliver 8	1.110 ^{1.249} _{0.999}
Per OB2	0.32	41	IC 348	0.322 ^{0.332} _{0.312}
Vul OB1	1.60	230	Gulliver 37	1.491 ^{1.752} _{1.298}
Ori OB1	0.40	165	ASCC 16	0.349 ^{0.361} _{0.337}
			ASCC 19	0.358 ^{0.371} _{0.345}
			ASCC 21	0.346 ^{0.358} _{0.334}
			Gulliver 6	0.417 ^{0.436} _{0.401}
			L 1641s	0.432 ^{0.451} _{0.414}
			UBC 17a	0.359 ^{0.373} _{0.347}
			UBC 17b	0.416 ^{0.434} _{0.399}
			UPK 402	0.409 ^{0.426} _{0.393}
CMa OB1	1.06	102	NGC 2343	1.078 ^{1.209} _{0.973}
Sgr OB1	1.26	207	Dias 5	1.294 ^{1.486} _{1.146}
			NGC 6531	1.209 ^{1.375} _{1.079}
Pup OB2	3.18	200 [*]	Haffner 21	3.175 ^{4.652} _{2.410}
Sgr OB5	2.42	221	Ruprecht 130	2.394 ^{3.147} _{1.932}
			Ruprecht 134	2.380 ^{3.123} _{1.922}
Vel OB2	0.39	70	NGC 2547	0.387 ^{0.403} _{0.373}
Cru OB1	2.01	117	NGC 3766	2.048 ^{2.575} _{1.700}

¹ Mel'nik ve Dambis (2017)'den alınmıştır.² Tetzlaff vd. (2010)'den alınmıştır.³ Cantat-Gaudin ve Anders (2020)'den alınmıştır.^{*} Çap bilgisi mevcut değildir. 200 pc kabul edilmiştir (Blaha ve Humphreys 1989).⁺ Mel'nik ve Efremov (1995)'den alınmıştır.



Şekil 3.3. Merkezinde Güneş'in bulunduğu 3 *kpc* yarıçap içindeki açık küme içeren ve içermeyen oymaklarla açık kümelerin konumlarının galaksi düzlemi üzerindeki izdüşümü

3.3. Veriler

Oymaklarla aralarında fiziksel ilişki aranacak açık kümelerin (Bkz. Çizelge 3.1) daha hassas astrometrik ve fotometrik verilerle temel parametrelerini belirleyebilmek için GAIA eDR3 (Lindgren vd. 2021) verilerinden yararlanılmıştır. Bu veri setinin seçilmesindeki sebep GAIA DR2 verilerine göre özellikle trigonometrik paralaks ve öz hareket bileşenlerinin ölçüm hassasiyetlerindeki artıştır. Wright vd. (2022)'ye göre bu iyileşme paralaks ölçümlerinde ortalama % 20 civarındayken öz hareket ölçümlerinde neredeyse 2 katına çıkmıştır. GAIA eDR3 verilerine "Astronomical Data Query Language" kullanılarak Dowler vd. (2010) tarafından sunulan "Table Access Protocol" sorgusu yapılarak çevrimiçi olarak erişilmiştir. İncelenecek açık kümelerin GOCII

katalogunda verilen küme merkez koordinatları etrafında küme yarıçaplarının en az 2 katı bir alandaki tüm kaynakların verileri toplanmıştır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta katalog numarasına sahip her kaynak için astrometrik ya da fotometrik parametrelerin mevcudiyetinin garanti olmamasıdır. Yani, astrometrik ya da fotometrik bilgileri olmayan veya hataları çok büyük olan kaynaklar da bu veri setinde mevcuttur. Bu sebeple bir veri filtrelemesi uygulanmıştır. Önce, bölgelerdeki kaynaklar paralakstaki hata oranlarına göre elenmiştir. Kalabalık yıldız bölgeleri için paralakstaki hataları %10'dan düşük yıldızların tümü her açık küme için derlenmiştir. Ancak çok seyrek bölgelerde incelenecek veri setine dahil olan yıldız sayısını arttırabilmek için bu oran en fazla %20 olacak şekilde belirlenmiştir. Paralaks hatasının en fazla %20 olarak seçilmesinin sebebi, hata oranı bu seviyenin üstünde olan değerler için paralakstan hesaplanacak uzaklığa ulaşmanın güvenilir olmamasıdır (Bkz. Luri vd. 2018). Ayrıca, erişilen veritabanında paralaks hatasına göre filtrelenen yıldızlardan öz hareket, parlaklık veya renk bilgilerinden en az biri eksik olanlar da veri setlerimize dahil edilmemiştir. Bu adımlar izlenerek her açık kümenin gökyüzünde kapladığı alanın en az iki katı büyüklükteki bölgelerdeki yıldızların duyarlı sağ açıklıkları (α), dik açıklıkları (δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta$ ve μ_{δ}), trigonometrik paralaksları (π), kadir cinsinden parlaklıkları (G) ve renkleri ($G_{BP} - G_{RP}$) gibi astro-fotometrik verileri hata oranlarıyla birlikte toplanmıştır.

Birbiri ile fiziksel ilişkisi muhtemel oymak ve açık kümelerin uzayın aynı bölgelerinde doğmuş olmaları gerektiği düşünüldüğünde bu cisimlerin benzer uzay hareketlerine sahip olmaları beklenir. Bu da öz hareketlerinin de uyumlu olması gerektiği anlamına gelir. Böylesi bir karşılaştırma yapabilmek adına, listemizdeki oymakların literatürde mevcut öz hareket bileşenleri derlenmiştir. Ancak öz hareket bileşenlerinin oymakların kinematik bilgilerinin yer aldığı KPOB katalogunda galaktik koordinat sisteminde, açık kümelerin analizinde kullanılacak GAIA eDR3 verilerinde ise ekvator koordinat sisteminde verildiği görülmüştür. Dolayısıyla öz hareket bileşenleri için koordinat sistemleri arası dönüşüm işlemine ihtiyaç duyulmuştur. Güvenilirliği arttırmak amacıyla tek bir yöntem takip etmek yerine iki ayrı yöntemle dönüşümler gerçekleştirilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Birinci yöntem olarak NASA'nın yayınladığı The IDL Astronomy Library (Landsman 1993) hazır paketleri içinden GLACTC_PM kodu, ikinci yöntem olarak rotasyon matrislerinin tanımlandığı Poleski (2013)'nin makalesi takip edilmiştir. Karşılaştırma sonucunda iki yöntemin de birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Her iki yöntemle aynı oymağın öz hareket bileşenleri arasındaki fark genel olarak $0.03 \text{ mas yıl}^{-1}$ 'dan daha azdır. Bu da oymakların öz hareketlerinin hata payı aralığında kalmaktadır. Çizelge 3.2'de oymaklar için literatürde galaktik koordinat sisteminde verilen öz hareket bileşenlerinin ekvator koordinat sistemindeki karşılıkları, yine literatürdeki yaşlarıyla birlikte gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Açık küme barındıran oymakların öz hareket bileşenleri ve yaşları

Oymak	$\log(\tau)$ ¹ (yıl)	$\mu_{\alpha} \cos(\delta)$ (<i>mas</i> yıl ⁻¹)	μ_{δ} (<i>mas</i> yıl ⁻¹)
Cas OB4	6.90	-2.40 ± 0.17	-1.16 ± 0.13
Cas OB1	7.00	-1.58 ± 0.20	-1.18 ± 0.27
Cam OB1	6.85 ~ 7.15	-0.56 ± 1.25	-1.15 ± 0.92
Cep OB1	6.78	-3.46 ± 0.69	-2.89 ± 0.36
Per OB3	7.70 ~ 7.85	23.74 ²	-26.24 ²
Cyg OB7	7.11	-0.90 ± 3.77	-2.47 ± 0.68
Cyg OB3	6.90 ~ 7.08	-3.09 ± 0.30	-6.51 ± 0.18
Aur OB2	6.74	-0.19 ± 0.84	-1.15 ± 0.30
Aur OB1	7.04 ~ 7.34	-0.07 ± 0.51	-2.74 ± 0.30
Per OB2	6.60 ~ 6.90	3.53 ± 0.15	-4.50 ± 3.89
Vul OB1	7.00 ~ 7.20	-1.74 ± 1.10	-4.74 ± 0.52
Ori OB1	6.00 ~ 7.04	-0.28 ± 2.28	-0.11 ± 0.59
CMa OB1	6.48	-3.06 ± 0.78	1.72 ± 1.15
Sgr OB1	6.70 ~ 6.90	0.60 ± 0.22	-1.60 ± 0.78
Pup OB2	—	—	—
Sgr OB5	6.78 ~ 7.08	1.87 ³	-1.53 ³
Vel OB2	7.00	-9.21 ± 0.32	5.81 ± 2.97
Cru OB1	6.70 ~ 6.85	-6.28 ± 0.32	0.87 ± 0.21

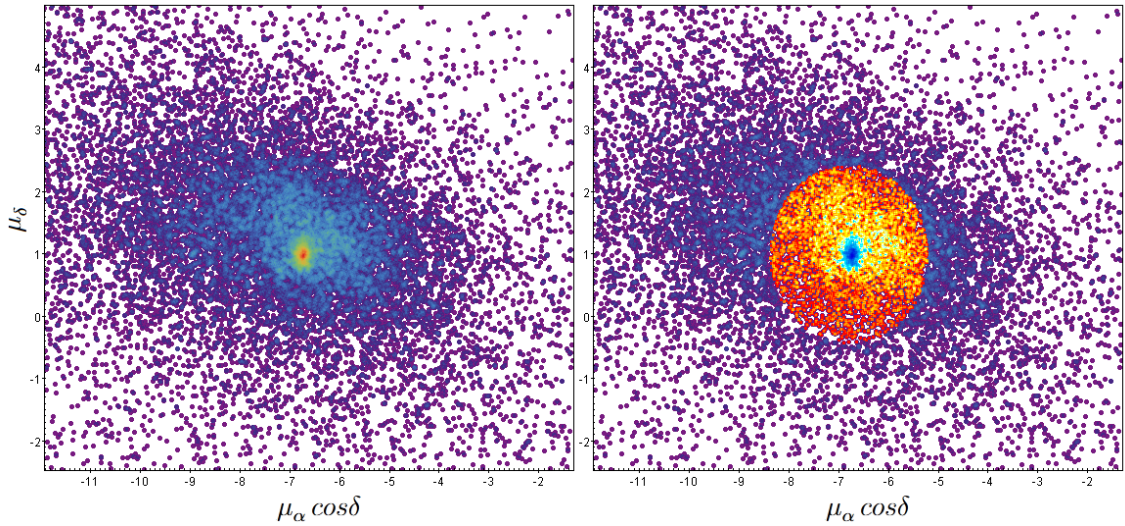
¹ Tetzlaff vd. (2010)'den alınmıştır.

² Mel'Nik ve Dambis (2009)'den alınmıştır. Hatalar mevcut değildir.

³ Hatalar mevcut değildir.

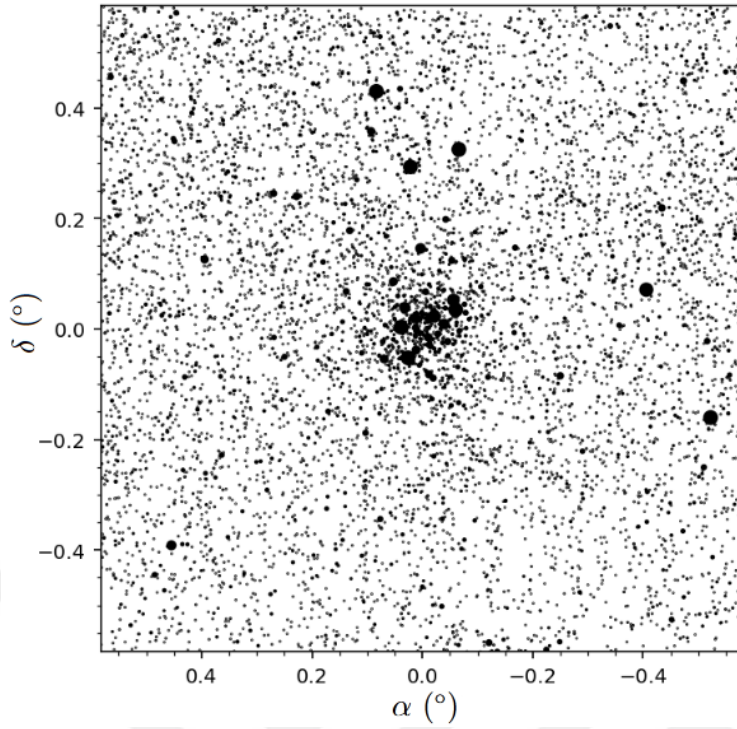
Açık kümeler gökyüzünde alan yıldızlarına göre daha yoğun yıldız grupları olarak gözlenmektedirler. Ancak, GAIA uydusunun sağladığı veri sayısının muazzam çokluğu göz önüne alındığında, özellikle yoğun yıldız bölgelerinde, küme oluşturan yıldızları mekansal olarak alan yıldızlarından ayırt etmek oldukça zor olabilmektedir. Kirlenme oranı son derece fazla olan bölgelerde alan yıldızlarının bu kirlenme etkisinden bir miktar kurtulabilmek hedeflenmiştir. Bunun için kümelerin benzer uzay hareketi göstermeleri beklendiğinden öz hareket uzayında kararlı yapılar oluşturduğu bilgisinden yararlanılmıştır. Bu amaçla her küme için elimizdeki veri setinde öz hareket vektör diyagramları incelenmiştir. Kümeler kendini bu diyagramlarda da diğer yıldızların öz hareket bileşenlerinin rastgele dağılımından farklı olarak yoğun bir bölge olarak belli etmektedirler. Böylece, kümeye üye yıldızların sahip olduğu öz hareket bileşenlerinden çok farklı öz harekete sahip yıldızları elemek mümkün olmaktadır. İncelenecek açık kümeler için derlediğimiz veri setlerinde kümeye üyelik ihtimali çok az olan yıldızlara bu tür bir filtreleme uygulanmıştır. Ancak bunu yaparken homojen bir arka plan yıldız dağılımını da etkilememek için yoğun bölgenin histogram dağılımından en az 5σ ve

daha geniş alanlar seçilerek eleme yapılmıştır. Böylece veri setlerinde yüz binlerce yıldızdan sayıca azaltma yapılarak yoğun yıldız bölgelerinin kolayca tespit edilebileceği ancak rastgele bir arka plan yıldız dağılımının da bozulmadığı alt kümeler elde edilmiştir. Ayrıca, bu alt kümelerden her biri GOCII kataloğunda açık kümeler için verilen üyelerin tamamını kapsayan öz hareket aralığından daha geniş olduğundan yapılan bu filtreleme literatürde önerilen üye sayısını azaltabilecek bir etkide bulunmamıştır. Ancak, elemeye rağmen yüz binlerce yıldızdan oluşan veri setlerinde, kümenin gerçek üyeleri olması muhtemel olmayan ve öz hareket uzayında ihmal edilen bu yıldızların kullanılan bilgisayarın işlem gücünün üzerindeki gereksiz yükten kurtarmıştır. Örnek olarak bir açık kümenin öz hareket vektör diyagramı Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Sol panelde veri setindeki tüm yıldızların öz hareket bileşenlerinin yoğunluk haritası gösterilmektedir. Öz hareket bileşenleri $mas\ y^{-1}$ birimindedir. Kırmızı renk çok yoğun, mor renk az yoğun bölgeleri temsil etmektedir. Sağ panelde aynı veriler üzerinde belirlediğimiz kritere uyan filtreleme işlemi vurgulanmıştır. Burada seçilen öz hareket aralığı için renk ölçeği tersine çevrilmiştir.



Şekil 3.4. NGC 3766 merkezinden yaklaşık 1.5° çaplı daire içinde kalan tüm kaynakların öz hareket bileşenleri (sol); Benzer öz harekete sahip yıldızların oluşturduğu yoğunluğu kapsayan bir alt kümesi (sağ)

Örnek olarak verilen Şekil 3.4'te veri setlerindeki düzenlemeler yapıldıktan sonra kalan yıldızların gök küresindeki dağılımı Şekil 3.5'de verilmiştir. Sağ açıklık ve dik açıklık değerleri görüş alanının merkezine göre referans alınarak çizdirilmiştir. Bölgedeki alan yıldızlarının konumsal dağılımlarının rastgele olduğu, merkezde ise diğer bölgelere nazaran çok daha sık konumlanmış yıldızlardan oluşan yoğun bir bölge olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5. Öz hareket uzayında gerçekleştirilen elemelerden sonra elde kalan yıldızların gökyüzündeki konumları

3.4. Açık Kümelerin Analizi

Tezin bu aşamasında hazırlanan veriler kullanılarak açık kümelerin merkezi koordinatları, öz hareket bileşenleri, uzaklık modülü, yaş, kızıllaşma miktarı ve metal bolluğu gibi temel parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Her açık küme için derlenen veri setlerinin on binlerce hatta yüz binlerce satırdan oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda bu kapsamdaki verinin işlenmesi için izlenecek yöntemleri otomatik hale getiren hazır paketler kullanılmıştır. Analiz sürecinin tekrar üretilebilir ve sistematik bir yaklaşımla neredeyse tam otomatik hale getirebildiği ve kullanıcı hatalarını mümkün olduğunca azaltabildiği gerekçesiyle "Automated Stellar Cluster Analysis" (Perren vd. 2015, 2017; ASteCA) yazılım paketi tercih edilmiştir.

Herhangi bir kümenin analizi temel olarak küme bölgesinin, onu çevreleyen alandan farklı özellikler gösterdiğinin tespit edilmesine dayanmaktadır. Örneğin, bir açık kümeye üye yıldızlar birbirine çok yakın uzaklıklara sahip olurken, aynı bölgede gözlenen ama kümeye üye olmayan yıldızların uzaklıkları görece olarak çok daha büyüktür. Kısaca, kümeler kendilerini gökyüzünde yıldız sayı yoğunluğunun diğer bölgelere göre çok arttığı alanlar olarak belli etmektedir. Ancak, bunun her zaman doğru olduğunu söylemek mümkün değildir. Çünkü birbiriyle fiziksel bağı olmayan yıldızlar da gökyüzünde rastlantısal olarak yoğun bölgeler halinde gözlenebilmektedir. Bu nedenle, toplu bir harekete sahip olmaları beklenen küme üyelerinin kinematik

özelliklerinin de alan yıldızlarından farklı olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Benzer şekilde, küme yıldızları renk-parlaklık diyagramlarında belirgin yapılar oluşturmaktayken arka plan yıldızları böyle bir düzen göstermemektedirler. Bu farklar tespit edilebildiğinde ise kümelerin yapısı ortaya konarak temel parametrelerine ulaşmak mümkün olmaktadır. Açık küme analizi için ASteCA'da da bahsedilen yöntem uygun bir yol izlenmektedir. Programda önce koordinat uzayında mekansal olarak yıldız sayı yoğunluğunda anlamlı artışlar aranmaktadır. Daha yoğun bölgenin, arka plan yoğunluğuyla dengelendiği sınıra kadar olan yıldızların uzaklık, fotometrik ve kinematik özellikleri dış bölgenin özellikleriyle karşılaştırılarak her yıldız için bir üyelik olasılığı değeri belirlenmektedir. Ardından kümeye üye olarak kabul edilen yıldızlar için renk-parlaklık diyagramlarındaki dağılımlarına en iyi uyum sergileyen sentetik kümenin fiziksel özellikleri tespit edilmektedir. Böylece kümenin uzaklık modülü, yaş, kızıllaşma miktarı ve metal bolluğu gibi temel parametreleri belirlenmektedir.

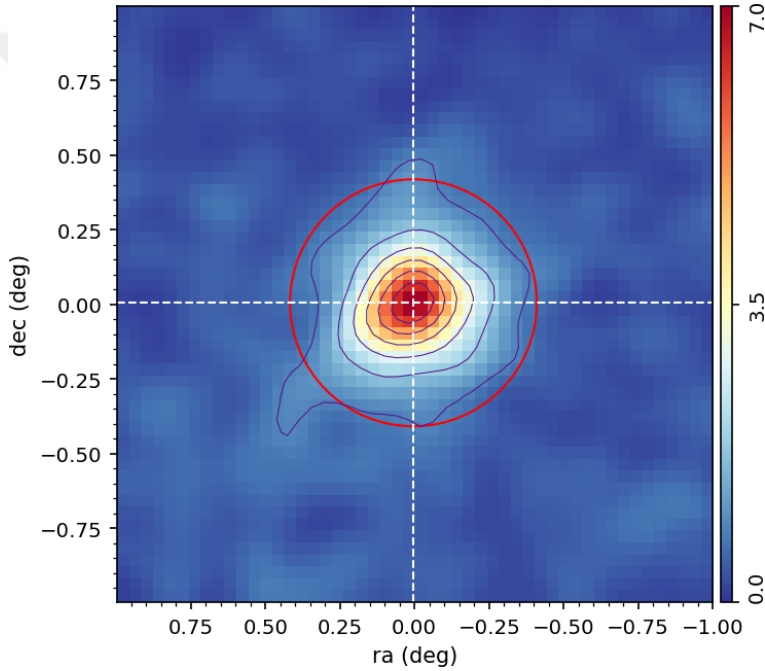
Yukarıda tarif edilen yöntemin uygulanabilmesi için programa yıldızların konum, fotometrik ve astrometrik verilerinin hatalarıyla beraber tanımlanması gerekmektedir. Bir önceki bölümde tarif edilen şekilde elde ettiğimiz GAIA eDR3 verileri bu gereksinimi karşılayacak şekilde düzenlenmiştir. Her açık küme için veri setleri yıldızların katalog numaraları, sağ açıklık (α), dik açıklık (δ), öz hareket bileşenleri ($\mu_\alpha \cos \delta$ ve μ_δ), trigonometrik paralaks (π), GAIA G bandında kadir cinsinden parlaklık (G) ve renk ($G_{BP} - G_{RP}$) bilgilerini hatalarıyla birlikte içerecek şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca kümelerin yapısal özellikleri belirlendikten sonra temel fiziksel özelliklerinin bulunması için kullanılacak teorik eş yaş eğrilerine ezipadova2¹ paketi yardımıyla erişilmiştir. GAIA eDR3 için hazırlanmış, belirlenen yaş ($\log \tau$) ve metal kesri (z) aralıklarında, küçük artım adımlarıyla ağ dizisi şeklinde, Kroupa formunda başlangıç kütle fonksiyonlarıyla (Kroupa 2002) PARSEC v1.2S teorik eş yaş eğrileri (Bressan vd. 2012) CMD² servisinden alınmıştır.

Açık kümelerin temel parametrelerinin elde edilmesi süreci, yıldız sayı yoğunluğunda bir artış olarak tespit edilen alanların merkezi koordinatlarının belirlenmesiyle başlamaktadır. Bu aşama, özellikle açık kümelerin yarıçaplarını tahmin etmek için kullanılacak radyal yoğunluk profillerinin oluşturulmasında elde edilecek grafikleri doğrudan etkilediğinden oldukça önemlidir. Literatürde kümelerin açıklanan merkez koordinatları çoğu zaman gözle yapılan incelemelere dayanmaktadır (Bkz. DAML02). Böyle bir yöntemin hata oranını arttıracığı açıktır. Yine de az sayıda otomatik merkez koordinat tayini yapan algoritmaların kullanıldığı örnekler de mevcuttur. Örneğin, Bonatto ve Bica (2007) iki boyutlu histogramlar kullanarak yıldızların dağılımının iki koordinat ekseninde de en yoğun olduğu noktaları

¹Morgan Fouesneau tarafından sunulan Python 3.6 dilinde yazılmış paketin ASteCA için özelleştirilmiş hali (<https://github.com/asteca/ezpadova-2>).

²<http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd>

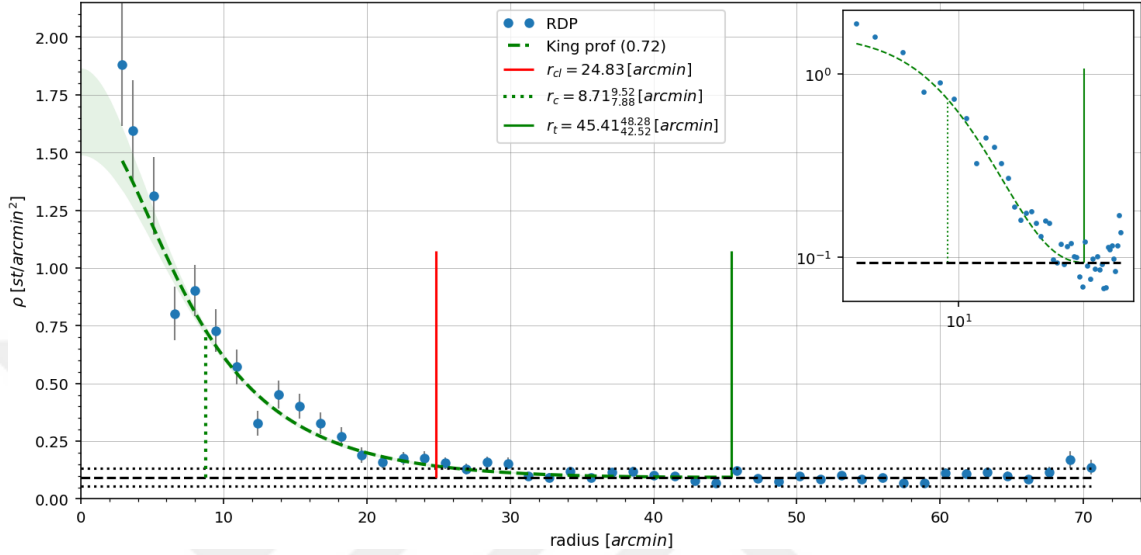
aramışlardır. Ancak kullandıkları algoritmaları iyi belirlenmiş ilk tahminlere ihtiyaç duymaktadır. ASteCA'da ise yıldızların koordinat dağılımlarının en yoğun olduğu merkezi koordinatlar, iki boyutlu çekirdek yoğunluk tahmini ("Kernel Density Estimator") yöntemi (Silverman 1986; Scott 1992) kullanılarak, herhangi bir başlangıç değerine gerek duymadan belirlenmektedir. Şekil 3.6'da bu yöntemin kullanıldığı örnek bir yıldız bölgesinin yoğunluk haritası eş yoğunluk çizgileriyle birlikte gösterilmiştir. Kesikli beyaz çizgilerin kesiştiği noktaya denk gelen koordinatlar kümenin merkezi olarak seçilmiştir. Sağ açıklık (ra) ve dik açıklık (dec) eksenleri bu belirlenen küme merkezi referans alınarak derece biriminde çizdirilmiştir. Kırmızı daire daha sonraki adımda belirlenen küme yarıçapını temsil etmektedir. Sağ ekseninde yoğunluk haritası renk ölçeği bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Bir açık küme bölgesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti

Kümenin yarıçapını belirlemek için bir önceki adımda tespit edilen kümenin merkez koordinatları etrafında, eş uzaklıklı artırımlarla genişleyen yarıçaplara sahip eş merkezli halkalar arasında kalan alanlardaki yıldız yoğunluk sayılarının grafiği (Radyal Yoğunluk Profili) elde edilmektedir. Yıldız yoğunlukları (Yıldız Sayısı / Halka Alanı) merkezden radyal uzaklığın bir fonksiyonu olarak çizdirilmektedir. Daha sonra bu dağılım üzerine kümelerin yoğunluk dağılımını formüle eden King modeli (King 1962) fit edilmektedir. Radyal yoğunluk profilinin alan yıldız yoğunluğuyla dengelendiği sınır kümenin yarıçapı olarak seçilmektedir. Şekil 3.7'de yarıçapın nasıl belirlendiği gösterilmiştir. Yarıçapa göre radyal halkalar içindeki yıldız yoğunlukları mavi noktalarla gösterilmiştir. Kesikli yeşil çizgi King modeline göre kümenin yoğunluk dağılımını

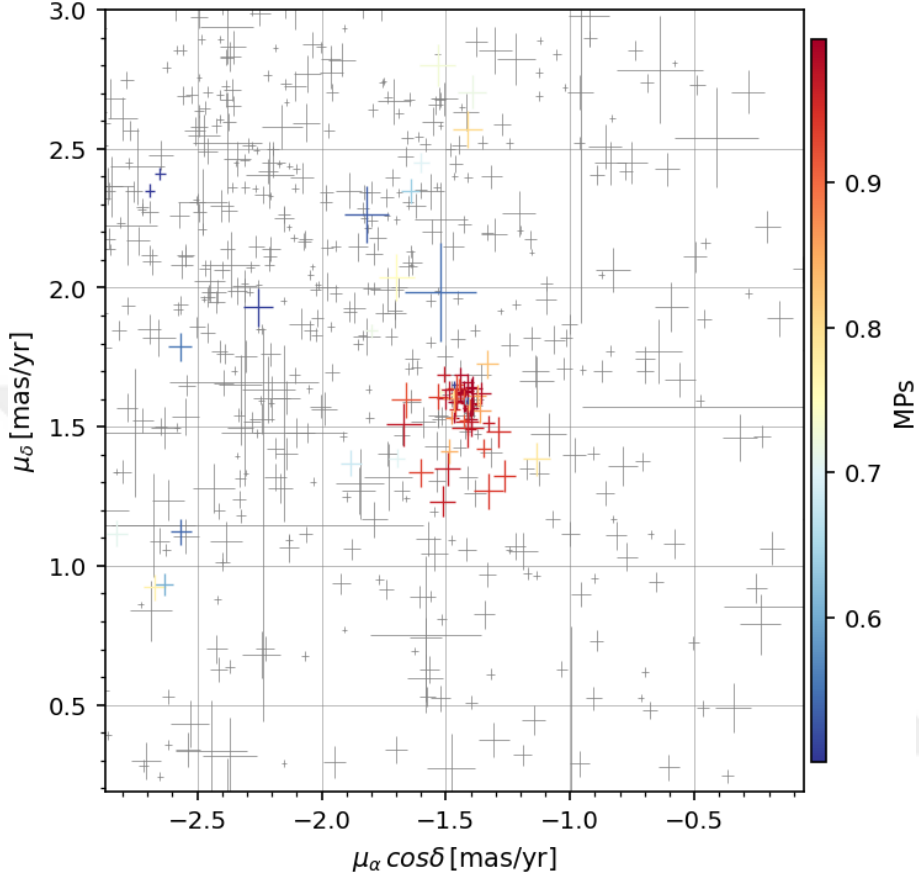
temsil etmekteyken, kırmızı çizgi kümenin kararlaştırılan yarıçapını göstermekte ve yeşil noktalı çizgi de King modeline göre kümenin en büyük yıldız yoğunluğuna sahip çekirdek yarıçapını belirtmektedir. Yeşil düz çizgi yine King modeline göre kümenin tedirginlik (gel-git) yarıçapı olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 3.7. Bir açık küme bölgesinin radyal yoğunluk profili ve King modeliyle yarıçapının belirlenmesi

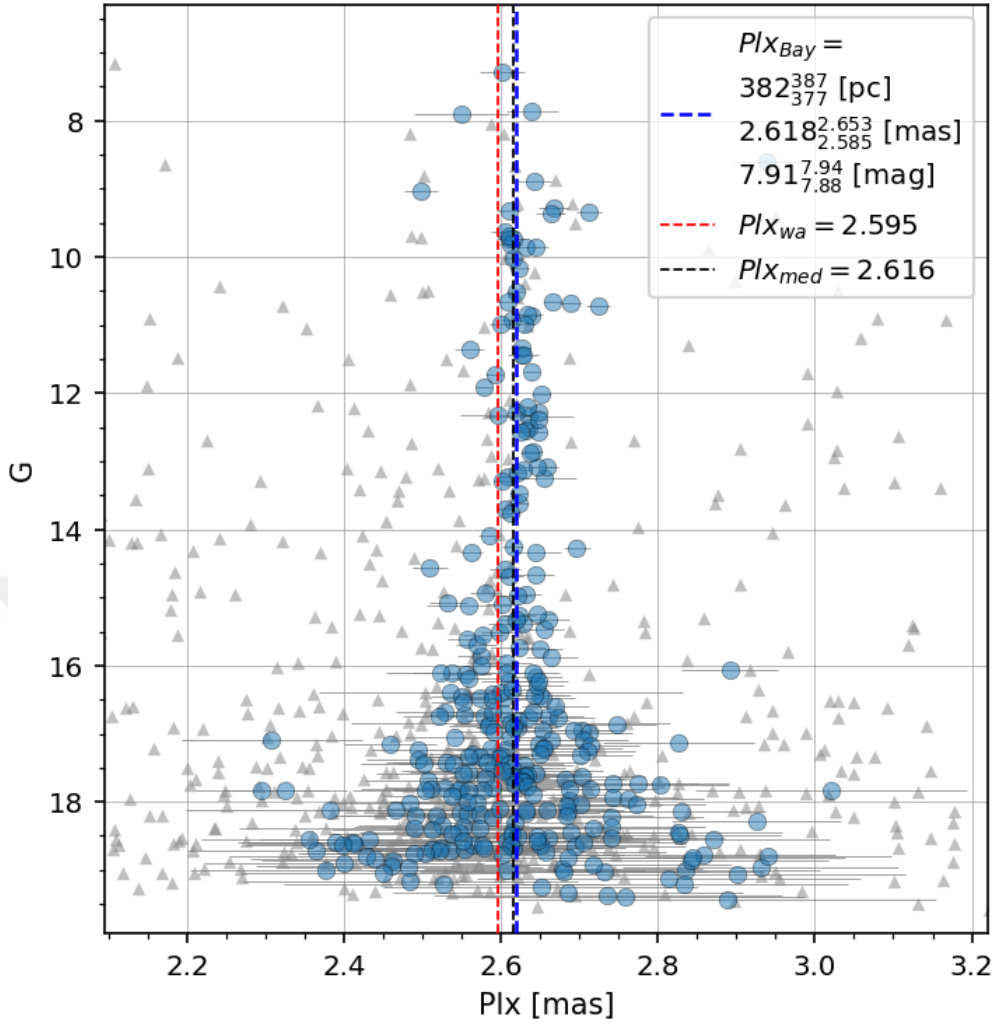
Bu adımdan sonra küme sınırları içinde kalan yıldızların kümeye üyelik olasılıkları hesaplanmaktadır. Bunu başarmak için önce kümenin belirlenen yarıçapına sahip ancak küme bölgesinin dışında, birden fazla sayıda farklı alanlar seçilmektedir. Küme alanı içindeki yıldızların parlaklık, renk, trigonometrik paralaks ve öz hareket gibi çok boyutlu parametre uzaylarındaki dağılımları, dış bölgedeki alanlarda mevcut parametre dağılımları ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, küme sınırı içindeki her bir yıldızın tüm parametre uzayındaki konumları belirlendikten sonra, küme ve küme dışından seçilen alanlardaki parametre dağılımlarıyla (olasılık fonksiyonları elde edilirken 4σ dışında kalan saçılmalar hesaba katılmamaktadır) kıyaslanarak yapılmaktadır. Bu işlem binlerce kez tekrar eden iterasyonlarla sürdürülmektedir. Böylelikle küme sınırları içindeki bir yıldızın, küme bölgesindeki özelliklere mi yoksa dış bölgelerdeki alan yıldızlarının özelliklerine mi daha yakın olduğu ortaya konmaktadır. Çizelge 3.1’de listelenen açık kümelerin analizleri boyunca kümeye üye olma olasılığı en az %50 olan yıldızlar üye olarak kabul edilmiştir. Ancak alan yıldızlarıyla çok kirlenmiş bazı küme bölgelerinde, renk-parlaklık diyagramında daha belirgin anakol yapısı elde edebilmek için bu oran %70’e kadar çıkarılmıştır (benzer bir yaklaşıma GOC ve GOCII kataloglarında rastlanmıştır). Şekil 3.8’de örnek bir küme bölgesindeki yıldızların öz hareket bileşenlerinin vektör diyagramı verilmiştir. Yılda

milyaysaniyesi biriminde verilen bileşenlerin hataları yatay ve düşey çizgilerle temsil edilmiştir. Gri renkli yıldızlar üyelik olasılığı %50'den düşük olanlardır. %50'den büyük üyelik olasılığına sahip yıldızlar için renk ölçeği sağ ekseninde verilmiştir.



Şekil 3.8. Bir açık küme bölgesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların küme üyelik olasılıkları

Küme üyeleri ve öz hareket bileşenleri belirlendikten sonra kümenin uzaklıkları belirlenmektedir. Şekil 3.9'da küme üyelerinin farklı yöntemlerle belirlenmiş uzaklık parametreleri verilmiştir. Şekilde, yıldızların trigonometrik paralaks değerleri hatalarıyla birlikte G bandındaki parlaklığa karşı çizdirilmiştir. Küme üyeleri olarak seçilen yıldızların verileri mavi dairelerle, alan yıldızlarının verileri gri üçgenlerle temsil edilmiştir. Küme üyelerinin medyan paralaks değeri siyah kesikli çizgiyle, hata ağırlıklı paralaks değeri kırmızı kesikli çizgiyle, Bayezyan yaklaşımla hesaplanmış paralaks ve uzaklık değeri ise mavi kesikli çizgiyle gösterilmiştir.

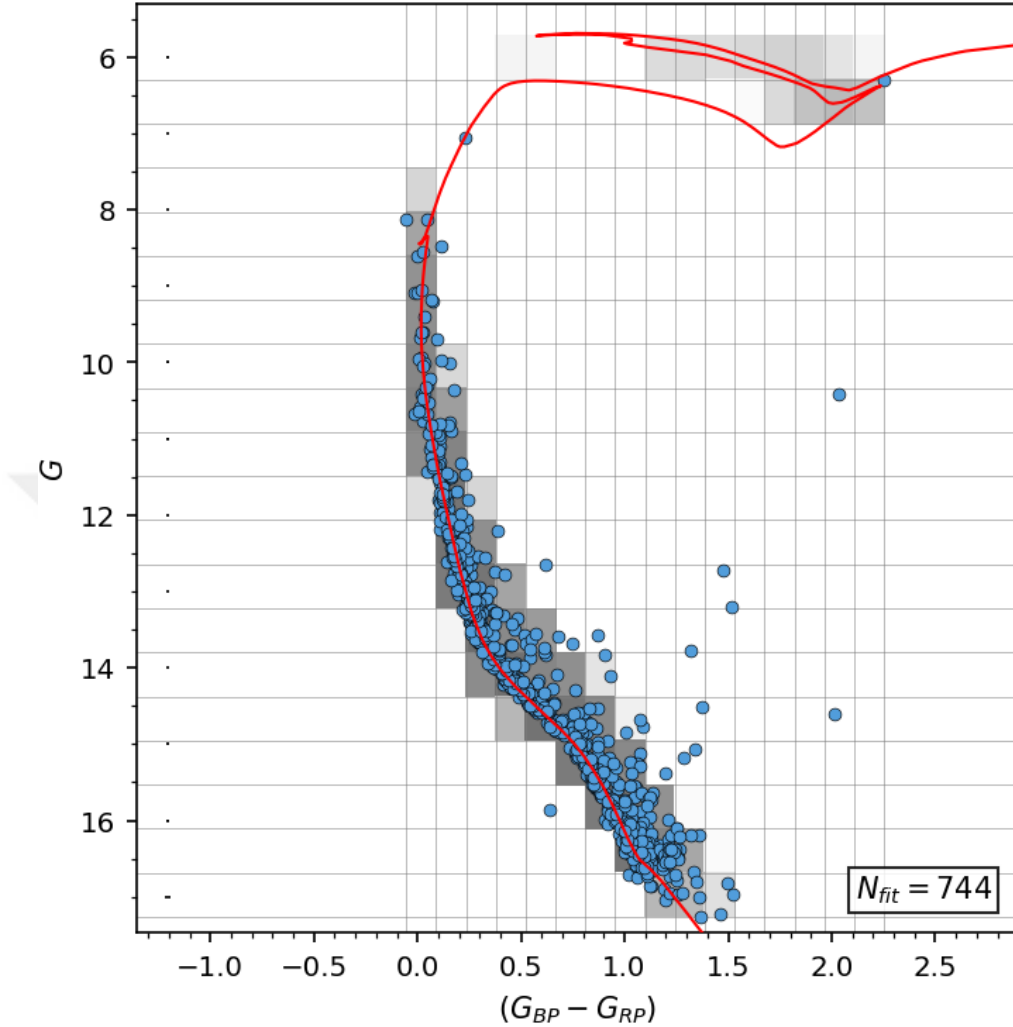


Şekil 3.9. Bir açık küme bölgesinin trigonometrik paralaks analizi

Son aşamada kümenin renk-parlaklık diyagramı analiz edilmektedir. Burada teorik eş yaş eğrilerinin gözlenen anakol üzerine oturtulması yöntemi izlenmemektedir. Önce belirli bir aralıktaki başlangıç kütle fonksiyonları, fotometrik tamlık ve belirsizlik fonksiyonlarıyla (bu iki fonksiyon gözlem verisinden elde edilmektedir) birlikte teorik eş yaş modelleri yardımıyla sentetik kümeler oluşturulmaktadır. Daha sonra bu sentetik kümelerin renk-parlaklık diyagramlarıyla, kümenin gözlenmiş renk-parlaklık diyagramı karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma, iterasyonlar yardımıyla, her bir parametrenin belirtilen aralıklardaki kombinasyonuyla üretilmiş milyonlarca sentetik kümenin, gözlenen veriyle kıyaslanmasıdır. Gözlenen anakol yapısıyla en iyi uyumun sağlandığı sentetik kümenin oluşturulmuş olduğu parametreler, açık kümenin temel parametreleri olarak kabul edilmektedir.

Örnek olarak incelenen bir açık kümenin GAIA bandlarındaki renk-parlaklık diyagramı ve gözlenen anakol yapısının teorik eş yaş eğrisiyle uyumu Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Şekilde mavi daireler kümeye üye olarak seçilmiş yıldızları, kırmızı çizgi

ise kümeyi en iyi temsil eden parametrelerle hesaplanmış eş yaş eğrisini göstermektedir.



Şekil 3.10. Bir açık küme bölgesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

Açık kümelerin gözlemsel verilerinin analiz edilmesi sırasında kullanılan programın ve yöntemlerin genel çalışma prensibi özetle bu şekildedir. Bu süreçte kullanılan algoritma ve yöntemler için daha detaylı açıklamalara Efron ve Tibshirani (1986), Charbonneau (1995), Dolphin (2002), Duong (2007), Duong vd. (2012) ve Perren vd. (2015, 2017, 2020)'in araştırmalarından ulaşmak mümkündür.

Tezin bu bölümünde yer verilen Şekil 3.6, Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10 için belirtilen renk ve sembollerle, yapılan açıklamalarının tümü, Bölüm 4.1.'de yer alan açık kümeler için verilen şekillerin hepsi için geçerlidir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Açık Kümelerin Parametreleri

Açık kümelerin OB oymaklarıyla ilişkilerinin incelenip ortak bir geçmişi paylaşıp paylaşmadıkları hakkında yorum yapabilmek için temel fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, Bölüm 3.4.'te belirtilen yöntem izlenerek Çizelge 3.1'de listelenen 18 OB oymağı bölgesindeki 32 açık kümeden her biri ayrı ayrı ele alınarak temel parametreleri, güncel ve hassas GAIA eDR3 verileri yardımıyla elde edilmiştir. Bu bölümün alt başlıklarında kümeler için elde edilen bulgular ve literatür karşılaştırmalarına yer verilmiştir. Çizelge 4.1'de kümelerin analizlerde hesaplanan astrometrik parametreleri (α , δ , $\mu_{\alpha} \cos \delta$, μ_{δ} ve d) listelenmiştir. Çizelge 4.2'de kümelerin analizlerde hesaplanan yaş, kızılşma miktarı, metal kesri, uzaklık modülü ve minimum kütleleri gibi temel parametreleri listelenmiştir.

4.1.1. King 14

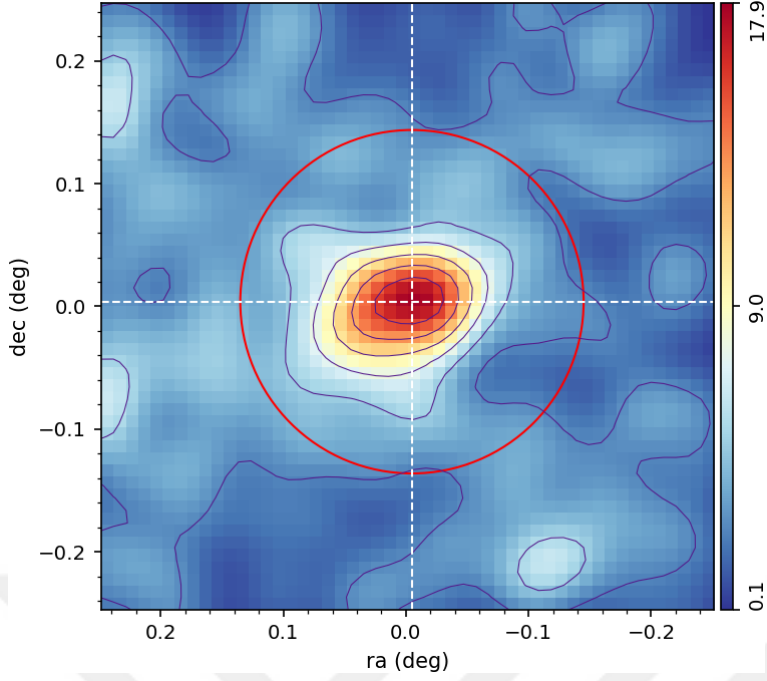
King 14 açık kümesi ilk olarak Hardorp (1960) ve Jasevicius (1964) tarafından incelenmiştir. Daha önceki gözlemlerde elde edilmiş *RGU* fotoğrafik plaklar kullanılarak yıldız parlaklıklarının Johnson *UBV* sistemine dönüştürüldüğü araştırmalarda kümenin varlığı ortaya konmuştur. Subramaniam vd. (1995)'ye göre King 16 ve NGC 146 birbirine bağlı bir çift küme sistemini oluşturmaktadır. Bu görüş daha sonra iki kümenin öz hareket vektörlerinin neredeyse birbirinin aynı olduğu gerekçesiyle Glushkova vd. (1997) tarafından desteklense de daha güncel bir araştırmada (Netopil vd. 2006) bu iki açık küme arasında fiziksel bir bağ bulunmadığını belirtmiştir. Aynı araştırmada King 14 için $\log \tau = 7.9$ yıllık bir yaş tahmini yapılmıştır. Yakın geçmişte Cantat-Gaudin vd. (2020) GAIA DR2 verilerini kullanarak kümenin yaşını $\log \tau = 8.16$ *y* olarak belirlemişlerdir. Bu tez çalışmasına göre kümenin yaşı $\log \tau = 8.114 \pm 0.558$ *y* olarak belirlenmiştir. Çizelge 3.1'deki verilere dayanarak King 14'ün Cas OB4 oymağının merkezinden $d = 56$ *pc* uzaklıkta yer alarak sınırları içerisinde konumlandığı anlaşılmıştır. Oymağın yaşı Tetzlaff vd. (2010) tarafından $\log \tau = 6.9$ *y* olarak listelenmiştir. Dolayısıyla kümenin bariz şekilde oymaktan daha yaşlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hata payları dahilinde Cas OB4 için verilen öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -2.4 \pm 0.17$ *mas y*⁻¹, $\mu_{\delta} = -1.16 \pm 0.13$ *mas y*⁻¹) ile King 14'ün bu tez araştırmasında belirlenen öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -3.178 \pm 0.303$ *mas y*⁻¹, $\mu_{\delta} = -1.108 \pm 0.289$ *mas y*⁻¹) birbiriyle uyum göstermemektedir. Bu da kendisini çevreleyen oymakla fiziksel ilişki içinde olduğu ihtimalini azaltmaktadır. Analiz çıktıları Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.1. İncelenen açık kümelerin elde edilen astrometrik parametreleri

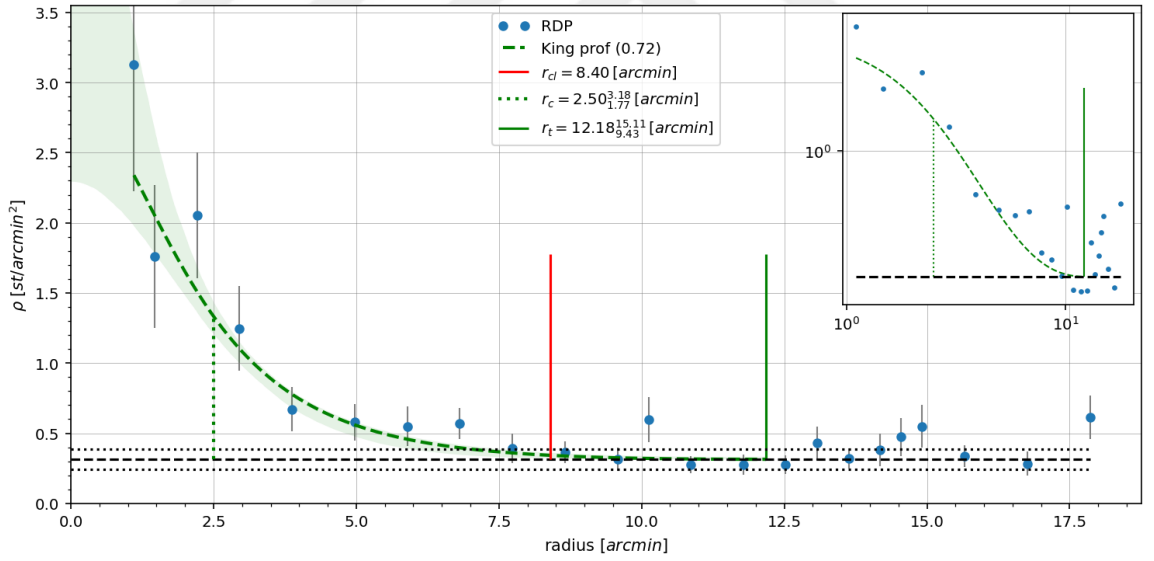
Açık Küme	α_c (°)	δ_c (°)	$\mu_\alpha \cos \delta$ ($mas\ y^{-1}$)	μ_δ ($mas\ y^{-1}$)	d (kpc)
King 14	7.97864	63.16719	-3.178 ± 0.303	-1.108 ± 0.289	2.340 ± 0.044
NGC 433	18.79461	60.13345	-1.450 ± 0.146	-0.815 ± 0.209	1.955 ± 0.037
UBC 36	16.47788	59.62177	-1.341 ± 0.519	-0.624 ± 0.397	1.906 ± 0.052
King 6	51.98814	56.44714	3.750 ± 0.625	-2.037 ± 0.779	0.708 ± 0.006
Trumpler 2	39.30143	55.93505	1.506 ± 0.556	-5.364 ± 0.516	0.676 ± 0.006
NGC 7380	341.84877	58.10557	-2.505 ± 0.272	-2.128 ± 0.231	2.633 ± 0.040
LDN 988e	316.02398	50.24718	1.234 ± 0.524	-3.458 ± 0.714	0.612 ± 0.009
NGC 6991	313.63620	47.42694	5.644 ± 0.739	8.395 ± 0.783	0.555 ± 0.001
UPK 136	322.72727	43.29487	0.176 ± 0.541	-0.622 ± 0.413	0.651 ± 0.012
NGC 6871	301.53681	35.75048	-3.132 ± 0.370	-6.458 ± 0.456	1.839 ± 0.012
Gulliver 53	80.90011	34.00016	0.600 ± 0.526	-2.752 ± 0.658	2.283 ± 0.062
NGC 1912	82.17292	35.82759	1.538 ± 0.348	-4.412 ± 0.334	1.092 ± 0.013
Gulliver 8	80.55763	33.79500	-0.136 ± 0.578	-3.064 ± 0.403	1.069 ± 0.049
IC 348	56.14950	32.15203	4.616 ± 0.926	-6.391 ± 0.722	0.317 ± 0.001
Gulliver 37	292.07426	25.35425	-0.750 ± 0.383	-3.738 ± 0.339	1.471 ± 0.022
ASCC 16	81.14638	1.68573	1.331 ± 0.319	-0.125 ± 0.421	0.344 ± 0.007
ASCC 19	82.05931	-1.91837	1.079 ± 1.147	-0.830 ± 1.781	0.349 ± 0.008
ASCC 21	82.11900	3.52700	1.428 ± 0.298	-0.468 ± 0.389	0.342 ± 0.005
Gulliver 6	83.17751	-1.72732	-0.127 ± 0.604	-0.216 ± 0.387	0.411 ± 0.006
L 1641s	85.62565	-8.13838	0.063 ± 0.566	-0.405 ± 0.502	0.419 ± 0.007
UBC 17a	83.42200	-1.67100	1.528 ± 0.382	-1.196 ± 0.273	0.354 ± 0.007
UBC 17b	83.15359	-1.74935	0.122 ± 0.319	-0.175 ± 0.297	0.408 ± 0.008
UPK 402	87.52872	2.88051	-1.109 ± 0.435	-1.829 ± 0.605	0.397 ± 0.001
NGC 2343	107.02111	-10.62640	0.103 ± 0.428	-0.140 ± 0.331	1.069 ± 0.012
Dias 5	274.37500	-19.72200	1.700 ± 0.460	-0.921 ± 0.461	1.274 ± 0.021
NGC 6531	271.04099	-22.50817	0.497 ± 0.254	-1.543 ± 0.341	1.218 ± 0.014
Haffner 21	120.28700	-27.21273	-1.865 ± 0.425	2.122 ± 0.336	2.915 ± 0.103
Ruprecht 130	266.89271	-30.09634	0.510 ± 0.224	-1.886 ± 0.341	2.362 ± 0.080
Ruprecht 134	268.18192	-29.53859	-1.620 ± 0.138	-2.395 ± 0.204	2.332 ± 0.047
NGC 2547	122.55982	-49.18029	-8.551 ± 0.440	4.329 ± 0.288	0.382 ± 0.005
NGC 3766	174.06789	-61.61586	-6.733 ± 0.178	0.994 ± 0.210	1.947 ± 0.022

Çizelge 4.2. İncelenen açık kümelerin elde edilen temel parametreleri

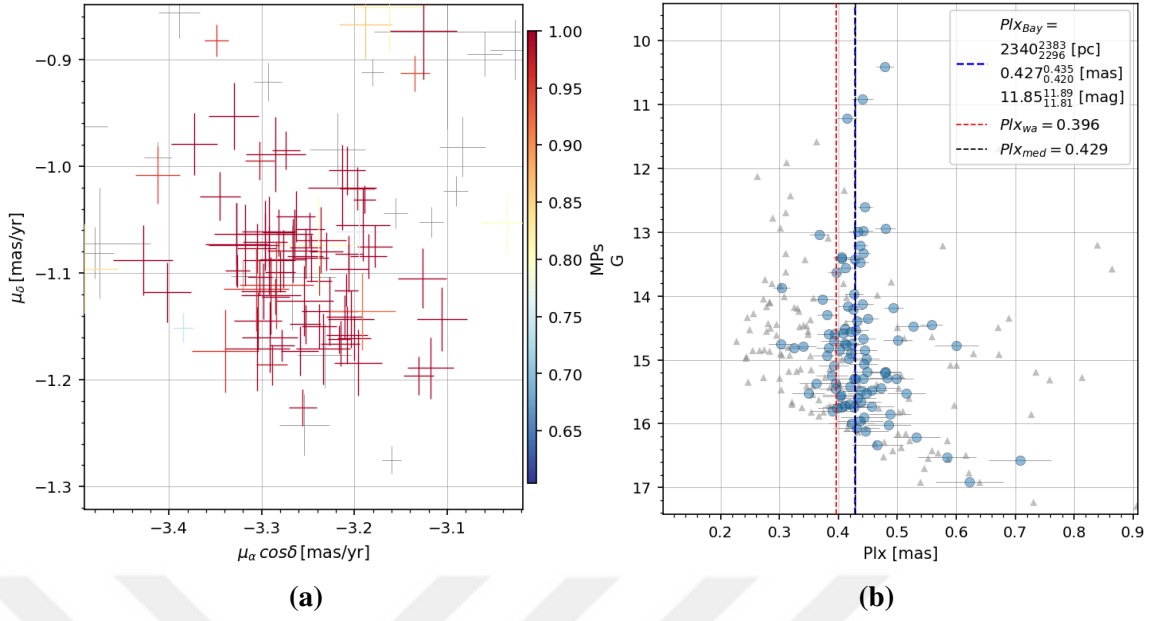
Açık Küme	$\log(age)$ (y)	z	$E_{(B-V)}$ (m)	$(m - M)_0$ (m)	M_{min} ($M_{\odot}$)
King 14	8.11 ± 0.56	0.012 ± 0.009	0.593 ± 0.081	11.688 ± 0.501	1290 ± 610
NGC 433	8.64 ± 0.53	0.014 ± 0.008	0.793 ± 0.120	11.420 ± 0.539	1206 ± 397
UBC 36	8.51 ± 0.45	0.011 ± 0.012	0.532 ± 0.094	11.343 ± 0.571	679 ± 353
King 6	8.47 ± 0.22	0.010 ± 0.007	0.668 ± 0.032	8.905 ± 0.305	1502 ± 315
Trumpler 2	8.40 ± 0.18	0.014 ± 0.009	0.351 ± 0.039	8.994 ± 0.130	1281 ± 267
NGC 7380	7.14 ± 0.13	0.011 ± 0.005	0.783 ± 0.042	11.648 ± 0.216	1785 ± 376
LDN 988e	6.78 ± 0.41	0.020 ± 0.005	0.838 ± 0.194	7.701 ± 0.597	118 ± 37
NGC 6991	9.10 ± 0.39	0.011 ± 0.004	0.266 ± 0.132	8.530 ± 0.448	533 ± 194
UPK 136	8.45 ± 0.36	0.022 ± 0.007	0.171 ± 0.103	9.131 ± 0.323	592 ± 152
NGC 6871	6.87 ± 0.11	0.013 ± 0.011	0.577 ± 0.028	11.639 ± 0.311	4111 ± 540
Gulliver 53	8.62 ± 0.23	0.023 ± 0.009	0.427 ± 0.071	11.728 ± 0.358	1534 ± 398
NGC 1912	8.60 ± 0.04	0.013 ± 0.001	0.316 ± 0.013	9.963 ± 0.035	4174 ± 369
Gulliver 8	7.47 ± 0.26	0.019 ± 0.007	0.392 ± 0.177	9.917 ± 0.862	169 ± 109
IC 348	7.14 ± 0.40	0.009 ± 0.008	0.403 ± 0.320	6.485 ± 0.554	116 ± 96
Gulliver 37	8.59 ± 0.60	0.021 ± 0.005	0.600 ± 0.112	10.793 ± 0.640	830 ± 316
ASCC 16	7.17 ± 0.15	0.014 ± 0.003	0.036 ± 0.065	7.425 ± 0.205	613 ± 103
ASCC 19	6.98 ± 0.24	0.020 ± 0.005	0.019 ± 0.102	8.092 ± 0.199	800 ± 151
ASCC 21	6.98 ± 0.06	0.014 ± 0.002	0.056 ± 0.057	7.720 ± 0.126	477 ± 77
Gulliver 6	7.18 ± 0.07	0.021 ± 0.003	0.165 ± 0.069	7.842 ± 0.106	712 ± 62
L 1641s	6.41 ± 0.33	0.008 ± 0.007	0.764 ± 0.155	7.719 ± 0.447	135 ± 59
UBC 17a	7.02 ± 0.02	0.012 ± 0.001	0.055 ± 0.010	7.386 ± 0.032	901 ± 39
UBC 17b	7.30 ± 0.08	0.016 ± 0.002	0.179 ± 0.052	7.693 ± 0.119	580 ± 58
UPK 402	6.75 ± 0.43	0.019 ± 0.008	0.174 ± 0.711	7.927 ± 0.967	65 ± 303
NGC 2343	7.93 ± 0.10	0.011 ± 0.008	0.354 ± 0.226	10.273 ± 0.741	590 ± 392
Dias 5	6.86 ± 0.12	0.026 ± 0.002	0.514 ± 0.045	10.324 ± 0.047	781 ± 111
NGC 6531	6.88 ± 0.04	0.015 ± 0.001	0.313 ± 0.035	10.069 ± 0.136	2342 ± 308
Haffner 21	8.67 ± 0.27	0.012 ± 0.008	0.270 ± 0.063	12.198 ± 0.351	925 ± 357
Ruprecht 130	8.14 ± 0.35	0.011 ± 0.003	1.337 ± 0.073	11.369 ± 0.170	1964 ± 379
Ruprecht 134	8.90 ± 0.10	0.021 ± 0.004	0.733 ± 0.065	11.725 ± 0.218	2619 ± 489
NGC 2547	7.42 ± 0.07	0.016 ± 0.005	0.173 ± 0.048	8.079 ± 0.108	676 ± 135
NGC 3766	7.43 ± 0.02	0.009 ± 0.001	0.302 ± 0.006	11.135 ± 0.046	6350 ± 576



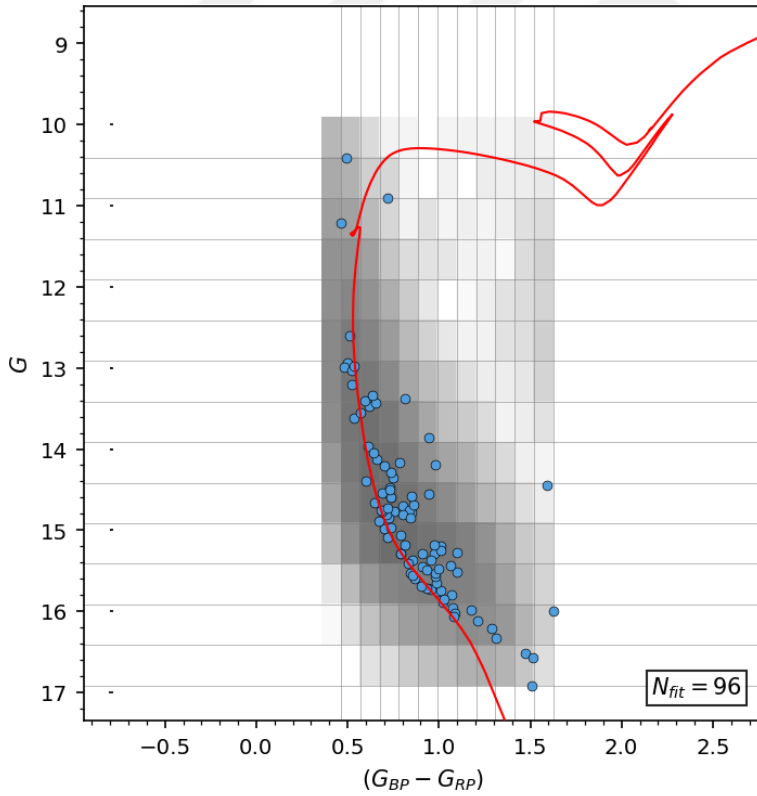
Şekil 4.1. King 14 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.2. King 14 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



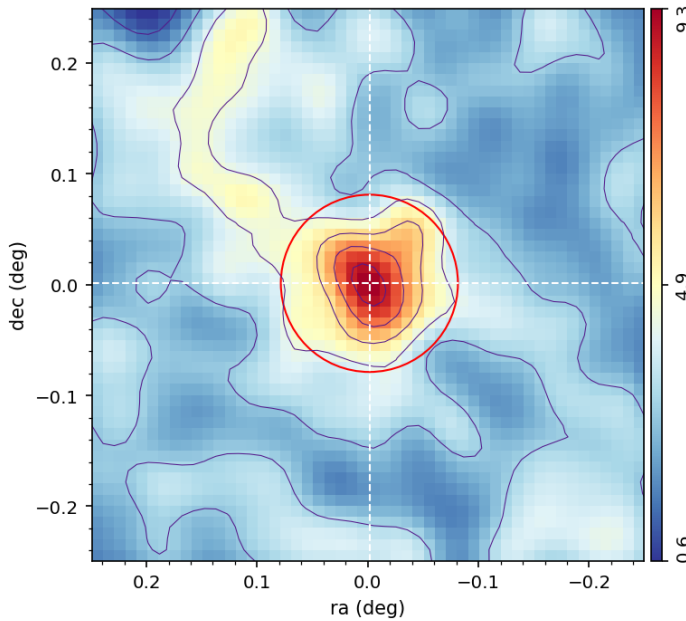
Şekil 4.3. (a) King 14 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) King 14 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



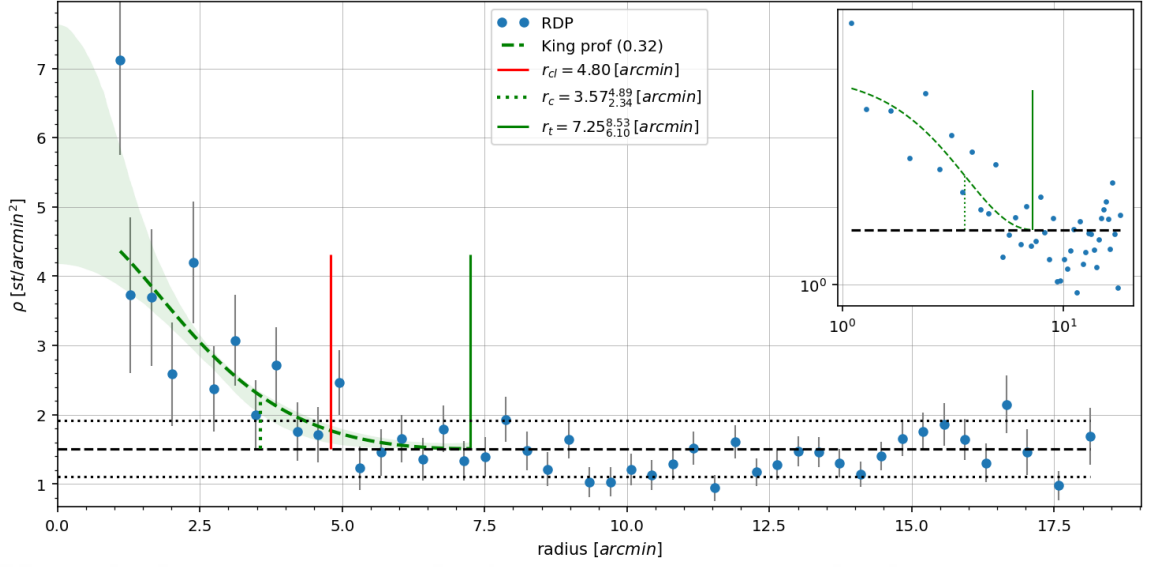
Şekil 4.4. King 14 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.2. NGC 433

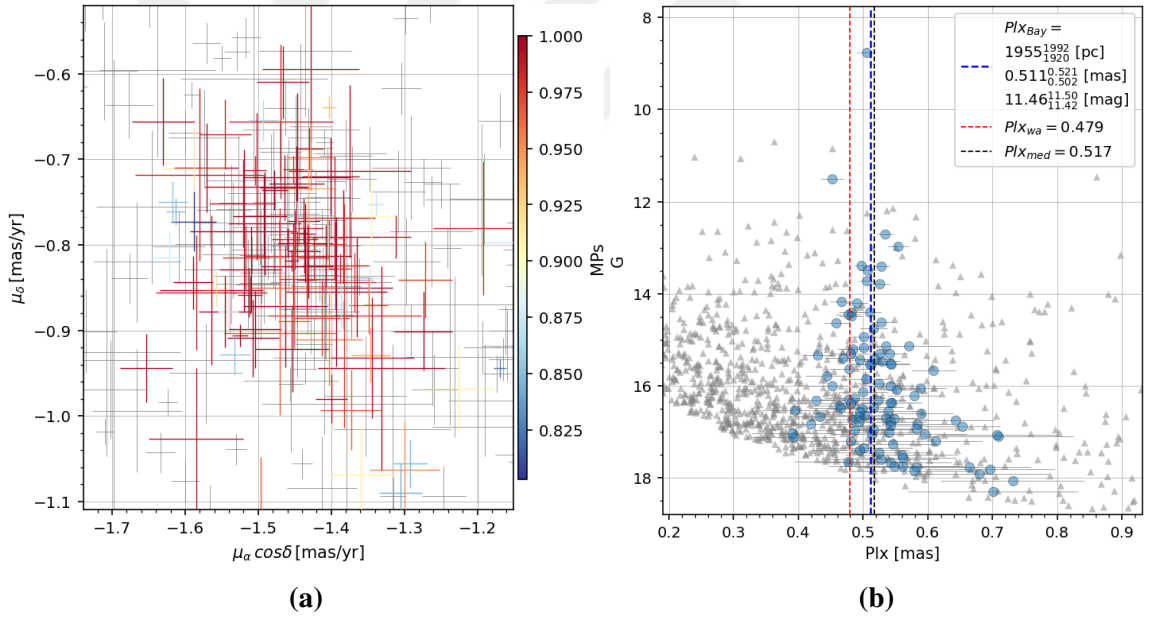
NGC 433 ile ilgili araştırmalar 1944 yılına kadar geriye gitmektedir. Alter (1944) $3.4'$ yarıçaplı bölgede 14^m 'e kadar küme üyesi olarak belirlediği yıldızların fotometrik parlaklıklarını listelemiştir. Kümenin uzaklığı hakkındaki ilk tahmin de yine aynı araştırmada $d = 4.5 \text{ kpc}$ olarak yapılmıştır. Bu uzaklığın literatürdeki GAIA trigonometrik paralaksı kullanılarak elde edilen (Bkz. Çizelge 3.1) ve bu tez araştırmasında belirlenen ($d = 1.955 \text{ kpc}$) uzaklığın iki katından daha fazla olduğu görülmüştür. Sonrasında, Leisawitz vd. (1989) kümenin yakın komşuluğundaki CO bulutlarıyla ilişkisine dikkat çekerek yüksek kızılşma etkisine maruz kaldığını belirtmiştir. Bu etkileşim tezde elde edilen büyük renk artışı değerini $E(B - V) = 0.793^m \pm 0.120^m$ açıklamaktadır. Bulunan sonuç literatürde verilen 0.82^m (Battinelli vd. 1992) ve 0.86^m (Sampedro vd. 2017) değerleriyle uyumlu görünmektedir. Battinelli vd. (1992) açık kümenin yaşının $\log \tau = 8.04$ yıldan daha az olması gerektiğini belirtmiştir. Daha yakın geçmişteki araştırmalarda Sampedro vd. (2017) ve Cantat-Gaudin vd. (2020) kümenin yaşını sırasıyla $\log \tau = 7.5 \text{ y}$ ve $\log \tau = 8.14 \text{ y}$ olarak açıklamışlardır. Bu tezde, kümenin ($\log \tau = 8.637 \pm 0.531 \text{ y}$) daha önce tahmin edilenden bir miktar daha yaşlı olması gerektiği sonucuna varılmıştır. NGC 433, Cas OB1 oymağının sınırları içinde yer almaktadır (Bkz. Çizelge 3.1). Kümenin öz hareket bileşenlerinin ($\mu_\alpha \cos \delta = -1.450 \pm 0.146 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -0.830 \pm 0.209 \text{ mas y}^{-1}$) oymağinkilerle ($\mu_\alpha \cos \delta = -1.58 \pm 0.2 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -1.18 \pm 0.27 \text{ mas y}^{-1}$) hata payları dahilinde uyum içinde olduğu hesaplanarak benzer uzay hareketine sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak kümenin kendini çevreleyen oymaktan ($\log \tau = 7 \text{ y}$) daha yaşlı olduğu anlaşılmıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de verilmiştir.



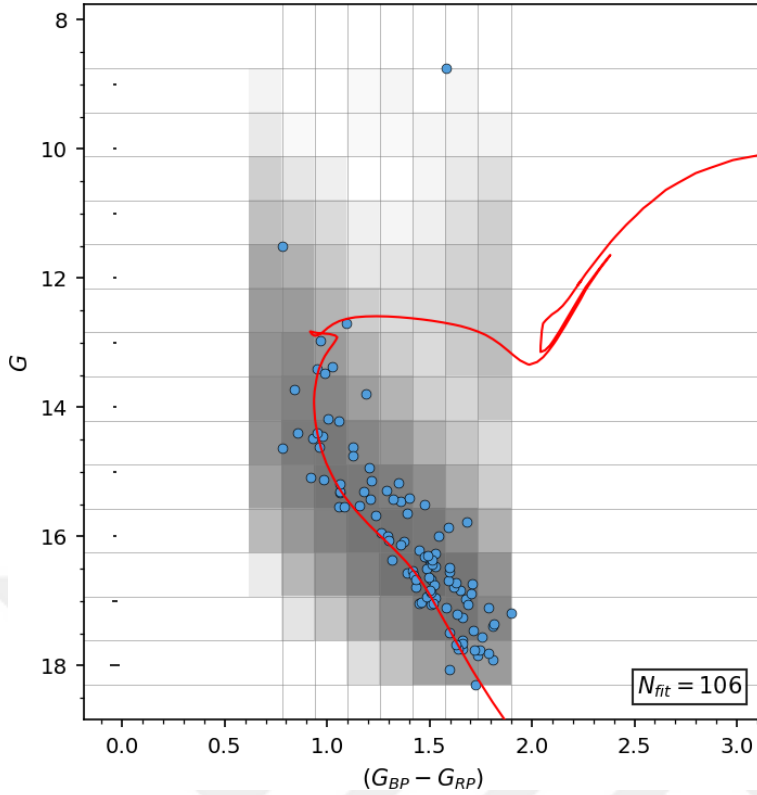
Şekil 4.5. NGC 433 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.6. NGC 433 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



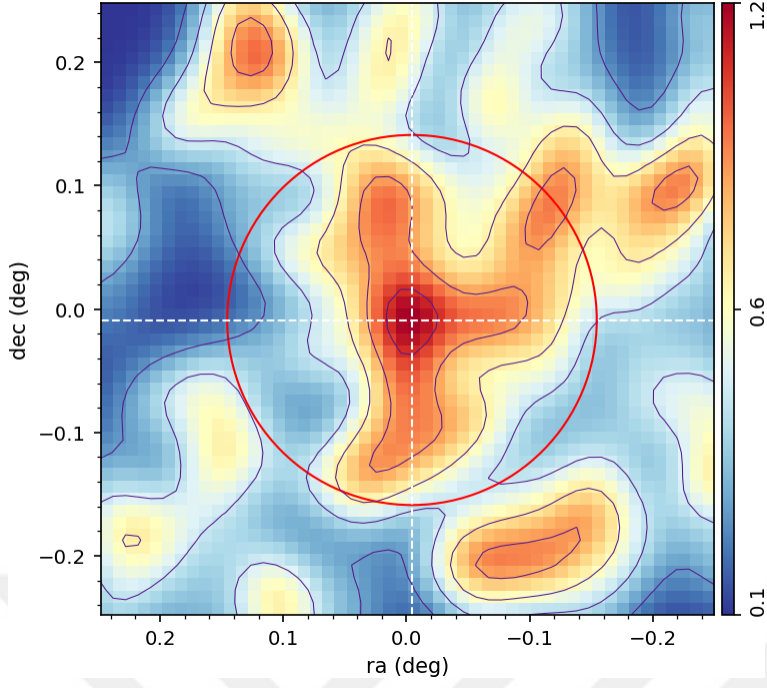
Şekil 4.7. (a) NGC 433 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; **(b)** NGC 433 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



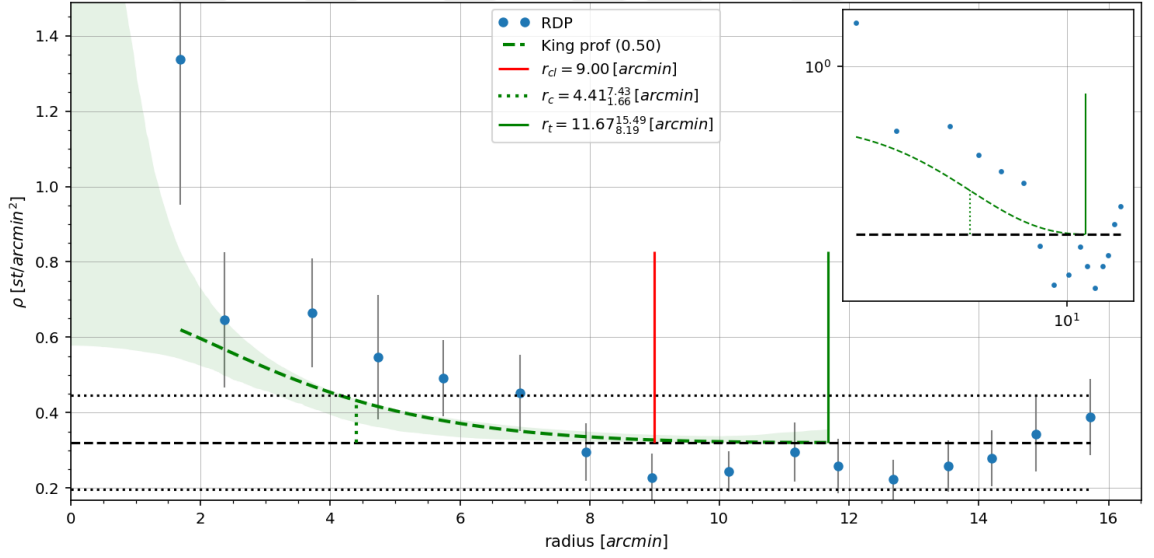
Şekil 4.8. NGC 433 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.3. UBC 36

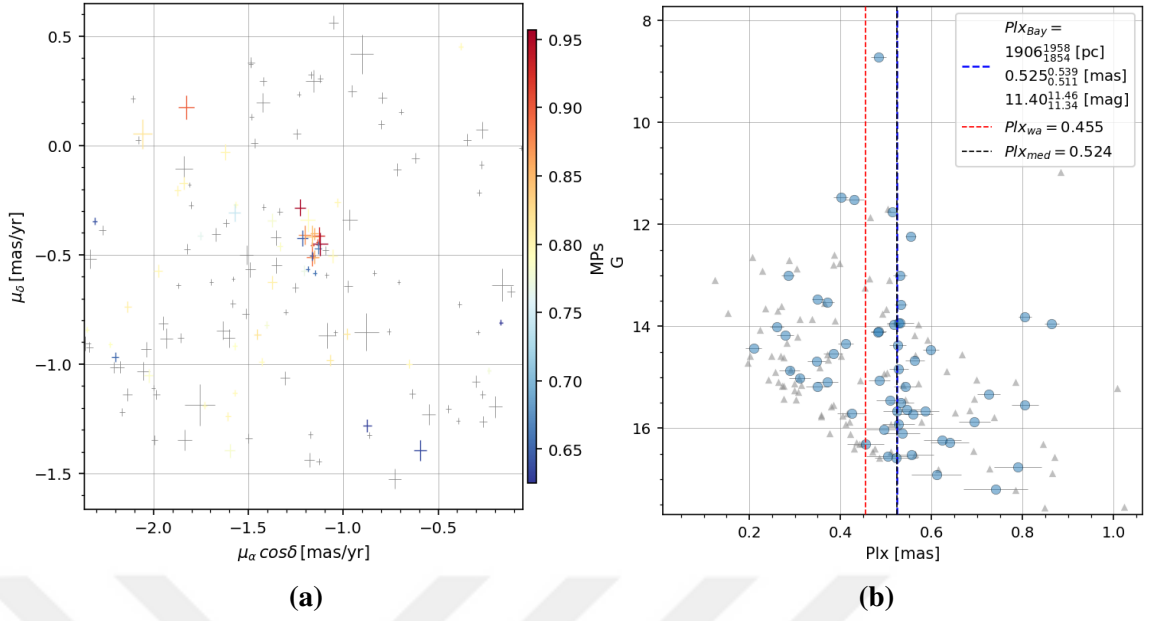
Galaktik merkezin aksi yönde konumlanan UBC 36 Castro-Ginard vd. (2019) tarafından keşfedildikten sonra GOCII kataloğunda yerini almıştır. Kümenin literatürdeki bilgileri yalnızca Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından sağlanmıştır. Astrometrik özellikleriyle beraber yaş bilgisinin de verildiği araştırmanın haricinde küme ile ilgili bir yayına rastlanmamıştır. Yazarlar kümenin yaşını $\log \tau = 8.73$ y, öz hareket bileşenlerini $\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.166 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.406 \text{ mas y}^{-1}$ ve uzaklığını $d = 2042 \text{ pc}$ olarak açıklamıştır. Bu uzaklıkla tez araştırmasında hesaplanan $d = 1906 \text{ pc}$ 'lik uzaklık birbirinden bir miktar farklı olsa da her iki durumda dahi küme Cas OB1 oymağının sınırları içinde yer almaktadır. Kümenin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.341 \pm 0.519 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.624 \pm 0.397 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır ve bu değerler hata payı içinde Cas OB1 ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.58 \pm 0.2 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.18 \pm 0.27 \text{ mas y}^{-1}$) ile uyum içerisindedir. Küme için hesaplanan yaş $\log \tau = 8.508 \pm 0.446$ y olmuştur. Bu da NGC 433 ile birlikte Cas OB1 bölgesinde yer alan her iki kümenin etraflarındaki oymaktan net bir şekilde yaşlı olduğunu göstermektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.



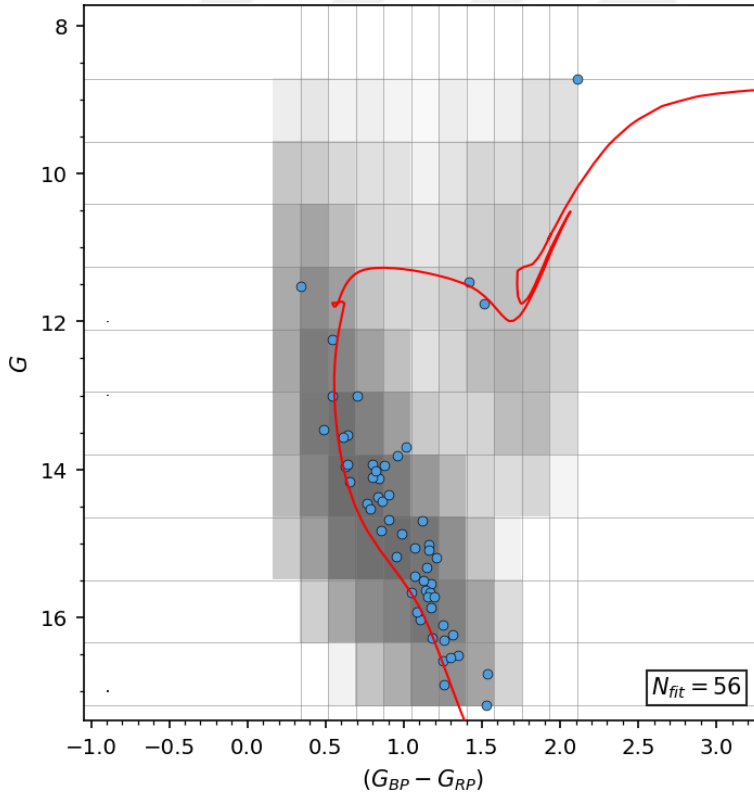
Şekil 4.9. UBC 36 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.10. UBC 36 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



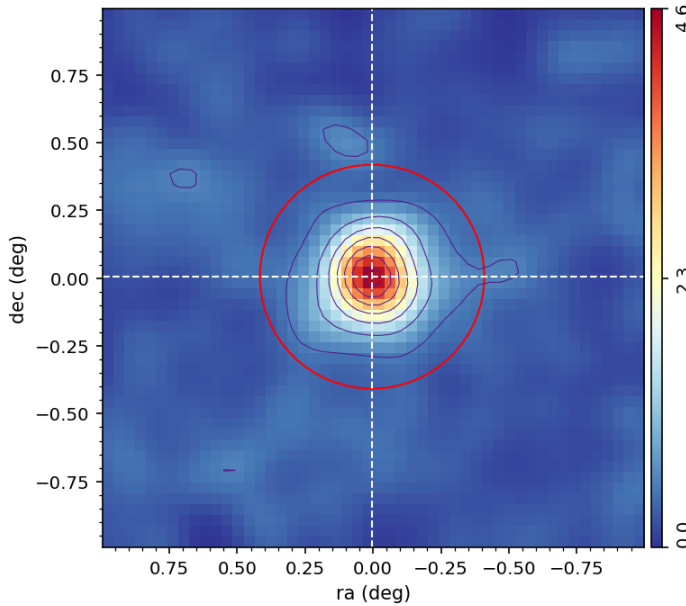
Şekil 4.11. (a) UBC 36 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 36 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



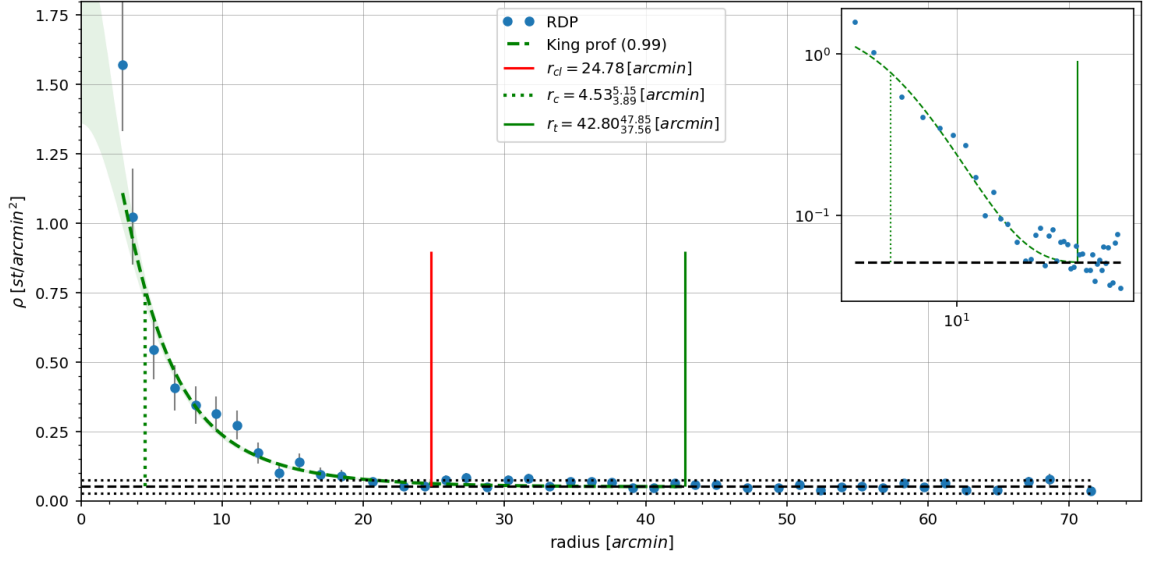
Şekil 4.12. UBC 36 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.4. King 6

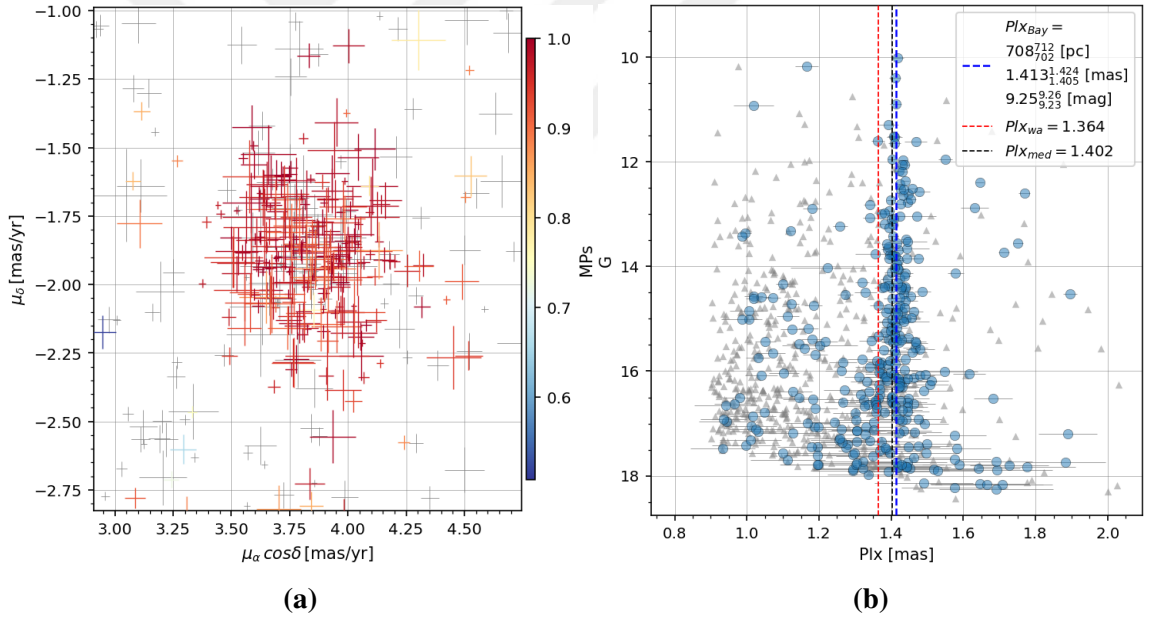
King 6, Cam OB1 oymağı sınırlarında konumlanmış Güneş'e nispeten yakın sayılan bir açık kümedir. Renk-parlaklık diyagramında alan yıldızlarından kolayca ayırt edilebilen bir anakol yapısı göstermektedir. Küme üzerine ilk kapsamlı fotometrik araştırma *UBVI* bantlarında CCD gözlemleriyle Ann vd. (2002) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar 50 My'lık bir hata payıyla kümenin yaşını 250 My olarak açıklamışlardır. Kızıllaşma miktarı için $E(B - V) = 0.5^m \pm 0.1^m$ ortalama değerini kabul etmişlerdir. Ancak kümenin tek bir kızıllaşma değeriyle teorik sıfır yaş anakol eğrileriyle temsil edilemediğini belirtmişlerdir. *V* bandında $16''$ 'den sönük yıldızlar için daha az bir kızıllaşma miktarının ($E(B - V) = 0.4^m$) etkin olduğunu, daha parlak yıldızların ise daha çok kızıllaşmadan etkilendiğini ($E(B - V) = 0.6^m$) iddia etmişlerdir. Bu tez araştırmasında $E(B - V) = 0.67^m \pm 0.03^m$ olarak tespit edilmiştir. Maciejewski ve Niedzielski (2007) King 6'nın da aralarında bulunduğu 42 adet açık kümeyi içeren incelemelerinde kümenin $\log \tau = 8.4$ *y* yaşında olduğunu belirtmişlerdir. Cantat-Gaudin vd. (2020) de benzer bir yaş değerinde karar kılmışlardır ($\log \tau = 8.31$ *y*). Tez araştırmasında elde edilen $\log \tau = 8.47 \pm 0.22$ yıllık yaş tahmini literatürdeki mevcut bilgilerle uyumlu bulunmuştur. Bu da bir kez daha oymağın (Cam OB1 için, $\log \tau = 7 \pm 0.15$ *y*) sınırlarındaki açık kümelerin kendinden oldukça yaşlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, öz hareket bileşenleri incelendiğinde açık küme ($\mu_\alpha \cos \delta = 3.750 \pm 0.625$ *mas y*⁻¹, $\mu_\delta = -2.037 \pm 0.779$ *mas y*⁻¹) ve oymak ($\mu_\alpha \cos \delta = -0.56 \pm 1.25$ *mas y*⁻¹, $\mu_\delta = -1.15 \pm 0.92$ *mas y*⁻¹) arasında öz hareket uzayında da ortak bir yapıya rastlanmadığı anlaşılmıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.



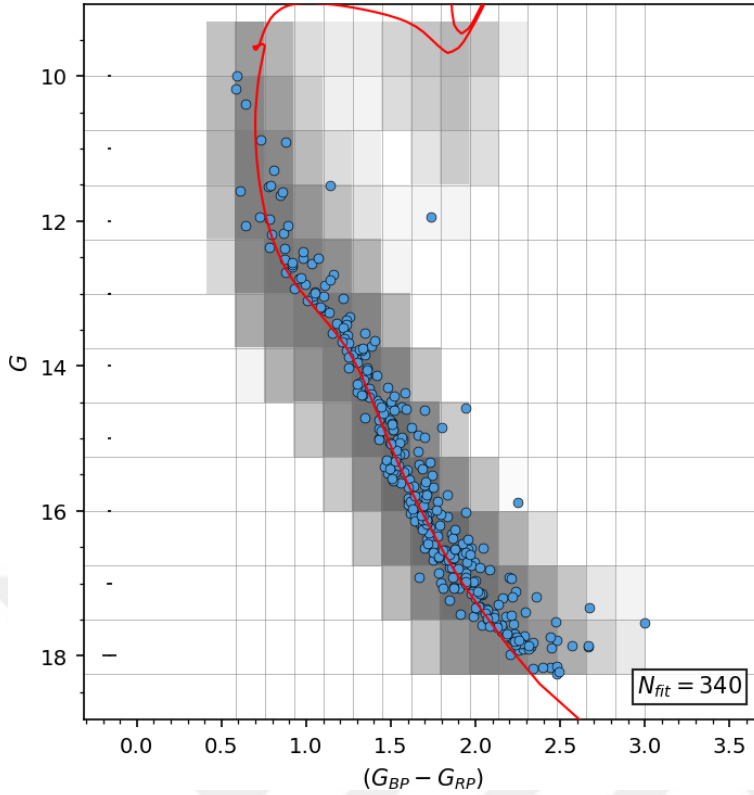
Şekil 4.13. King 6 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.14. King 6 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



Şekil 4.15. (a) King 6 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) King 6 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi

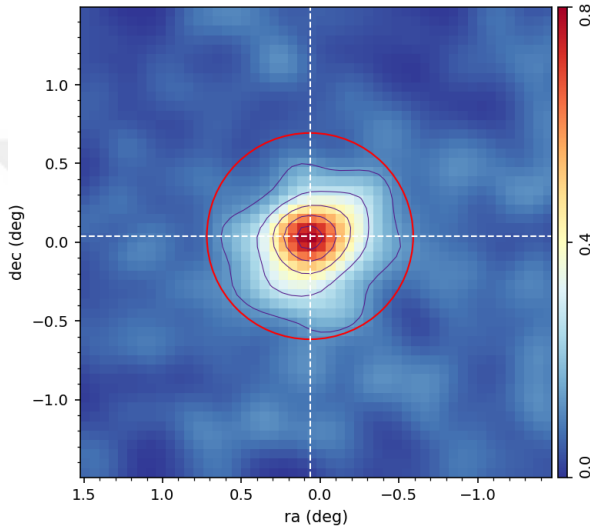


Şekil 4.16. King 6 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

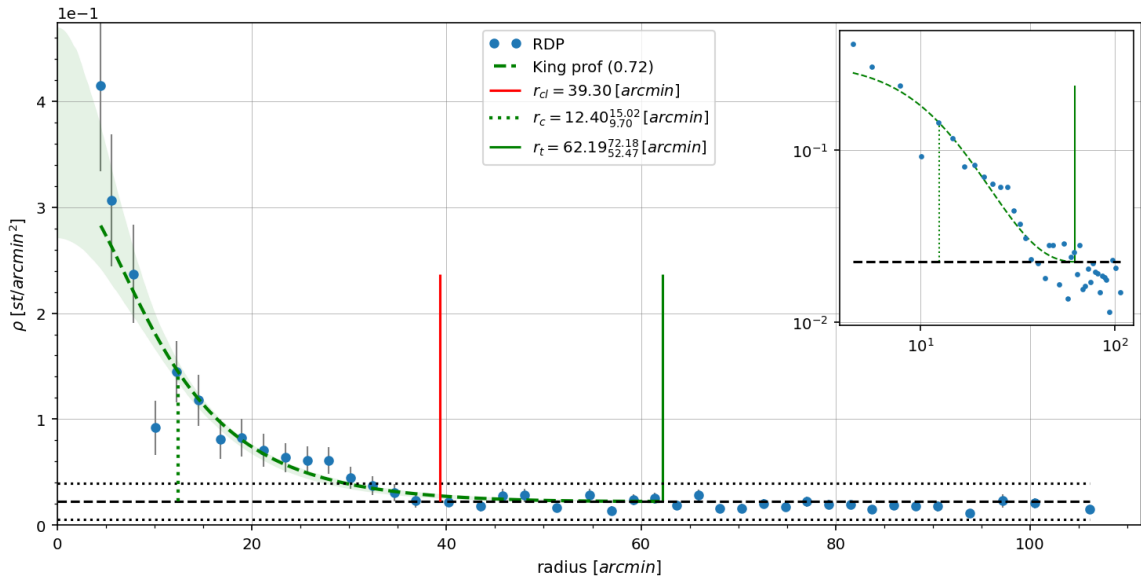
4.1.5. Trumpler 2

Trumpler 2'nin gök koordinatları ve uzaklığı onun Cam OB1 oymağı sınırları içinde bulunduğunu göstermektedir. Kümenin ilk fotoğrafik analiz sonuçları Hoag vd. (1961) tarafından yayınlanan 70 açık küme ihtiva eden katalogda verilmiştir. Literatürde 2006 yılına kadar küme üzerinde kapsamlı bir incelemeye rastlanmamış, bu tarihe kadar olan araştırmalar bahsi geçen katalogdaki verilere dayandırılmıştır. Frolov vd. (2006) kümenin astrometrik verilerindeki eksikliği gidermek amacıyla bölgeyi kinematik olarak incelemeye almıştır. Sonuç olarak kümenin kızıllaşma miktarının $E(B - V) = 0.40^m \pm 0.06^m$, uzaklığının $d = 725 \text{ pc}$ ve yaşının yaklaşık 89 My ($\log \tau = 7.95 \text{ y}$) olduğunu açıklamışlardır. Carrera vd. (2022) yaptıkları güncel araştırmada az incelenmiş 20 açık kümeyi ele almışlardır. Küme üyelerinin yüksek çözünürlüklü tayfları yardımıyla kümenin dikine hızını ve metal bolluklarını belirlemeye çalışmışlardır. Kümenin ortalama dikine hızını $HRV = -3.78 \pm 0.07 \text{ km s}^{-1}$ olarak belirleyip yıldızların metalce fakir olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu yargıya yalnızca kümedeki en parlak iki yıldız inceleyerek ulaşmışlardır. Kümenin daha önce Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından verilen öz hareket bileşenlerini GAIA eDR3 verilerini kullanarak yeniden hesaplamışlar ve $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.58 \pm 0.19 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -5.35 \pm 0.17 \text{ mas y}^{-1}$ olarak açıklamışlardır. Kümenin yaşını $\log \tau = 8.05 \text{ y}$ olarak

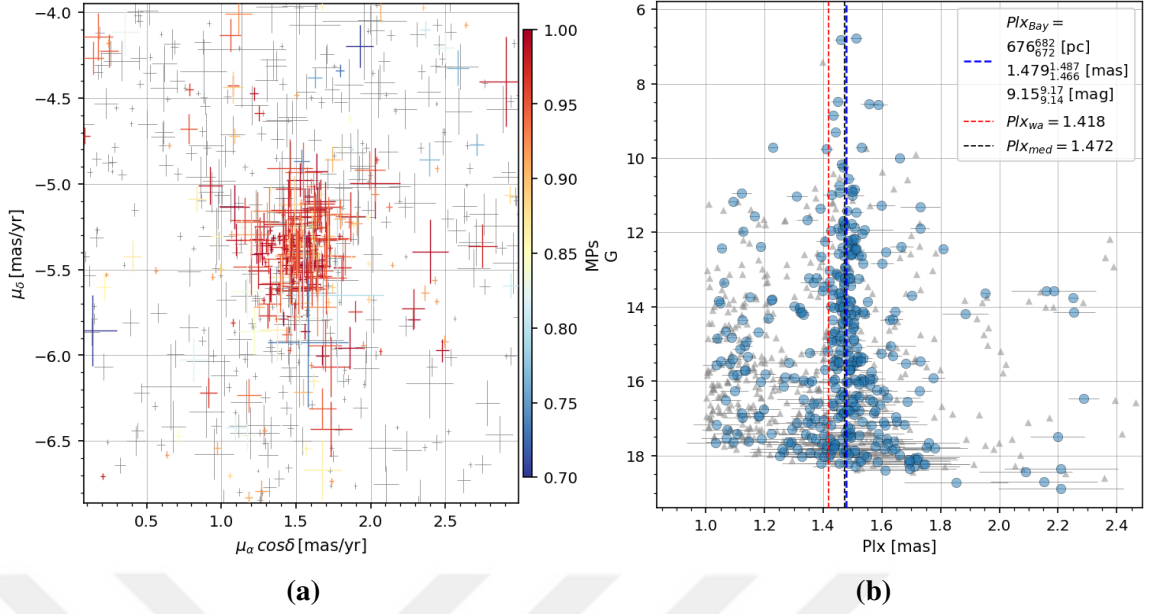
belirlemişlerdir. Trumpler 2 için bu tezde elde edilen sonuçlar sıradaki gibidir: $\mu_\alpha \cos\delta = 1.506 \pm 0.556 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -5.364 \pm 0.516 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 8.40 \pm 0.18 \text{ y}$ ve $E(B - V) = 0.35^m \pm 0.04^m$. Elde edilen öz hareket bileşenlerindeki hata oranlarının farkı Carrera vd. (2022)'nin üyelik olasılığı %100 olan yıldızların ortalama öz hareketini hesaplamış olması ve bu tezde ise üyelik olasılığı %50'nin üstünde olan yıldızların küme üyesi olarak kabul edilmesidir. Bu sonuçlara göre Trumpler 2 ve Cam OB1 arasında öz hareket uzayında bir benzerlik gözlenmemiştir. Hem King 6 hem de Trumpler 2'nin çevreleyen oymaktan yaşlı olduğu tespit edilmiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.



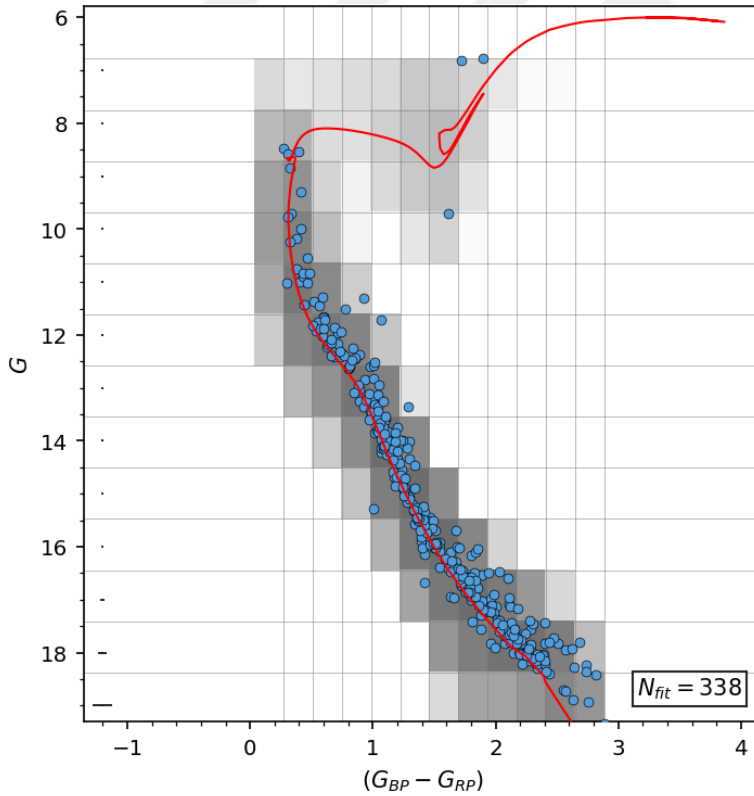
Şekil 4.17. Trumpler 2 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.18. Trumpler 2 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



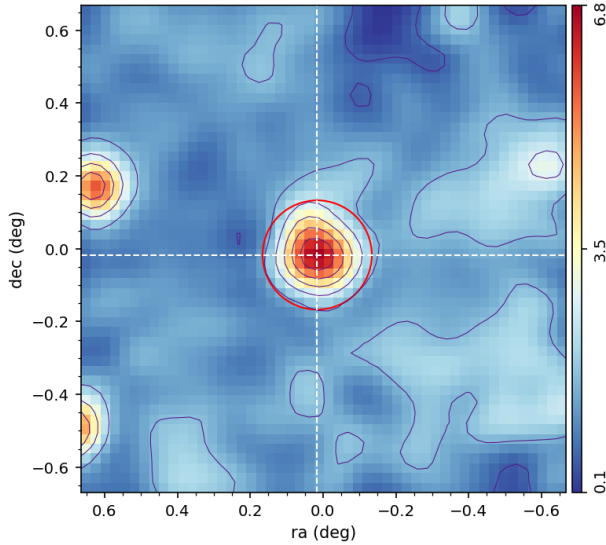
Şekil 4.19. (a) Trumpler 2 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Trumpler 2 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



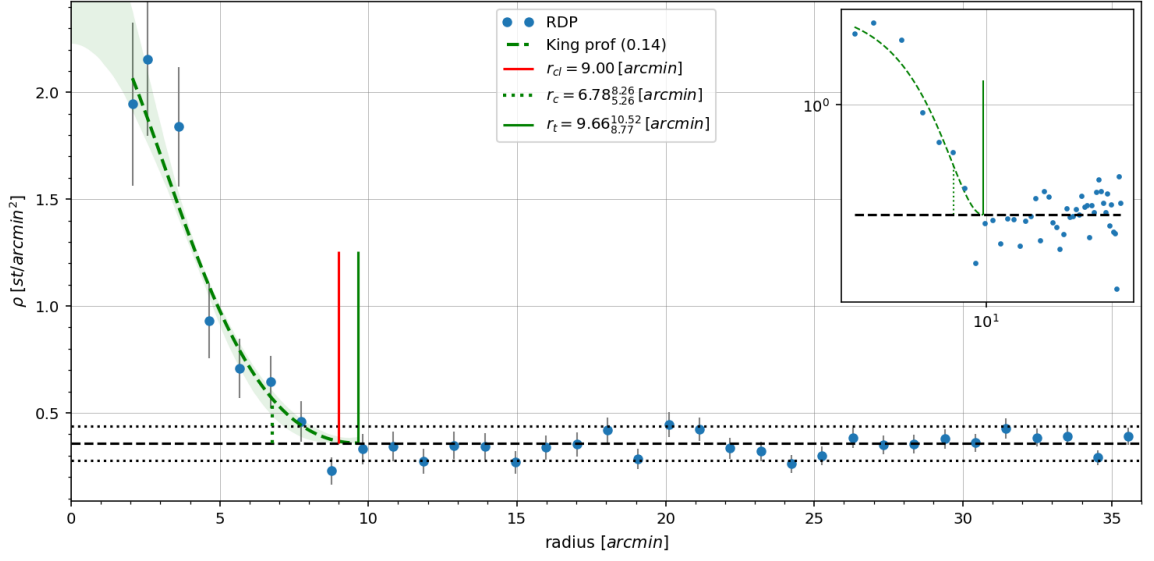
Şekil 4.20. Trumpler 2 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.6. NGC 7380

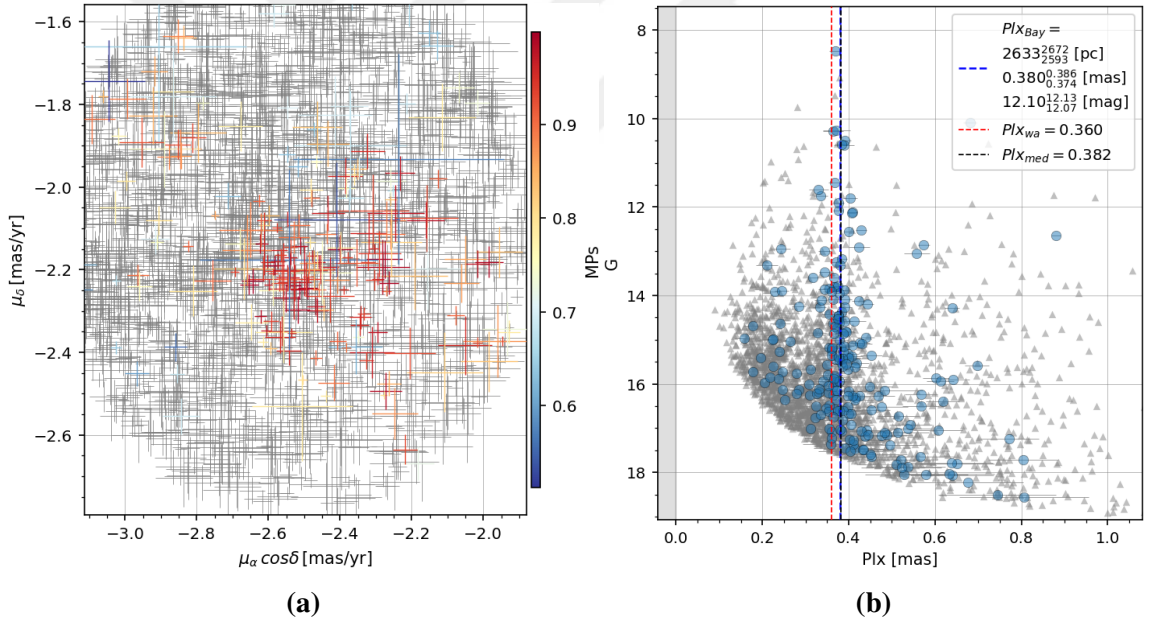
NGC 7380 kuzey gök küresinde Cep OB1 sınırlarında bulunan genç bir açık kümedir. Üyeleri arasında belirgin bir anakol öncesi popülasyonuna sahiptir (Baade 1983; Chen vd. 2011; Lata vd. 2016). Yıllar boyunca üzerine bolca araştırma yapılmış örneklerden bir tanesidir. Örneğin, Moffat (1971) 16^m 'den parlak yıldızların fotoğraflık gözlemlerine dayanarak uzaklık hakkındaki ilk çıkarımı $d = 3.6 \pm 0.7 \text{ kpc}$ olarak yapmıştır. Yazar kümenin 2 My yaşında olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca, bölgede açık kümeyi kaplayan toz ve HII bulutlarının varlığına işaret eden bulgulara dikkat çekmiştir. NGC 7380 ve Cep OB1 arasında bir bağ olma ihtimalini de ele almıştır. Küme ve oymak yaşı arasındaki farkın bu olasılığı azalttığına kanaat getirmiştir. Chen vd. (2011) de açık kümenin kalıcı bir parlak bulutsu ile etkileşim halinde olduğunu göstermiştir. Bu da aktif bir yıldız oluşum mevcudiyeti anlamına gelmekte ve anakol öncesi yıldız popülasyonunun kümeye olan üyeliğini kanıtlamaktadır. Yıldızlararası kızıllaşma miktarının $E(B - V) = 0.5^m$ ile 0.7^m arasında olduğunu hesaplamışlardır. Kümenin uzaklığını $d = 2.6 \pm 0.4 \text{ kpc}$ yaşını da 4 My ($\log \tau = 6.6 \text{ y}$) olarak açıklamışlardır. DAML02 kataloğunda kümenin yaşı $\log \tau = 7.08 \text{ y}$ olarak verilmişken Cantat-Gaudin vd. (2020)'ye göre $\log \tau = 6.62$ yıldır. Bu tez araştırmasında kümenin yaşı $\log \tau = 7.14 \pm 0.13 \text{ y}$ olarak hesaplanmıştır. Diğer araştırmaların aksine yaş tahmini DAML02 kataloğu ile daha yakın bir değerdedir. Cep OB1'in literatürde yaşı $\log \tau = 6.78 \text{ y}$ (6 My), öz hareket bileşenleri $\mu_\alpha \cos \delta = -3.46 \pm 0.69 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -2.89 \pm 0.36 \text{ mas y}^{-1}$ olarak verilmiştir. Tezde NGC 7380 için hesaplanan öz hareket bileşenleri göz önüne alındığında ($\mu_\alpha \cos \delta = -2.505 \pm 0.272 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -2.128 \pm 0.231 \text{ mas y}^{-1}$) hata oranları dahilinde oymakla benzer bir harekete sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.



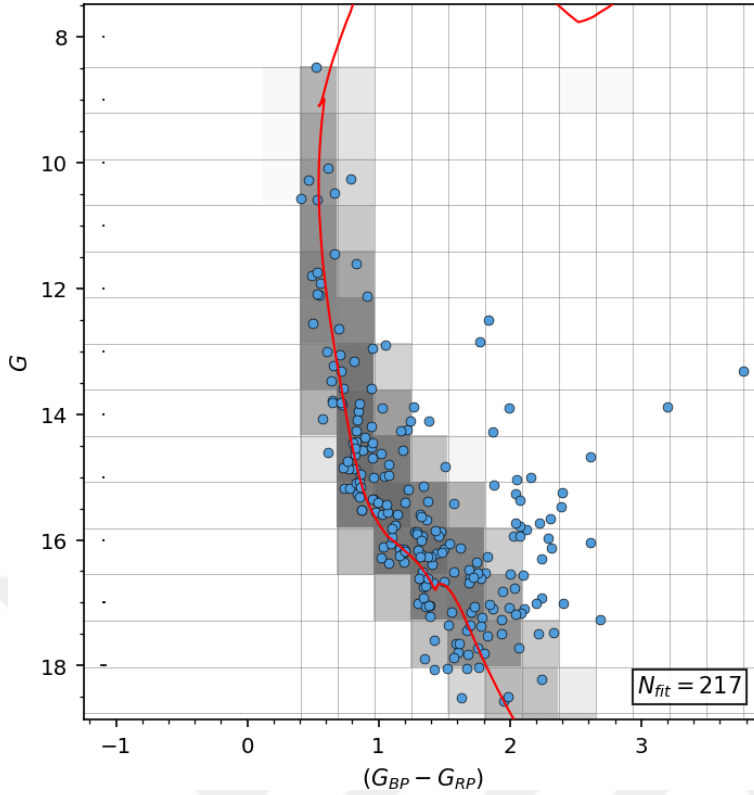
Şekil 4.21. NGC 7380 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.22. NGC 7380 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



Şekil 4.23. (a) NGC 7380 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 7380 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



Şekil 4.24. NGC 7380 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

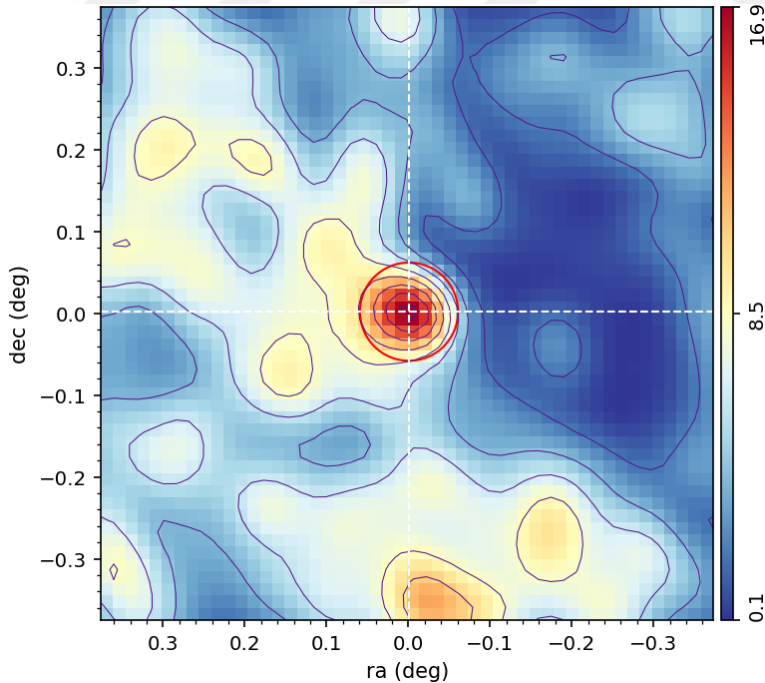
4.1.7. Melotte 20

α Per olarak da bilinen Melotte 20 tez kapsamında incelenen açık kümelerden Güneş'e en yakın olanıdır. Üstelik bu yakınlık onun gökyüzünde oldukça büyük ve yaygın olarak görünmesine yol açmaktadır. Öyle ki Pleiades'in gökyüzünde kapladığı alanın 2 katından fazla bir genişliğe sahiptir. Bu kapsamdaki bir alanın GAIA verileri milyonlarca satırdan oluşmaktadır. Tez için kullanılan mevcut veri işleme gücünün bu ölçekteki veriyi incelemede yetersiz kalması sebebiyle bu açık küme özel olarak ele alınamamıştır. Bunun yerine literatür bilgilerinden yararlanılmıştır. Melotte 20 ortak hareket gösteren bir yıldız topluluğu olarak ilk kez Eddington (1910) tarafından keşfedilmiştir. Kümenin yaşı üzerine birçok çıkarım yapılmıştır. Barrado y Navascués vd. (2002) 90 My, Makarov (2006) 52 My, Bossini vd. (2019) 86.7 My ve Cantat-Gaudin vd. (2020) 51.3 My'de karar kılmışlardır. van Leeuwen (2009) Hipparcos kataloğundan faydalandığı araştırmasında Melotte 20'nin genel özelliklerine göre kütleçekimle bağlı bir küme olmak yerine bir oymak kalıntısına benzer özellikler gösterdiğini belirtmiştir. Netopil ve Paunzen (2013)'e göre açık küme Güneş metal bolluğuna sahiptir. Melotte 20 Çizelge 3.1'e göre Per OB3 oymağı sınırlarında yer almaktadır. Öz hareket bileşenleri Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından verildiği gibi kabul edilmiştir ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 22.864 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -25.378 \text{ mas y}^{-1}$). Çizelge 3.2'ye göre oymağın yaş

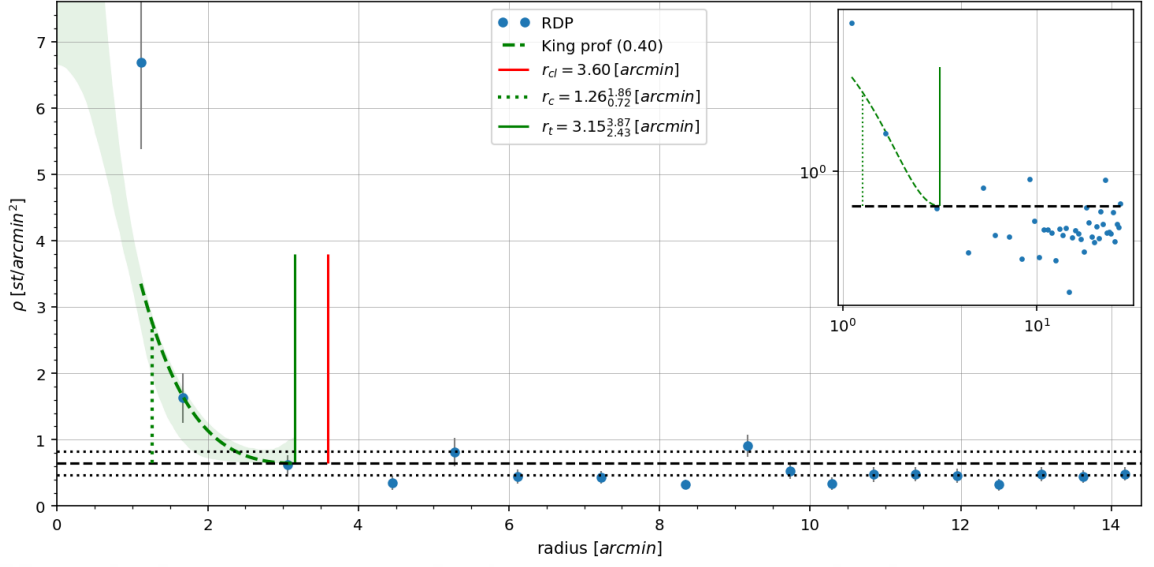
ve öz hareket bileşenleri açık kümenin parametreleriyle uyushmaktadır.

4.1.8. LDN 988e

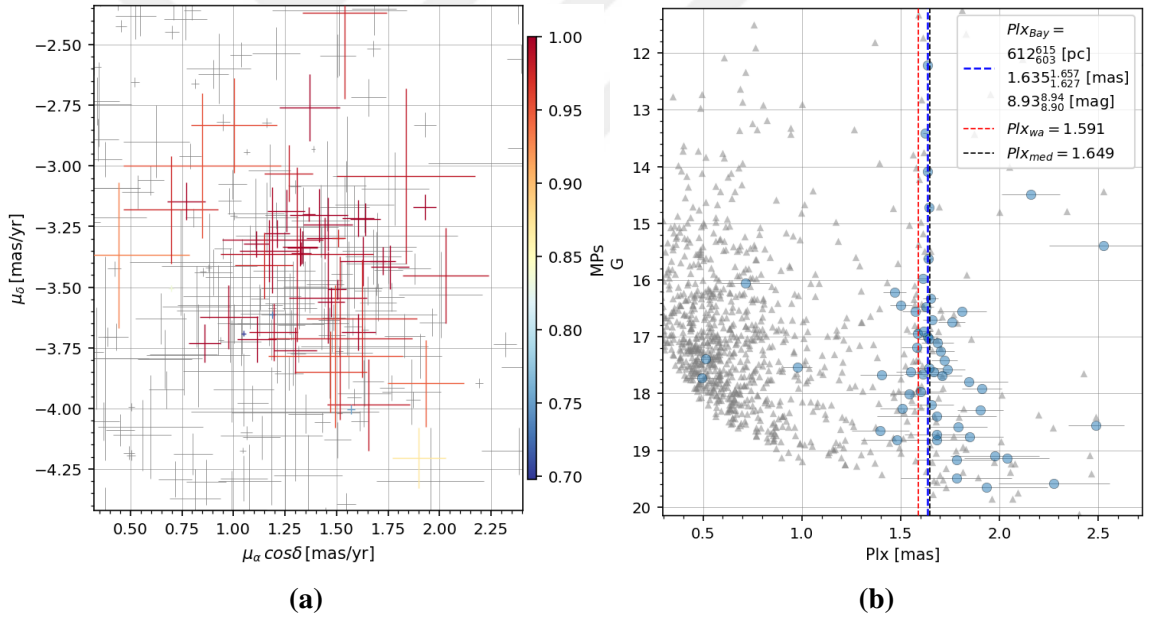
Hodapp (1994)'a göre bu açık küme bir moleküler bulutla yakın etkileşim içindedir. Yazar moleküler bulutun Güneş'ten $d = 700 \text{ pc}$ uzakta yer aldığını belirtmiştir. Bulutun kenar bölgelerindeki görece parlak yıldızların 5 tanesinin yıldızlararası maddeyle ilişkili olduğuna işaret etmiştir. Bu durum Cantat-Gaudin vd. (2020)'nin araştırmasında kümenin neden "çok kırmızı" olarak işaretlendiğini ve kümenin temel parametrelerinin elde edilmediğini de açıklamaktadır. Kümenin tez için GAIA verileriyle oluşturulan renk-parlaklık diyagramında saçılmadan ötürü iyi tanımlanabilecek bir anakol yapısı göstermediği görülmüştür. Yine de küme için kaba bir analiz yapılmaya çalışılmıştır. Ancak, özellikle yaş tayini konusunda, unutulmamalıdır ki elde ettiğimiz sonuçlar parametre uzayında bulunmuş bir yalancı pozitif sonuç olma ihtimali yüksektir. Yine de LDN 988e ($\mu_\alpha \cos \delta = 1.234 \pm 0.524 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -3.458 \pm 0.714 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 6.78 \pm 0.41 \text{ y}$) Cyg OB7 oymağının ($\mu_\alpha \cos \delta = -0.9 \pm 3.77 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_\delta = -2.47 \pm 0.68 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 7.11 \text{ y}$) sınırları içinde yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre küme ve oymağın öz hareket bileşenleri hata oranları içinde birbirine yakın sayılmaktadır. Kümenin yaşı oymağın yaşından daha genç olarak belirlenmiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.25, 4.26, 4.27 ve 4.28'de verilmiştir.



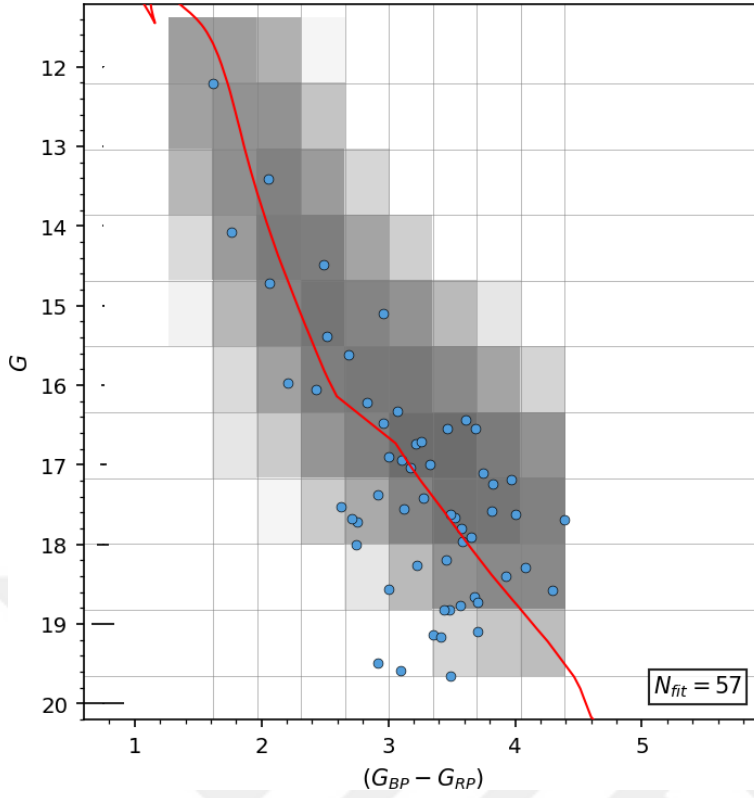
Şekil 4.25. LDN 988e açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.26. LDN 988e açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



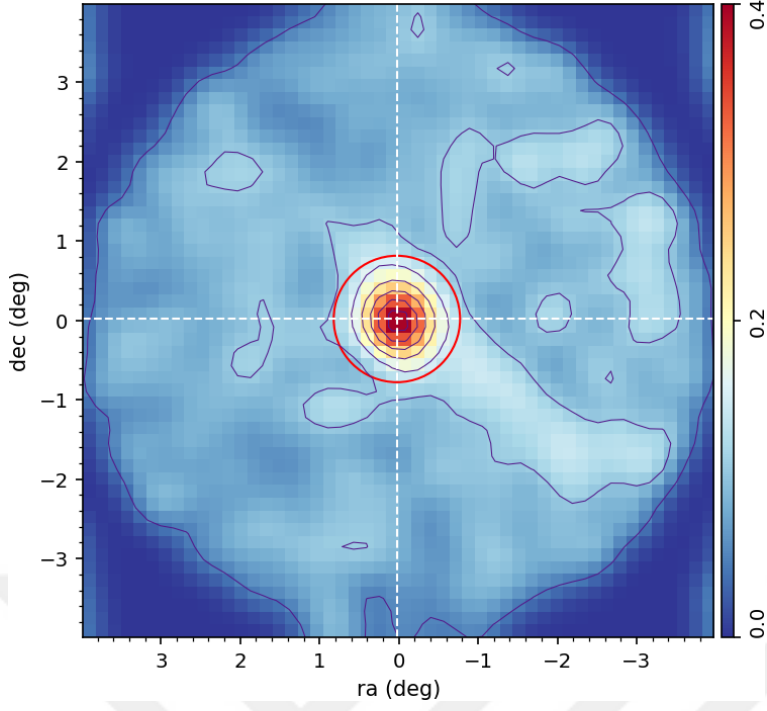
Şekil 4.27. (a) LDN 988e açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) LDN 988e açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



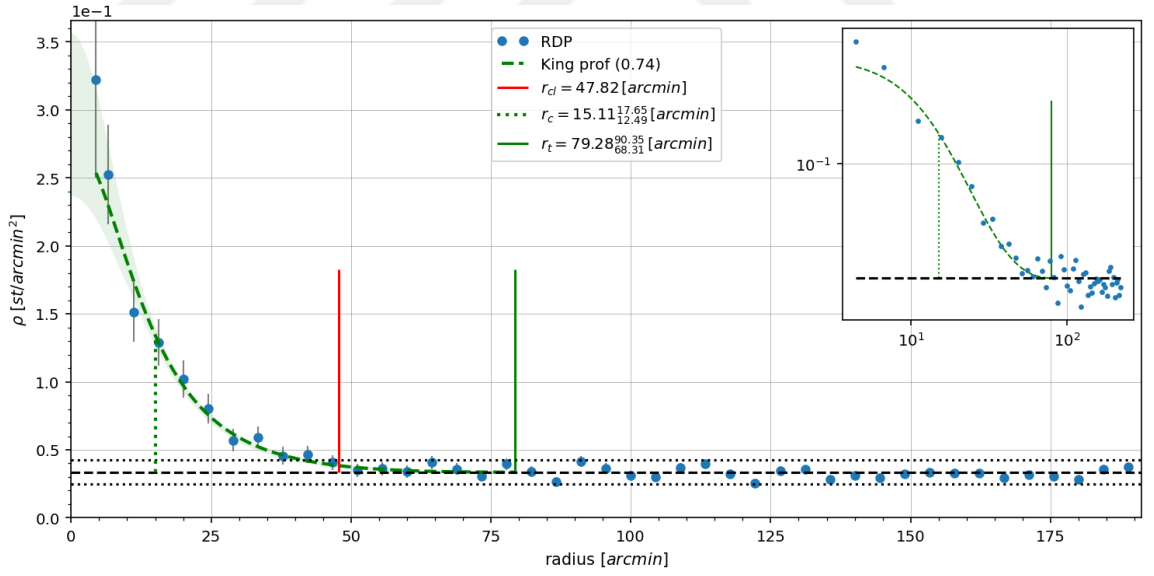
Şekil 4.28. LDN 988e açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.9. NGC 6991

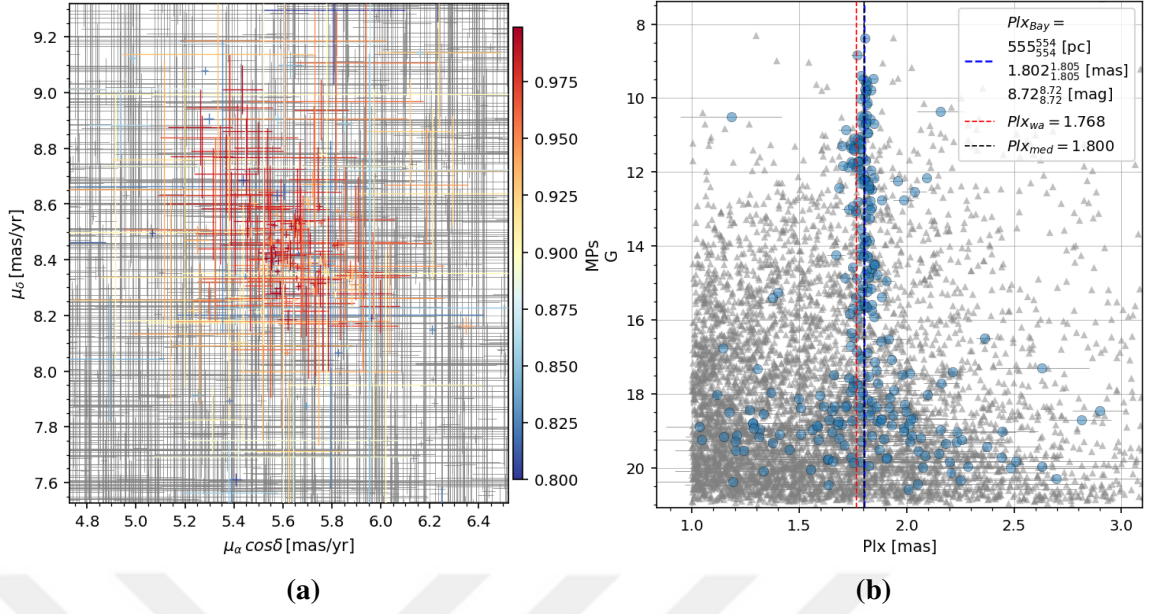
LDN 988e ve UPK 136 ile birlikte Cyg OB7 oymağı içinde yer alan üç açık kümeden biri olan NGC 6991 incelenen açık kümeler içinde en yaşlı olanıdır. Kharchenko vd. (2005) kümenin BV bandında fotometrik incelemesini yaparak ilk üyelik analizini gerçekleştirmişlerdir. Kümenin yaşını 1.3 Gy ve uzaklığını Güneş'ten 700 pc olarak belirlemişlerdir. Reddy ve Lambert (2019) öz hareket bileşenlerini $\mu_{\alpha} \cos \delta = 5.58 \pm 0.71 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = 8.49 \pm 0.72 \text{ mas y}^{-1}$, uzaklık modülünden elde edilen uzaklığı $d = 573 \pm 25 \text{ pc}$ ve yaşı $\log \tau = 9.0 \pm 0.1 \text{ y}$ olarak vermiştir. Bahsi geçen araştırmada bu tezde yapılanın aksine renk-parlaklık diyagramlarına eş yaş eğrileri gözle fit edilmiştir. Yine de tezde elde edilen sonuçlar ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 5.644 \pm 0.739 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = 8.395 \pm 0.783 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 9.10 \pm 0.39 \text{ y}$, $E(B - V) = 0.27^m \pm 0.13^m$) literatürdekilerden belirgin şekilde ayrılmamaktadır. Ancak açık kümenin öz hareket bileşenleri oymağinkilerle uyum göstermemektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.29, 4.30, 4.31 ve 4.32'de verilmiştir.



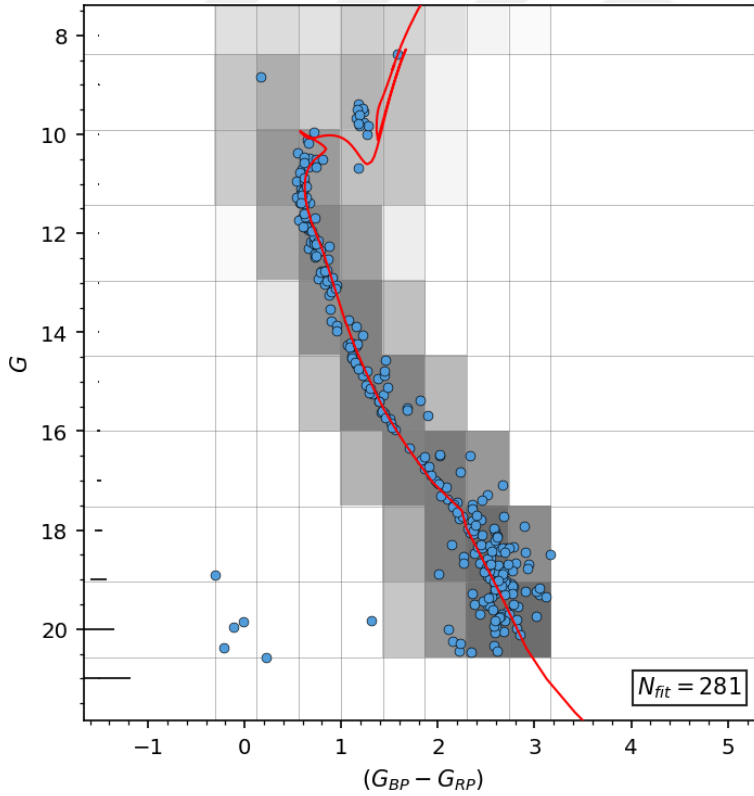
Şekil 4.29. NGC 6991 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.30. NGC 6991 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



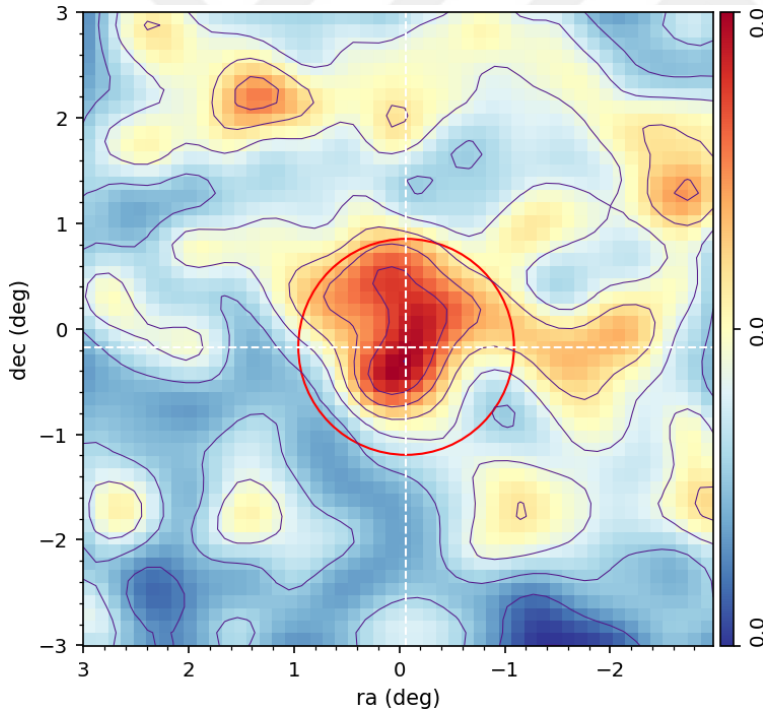
Şekil 4.31. (a) NGC 6991 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6991 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



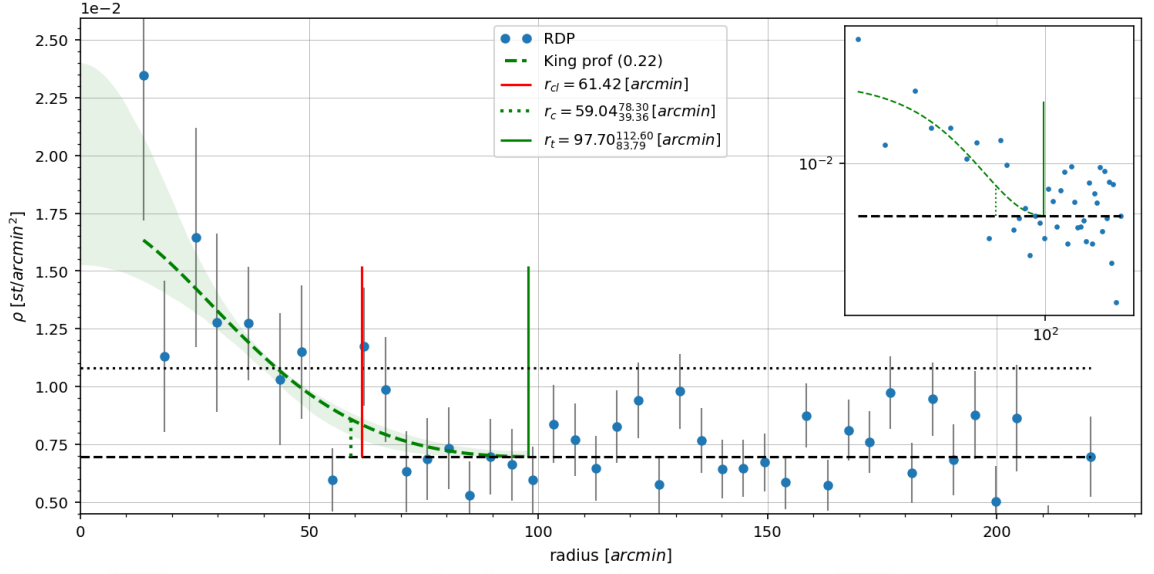
Şekil 4.32. NGC 6991 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.10. UPK 136

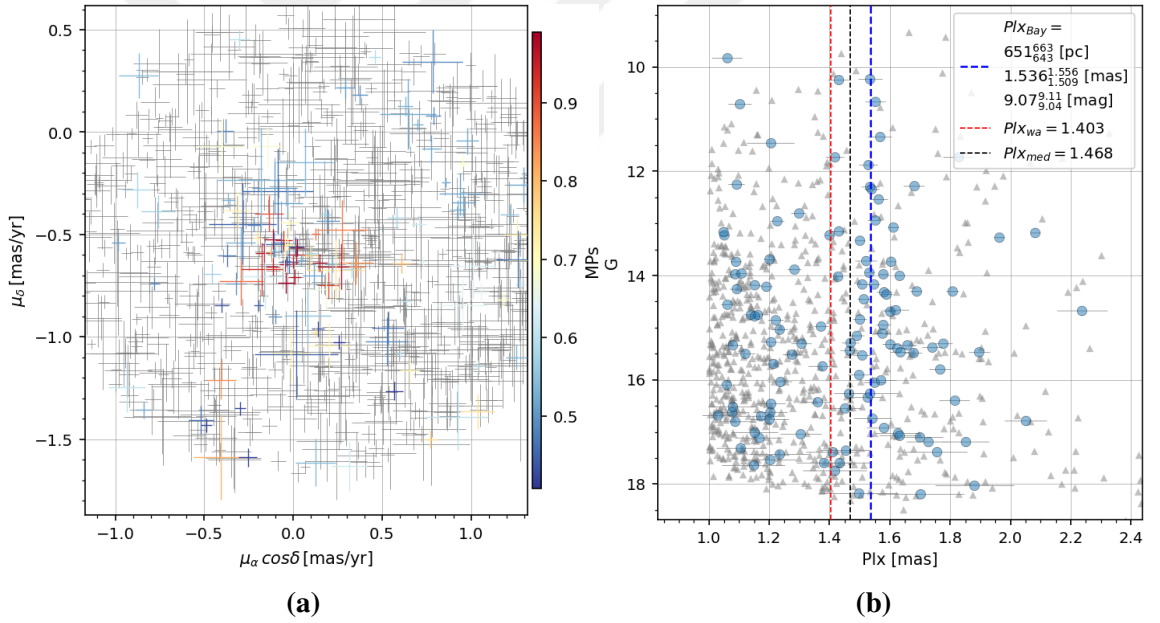
Yakın zaman önce yeni keşfedilen açık kümeler gibi UPK 136'nın da literatürde az sayıda yayını mevcuttur. Cantat-Gaudin ve Anders (2020) tarafından öz hareket uzayında açık küme olduğu belirlenerek GOCII katalogunda listelenmiştir. Kümenin uzaklığı $d = 645.7 \text{ pc}$ olarak verilmiştir. Böylece kümenin Cyg OB7 sınırlarında yer aldığı belirlenmiştir. Cantat-Gaudin vd. (2020)'ye göre kümenin yaşı $\log \tau = 8.06$ yıldır. Bu tez araştırmasında yapılan analiz sonucunda $\log \tau = 8.45 \pm 0.36 \text{ y}$ yaşa sahip olarak kümenin daha önce açıklanandan biraz daha yaşlı olması gerektiği bulunmuştur. Ancak, Cyg OB7 için verilen $\log \tau = 7.11 \text{ y}$ yaşı dikkate alındığında her iki çıkarım da kümenin oymaktan çok daha yaşlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca UPK 136'nın ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.176 \pm 0.541 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.622 \pm 0.413 \text{ mas y}^{-1}$) etrafındaki oymakla öz hareket bileşenleri karşılaştırıldığında, Cyg OB7'nin ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.90 \pm 3.77 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.47 \pm 0.68 \text{ mas y}^{-1}$) hata aralığı çok geniş olmasına rağmen iyi bir uyum göstermedikleri belirlenmiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.33, 4.34, 4.35 ve 4.36'da verilmiştir.



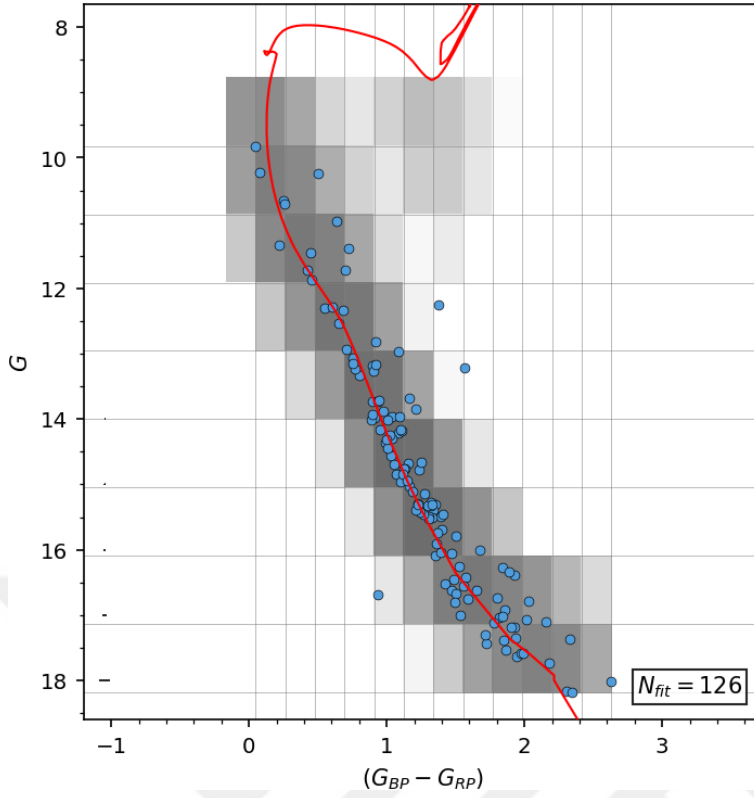
Şekil 4.33. UPK 136 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.34. UPK 136 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



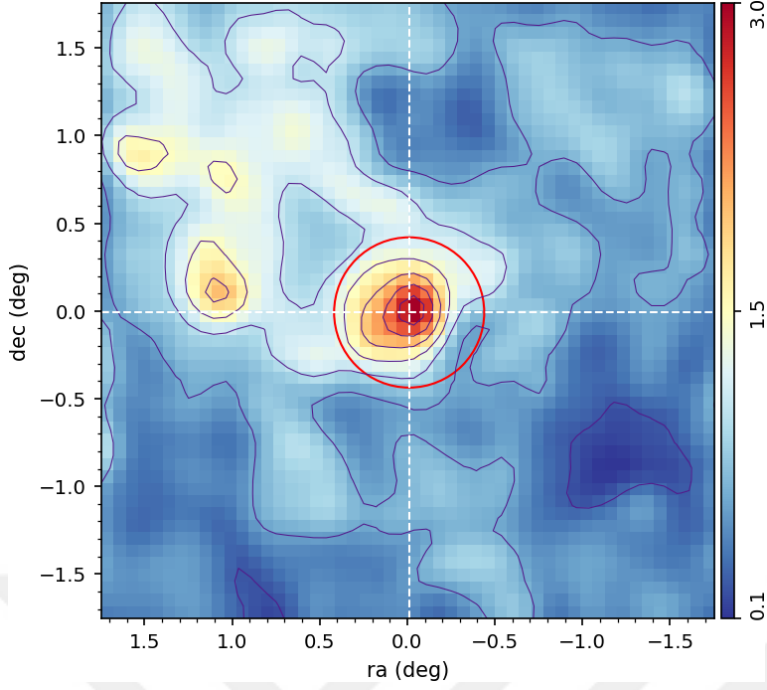
Şekil 4.35. (a) UPK 136 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UPK 136 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



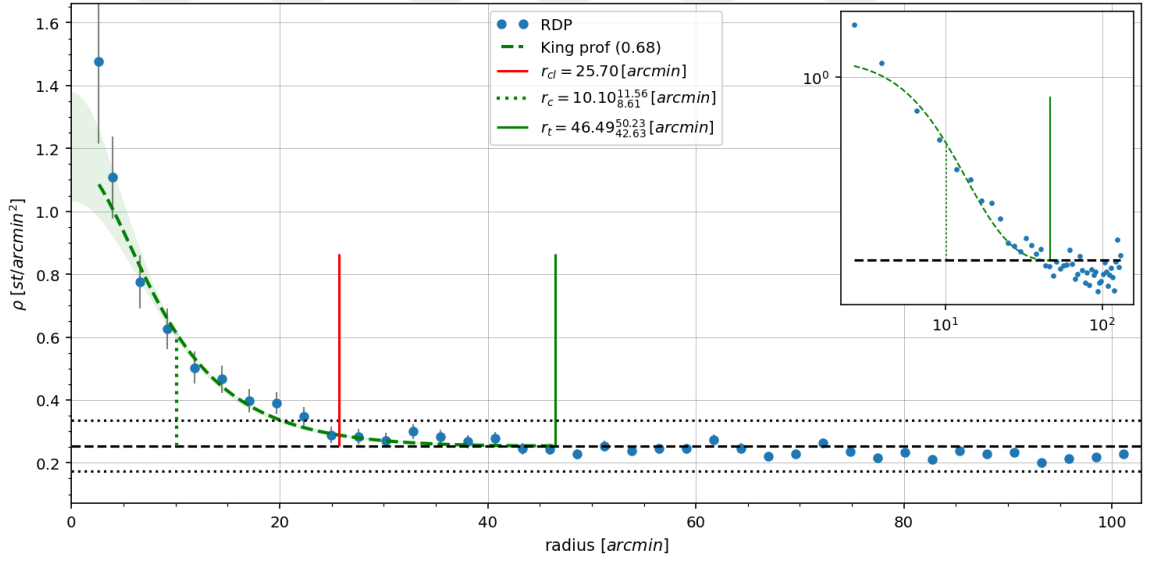
Şekil 4.36. UPK 136 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.11. NGC 6871

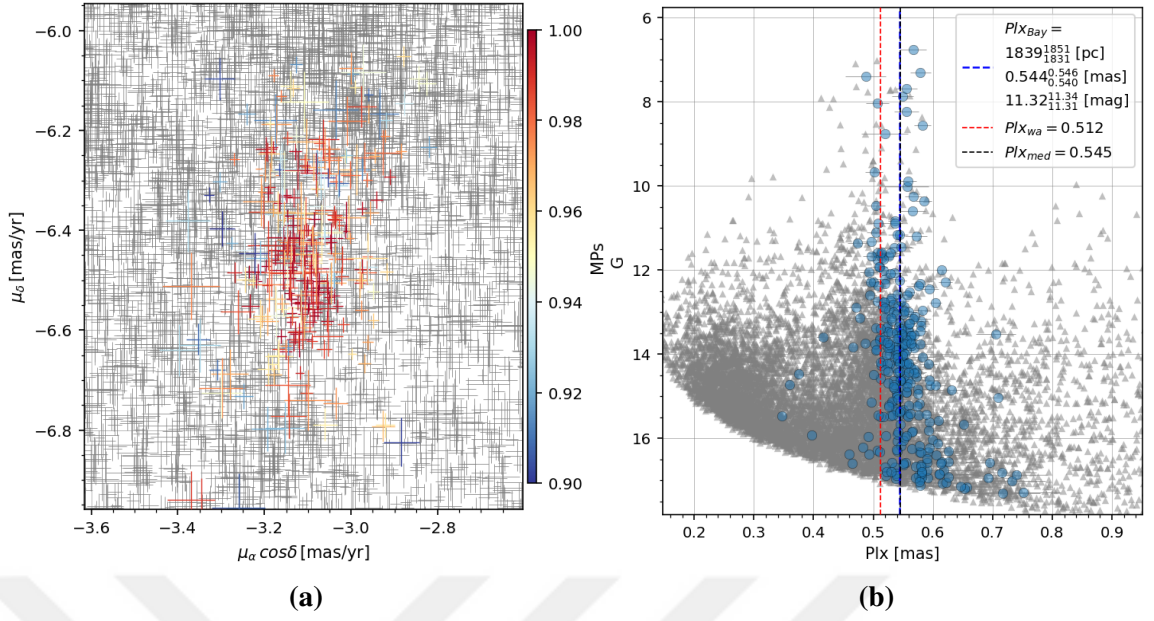
Seyrek bir yapıda olan NGC 6871 açık kümesinin Cyg OB3 oymağı ile olan etkileşimi ilk defa Garmany ve Stencel (1992) tarafından ortaya atılmıştır. Küme literatürde fotometrik ve spektroskopik gözlemlerle kapsamlı inceleme altına alınmıştır. Balog ve Kenyon (2002) kümenin yaşını yaklaşık $\log \tau = 7$ y olarak belirlemiştir. Daha güncel olarak Cantat-Gaudin vd. (2020) araştırmalarında kümenin $\log \tau = 6.74$ y yaşında olduğunu açıklamışlardır. Bu tez araştırmasında da buna çok yakın bir yaş tayini ($\log \tau = 6.87 \pm 0.11$ y) yapılmıştır. Oymağın yaşı $\log \tau = 6.99 \pm 0.09$ y olduğundan küme ve oymağın aynı anda oluştuğu bariz şekilde görülmektedir. Yine bu tez araştırmasında belirlenen öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = -3.09 \pm 0.30$ $mas\ y^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -6.51 \pm 0.18$ $mas\ y^{-1}$ oymağın Mel'nik ve Dambis (2017) tarafından verilen $\mu_{\alpha} \cos \delta = -3.132 \pm 0.370$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -6.458 \pm 0.456$ $mas\ y^{-1}$ öz hareket bileşenleriyle mükemmel bir uyum göstermektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.37, 4.38, 4.39 ve 4.40'ta verilmiştir.



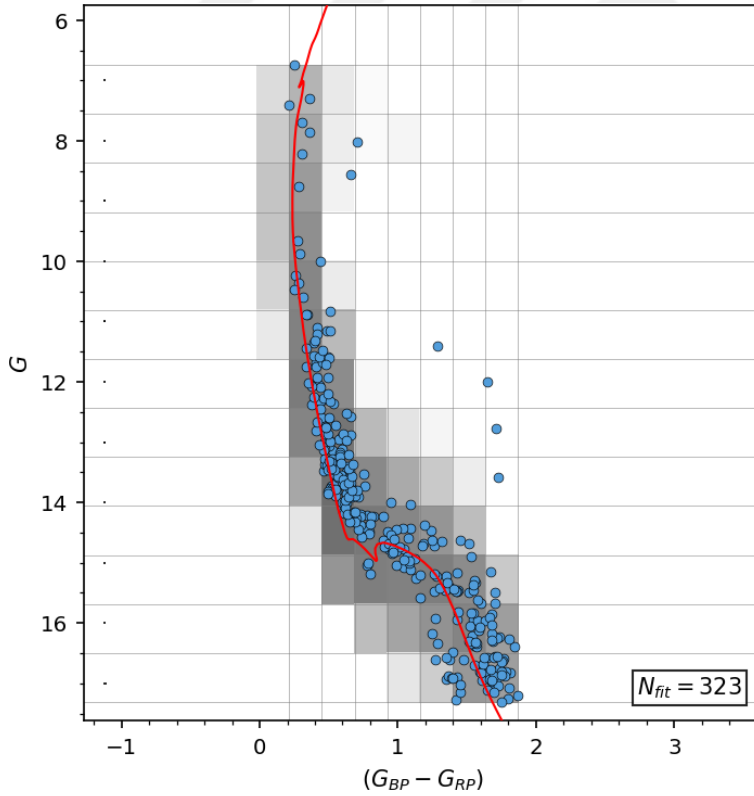
Şekil 4.37. NGC 6871 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.38. NGC 6871 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



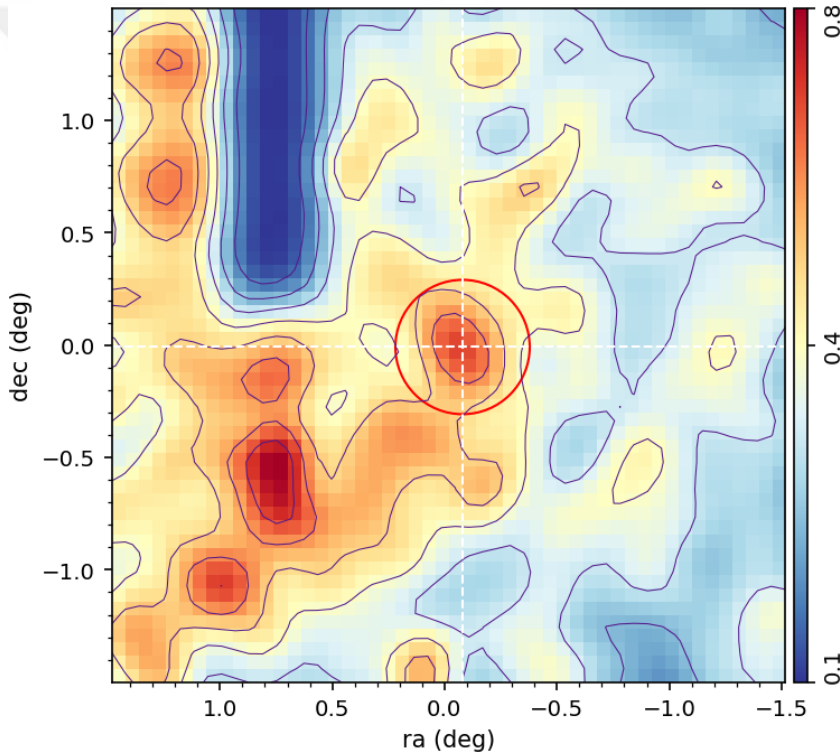
Şekil 4.39. (a) NGC 6871 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6871 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



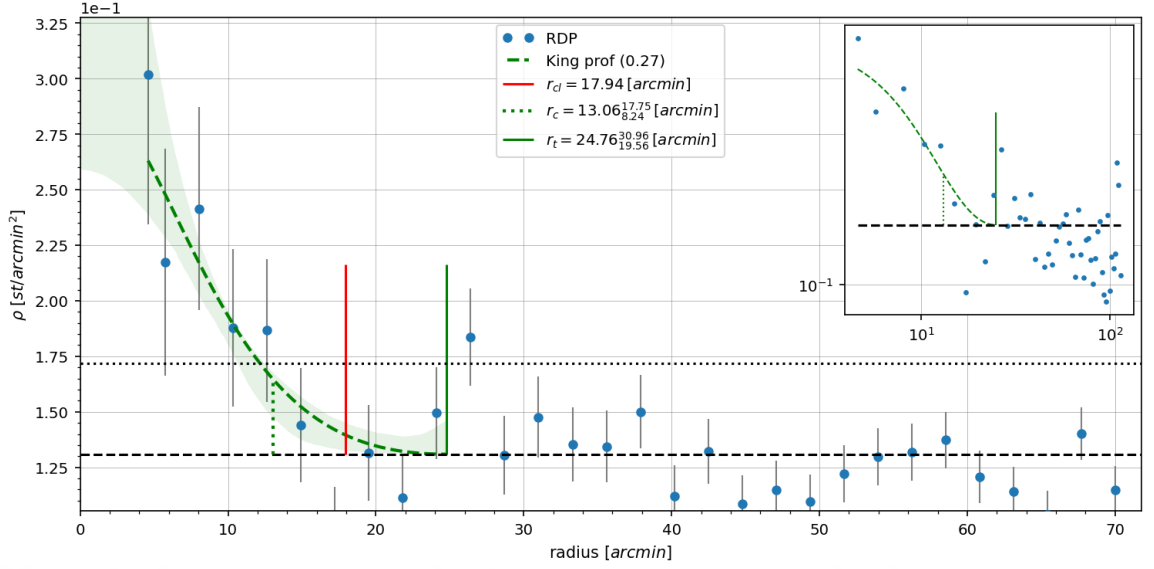
Şekil 4.40. NGC 6871 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.12. Gulliver 53

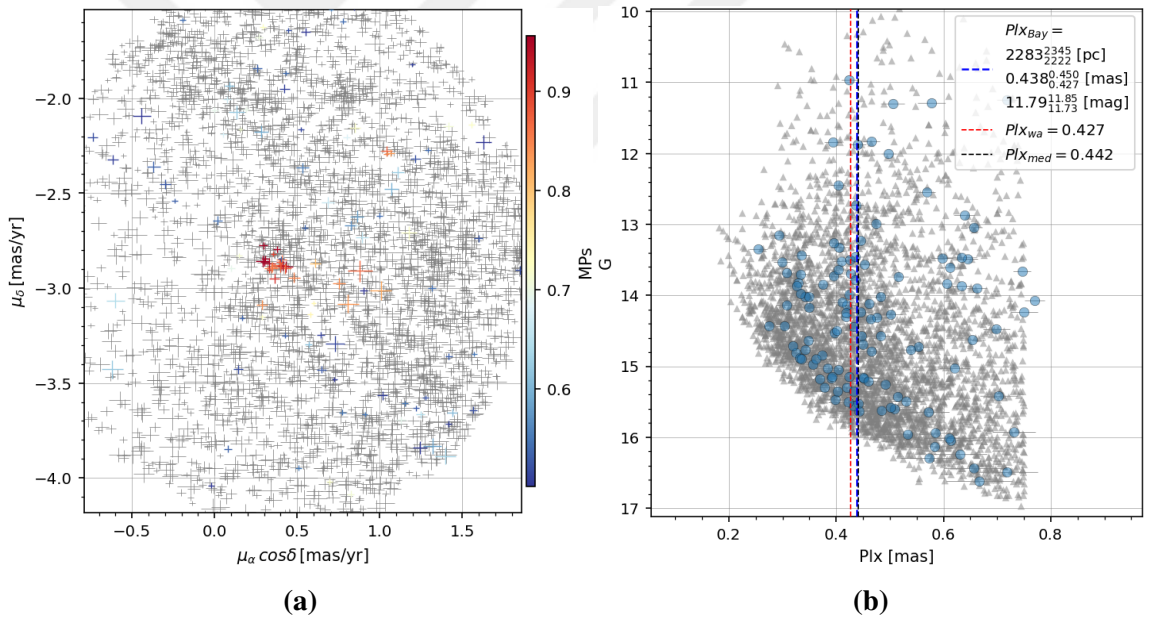
Literatürde Gulliver 53 üzerine yapılmış bireysel bir araştırma mevcut değildir. GOCII kataloğunda kümenin Güneş'e olan uzaklığı $d = 2.6 \text{ kpc}$ olarak verilmiştir. Küme merkezinin gök koordinatlarıyla birlikte uzaklığı onu Aur OB2 oymağı sınırları içine yerleştirmektedir. Açık kümenin tezde yapılan incelemeyle belirlenen yaşının ($\log \tau = 8.62 \pm 0.23 \text{ y}$) oymağın yaşına ($\log \tau = 6.74 \text{ y}$) göre çok daha büyük olduğu görülmüştür. Yapılan analize göre kümenin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.600 \pm 0.526 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.752 \pm 0.658 \text{ mas y}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aur OB2'nin öz hareket bileşenleriyle karşılaştırma yapıldığında ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.19 \pm 0.84 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.15 \pm 0.3 \text{ mas y}^{-1}$) hata oranları çerçevesinde dahi uyum gözlenememiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.41, 4.42, 4.43 ve 4.44'te verilmiştir.



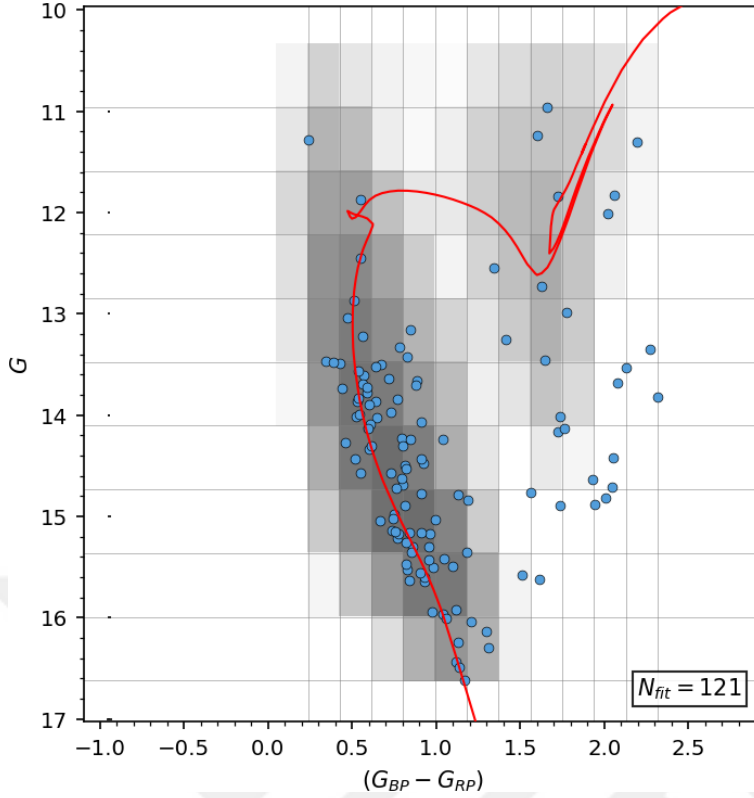
Şekil 4.41. Gulliver 53 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.42. Gulliver 53 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



Şekil 4.43. (a) Gulliver 53 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 53 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi

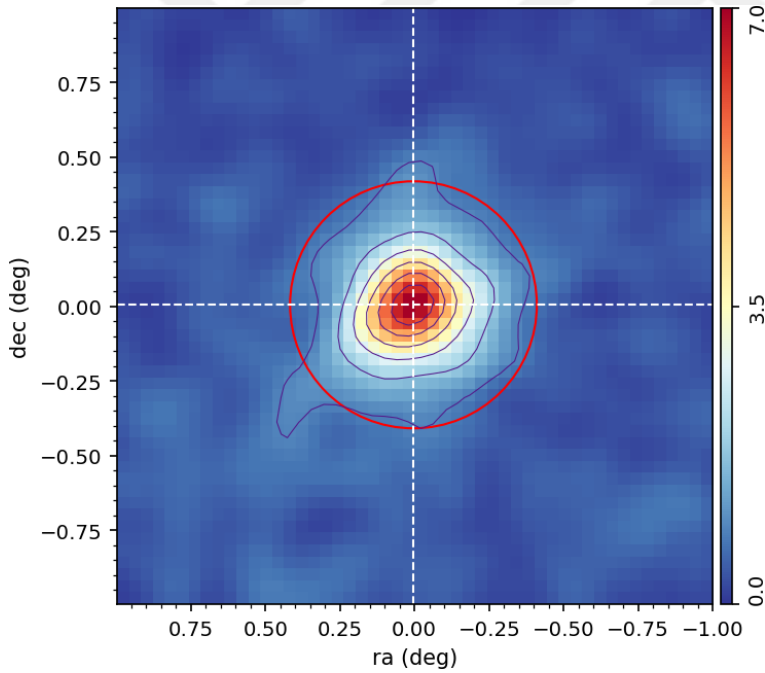


Şekil 4.44. Gulliver 53 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

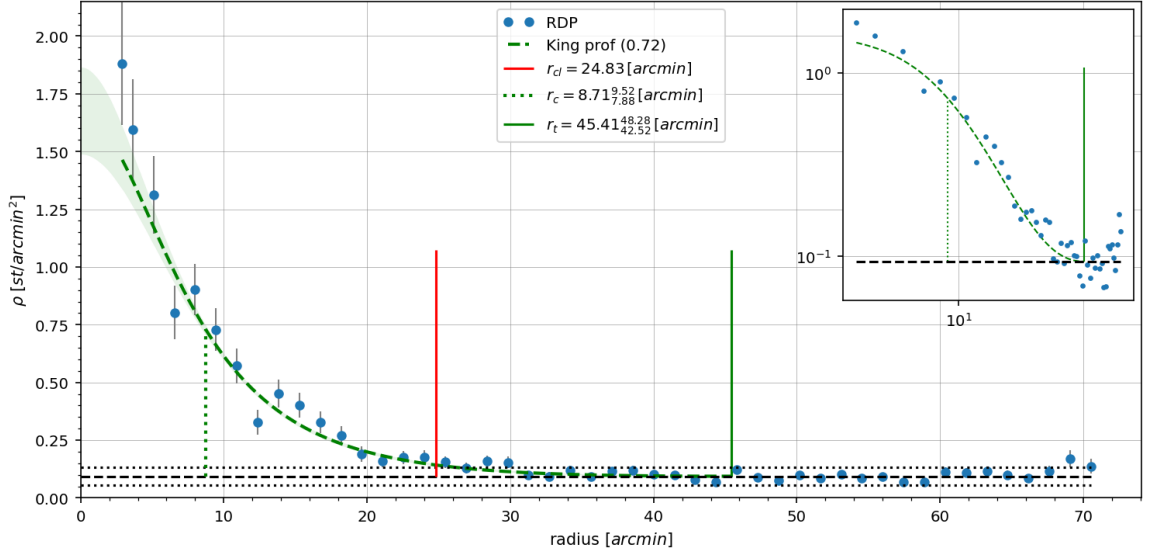
4.1.13. NGC 1912

M38 olarak da bilinen NGC 1912 galaksi merkezine zıt doğrultudaki Aur OB1 oymağı içinde konumlanmış bir açık kümedir. Literatürde geniş yer bulan küme on yıllar boyunca hem fotometrik ve spektroskopik gözlemlerle incelenmiş hem de kapsamlı açık küme kataloglarındaki yerini almıştır (Örneğin; Messier 1781; Alter vd. 1970; Ruprecht vd. 1983; Dias vd. 2002; Kharchenko vd. 2016; Sampedro vd. 2017; Cantat-Gaudin ve Anders 2020). 1961 yılında kümenin uzaklığı ve maruz kaldığı kızıllaşma miktarı hakkındaki $d = 1320 \text{ pc}$ ve $E(B - V) = 0.27^m$ çıkarımı Johnson vd. (1961) tarafından yapılmıştır. Hoag ve Applequist (1965) $d = 871 \text{ pc}$ uzaklığına tekabül eden uzaklık modülünü 9.7^m olarak hesaplamıştır. GAIA döneminden çok uzun zaman önce Mills (1967) kümedeki yüzlerce yıldızın öz hareket bilgilerini yayınlamıştır. Subramaniam ve Sagar (1999) *BVR* bandlarında ilk CCD gözlemlerini gerçekleştirmiş, bunun yanında kümenin en parlak 15 yıldızının tayflarını elde ederek incelemiştir. Yaptıkları analizde önceki tahminlerin aksine kümenin uzaklığını $d = 1820 \text{ pc}$ olarak belirlemişlerdir. NGC 1912'nin 250 My yaşında olduğunu belirtmiş, bölgede kümeye yakın aynı yaşta başka bir açık küme (NGC 1907) olduğunu ve bunların bir çift küme sistemi oluşturduğunu önermişlerdir. Ancak güncel uzaklık bilgileri (Cantat-Gaudin ve Anders 2020) her iki kümeyi birbirinden yaklaşık 500 pc uzakta olduklarını göstermiştir. Bu mesafe Aur OB1

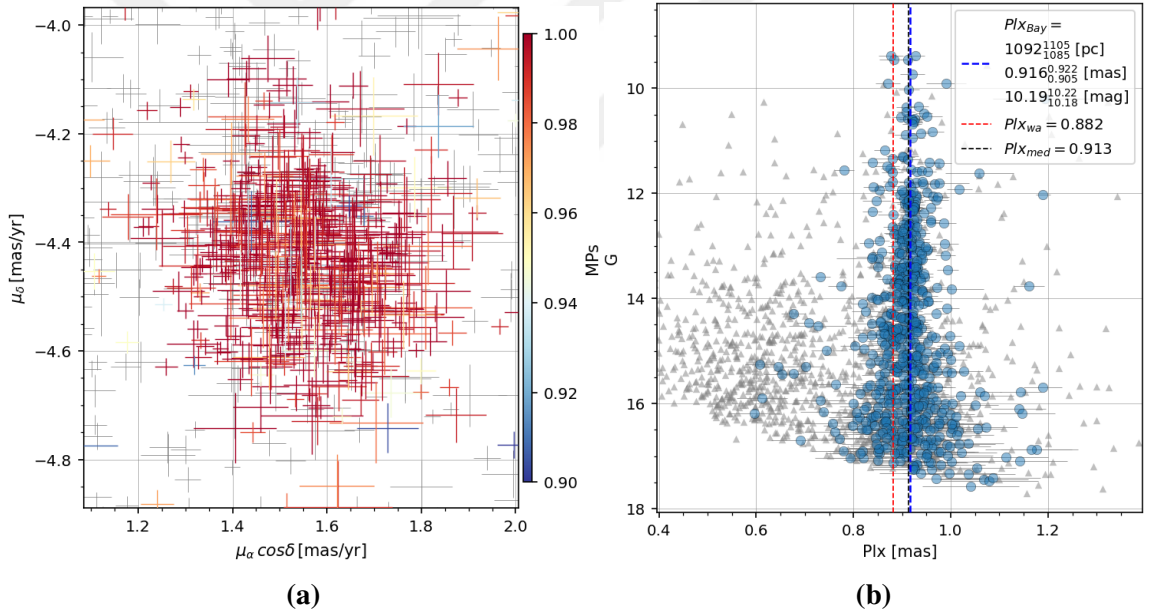
oymağının yarıçapının neredeyse 9 katıdır. Dolayısıyla NGC 1907 incelenecek açık kümeleri belirleme kriterlerimize uygunluk göstermemiş ve Çizelge 3.1’de yer almamıştır. NGC 1912’nin DAML02 kataloğunda uzaklık, öz hareket ve yaş bilgileri sıradaki gibi listelenmiştir: $d = 1.066 \pm 0.213 \text{ pc}$, $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.23 \pm 0.17 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -5.44 \pm 0.19 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\log \tau = 8.46 \text{ y}$. Cantat-Gaudin vd. (2020) kümenin uzaklığını $d = 1104 \text{ pc}$, öz hareket bileşenlerini $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.580 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -4.424 \text{ mas y}^{-1}$ ve yaşını $\log \tau = 8.47 \text{ y}$ olarak açıklamıştır. Li vd. (2021) kümenin önceki araştırmalarda belirtilenden $\log \tau = 8.75 \text{ y}$ ile daha yaşlı ve kızıllaşma miktarının $E(B - V) = 0.307^m$ olduğunu söylemişlerdir. Bu tez araştırmasında NGC 1912’nin öz hareket bileşenleriyle yaşı için $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.538 \pm 0.348 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -4.412 \pm 0.334 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 8.60 \pm 0.04 \text{ y}$ ($\approx 400 \text{ My}$) sonuçlarına ulaşılmıştır. Aur OB1 oymağının yaşı literatürde $\tau = 16.5 \pm 5.5 \text{ My}$ olarak verildiği düşünüldüğünde açık kümenin oymaktan tartışmasız şekilde çok daha yaşlı olduğu anlaşılmıştır. Bunun yanında küme ve oymak arasında (Aur OB1 için, $\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.07 \pm 0.51 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.74 \pm 0.30 \text{ mas y}^{-1}$) uyumlu bir uzay hareketi de gözlenmemektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.45, 4.46, 4.47 ve 4.48’de verilmiştir.



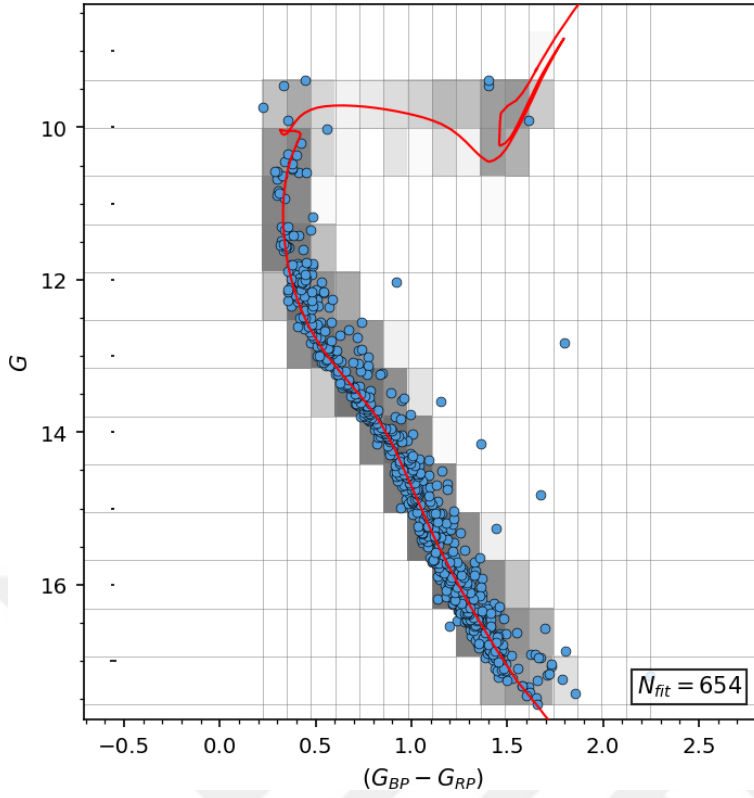
Şekil 4.45. NGC 1912 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.46. NGC 1912 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



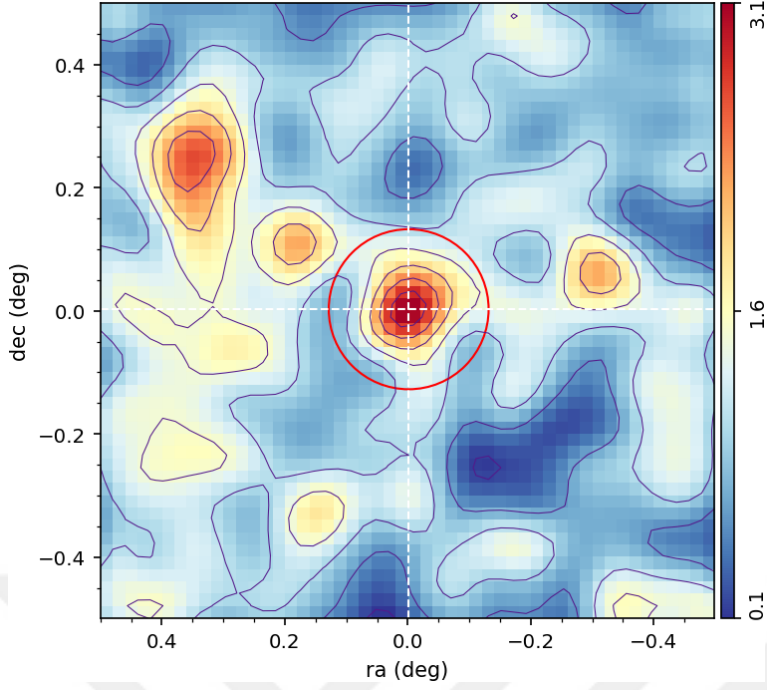
Şekil 4.47. (a) NGC 1912 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 1912 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



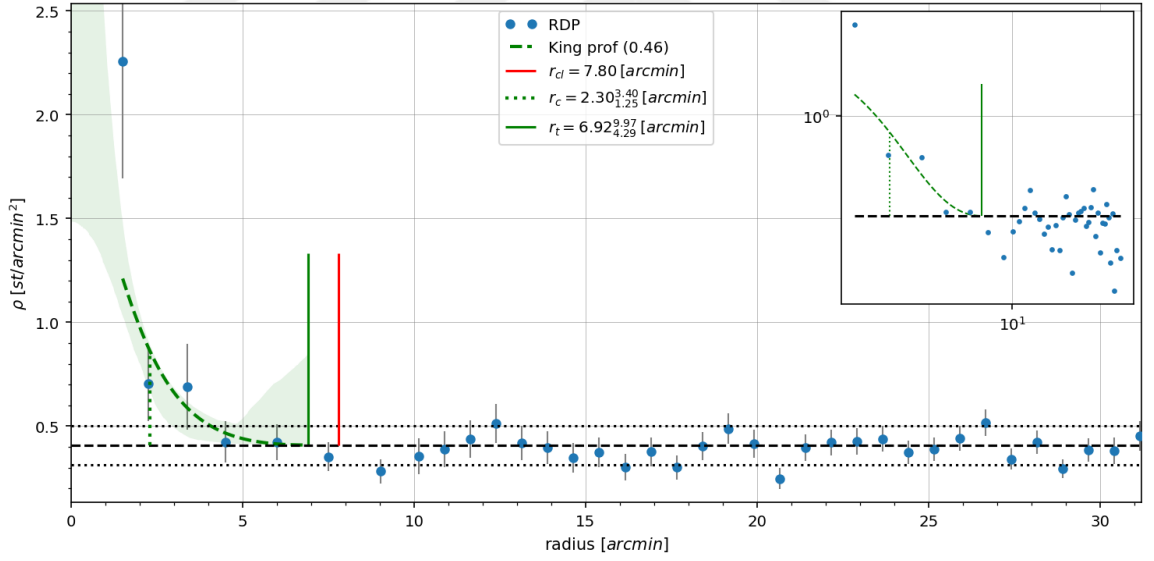
Şekil 4.48. NGC 1912 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.14. Gulliver 8

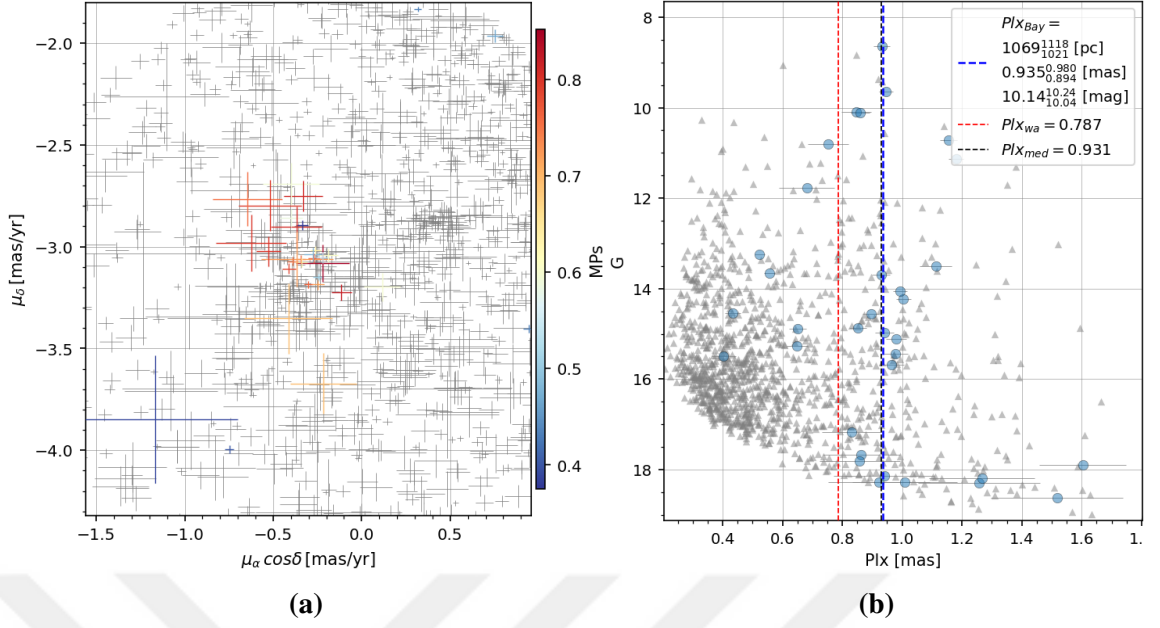
İlk defa Cantat-Gaudin vd. (2018) tarafından GOC kataloğunda açık küme olarak listelenen Gulliver 8'in literatürde üzerine yapılmış özel bir araştırma bulunmamaktadır. Konumuna göre Aur OB1 oymağı içinde yer alan kümenin yaşı $\log \tau = 7.25$ y ve öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.156 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.982 \text{ mas y}^{-1}$ olarak Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından verilmiştir. Tez araştırmasında elde edilen sonuca göre kümenin yaşı $\log \tau = 7.47 \pm 0.26$ y olarak belirlenmiştir. Her iki yaş tayinine göre kümenin oymakla (Aur OB1 için $\log \tau = 7.19 \pm 0.15$ y) yıldız oluşum süreçlerinin birbirine yakın zamanda başladığını söylemek mümkündür. Öz hareket bileşenlerinin $\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.136 \pm 0.578 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -3.064 \pm 0.403 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplandığı açık kümenin çevresindeki Aur OB1 oymağıyla ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.07 \pm 0.51 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.74 \pm 0.30 \text{ mas y}^{-1}$) benzer bir harekete sahip olduğu görülmüştür. Analiz çıktıları Şekil 4.49, 4.50, 4.51 ve 4.52'de verilmiştir.



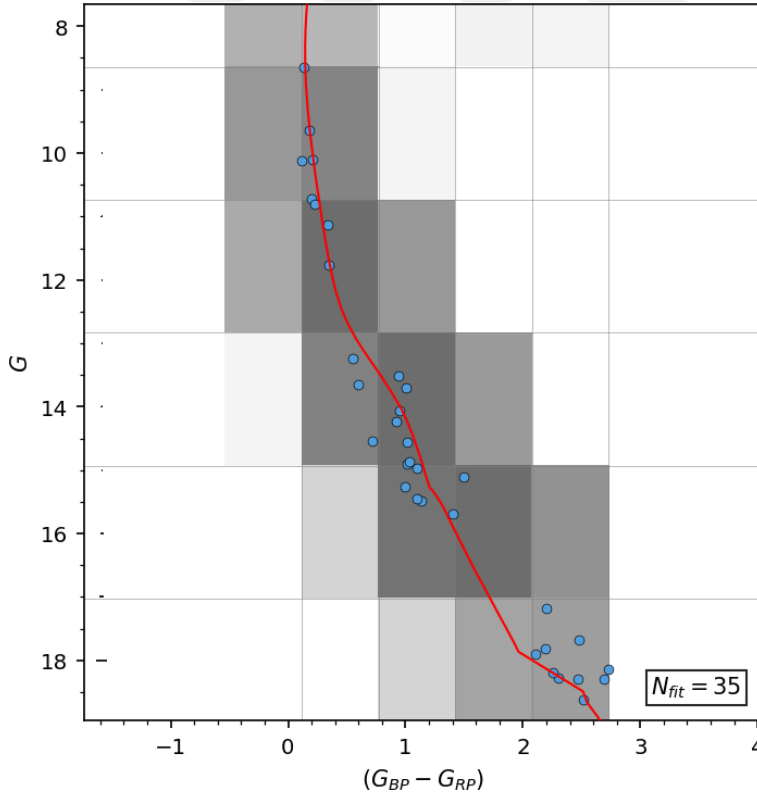
Şekil 4.49. Gulliver 8 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.50. Gulliver 8 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



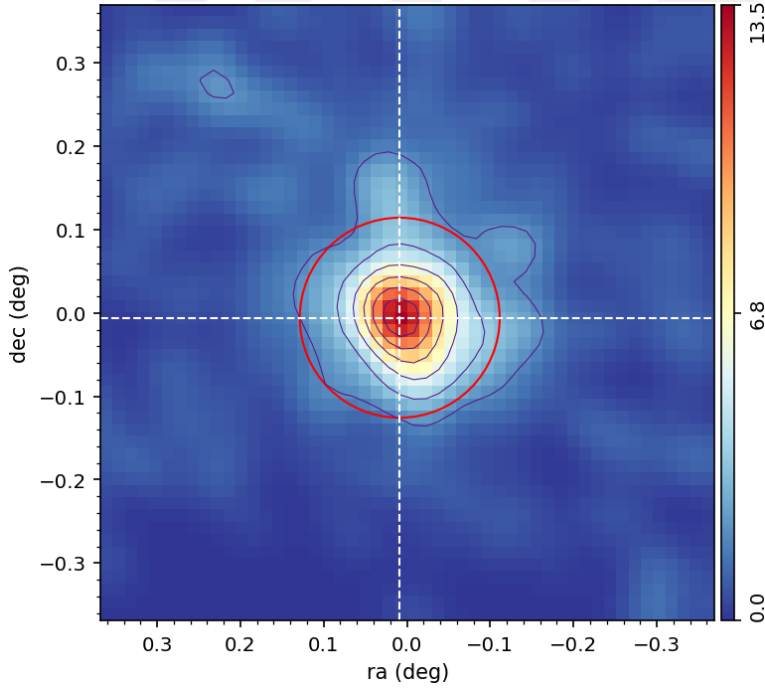
Şekil 4.51. (a) Gulliver 8 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 8 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



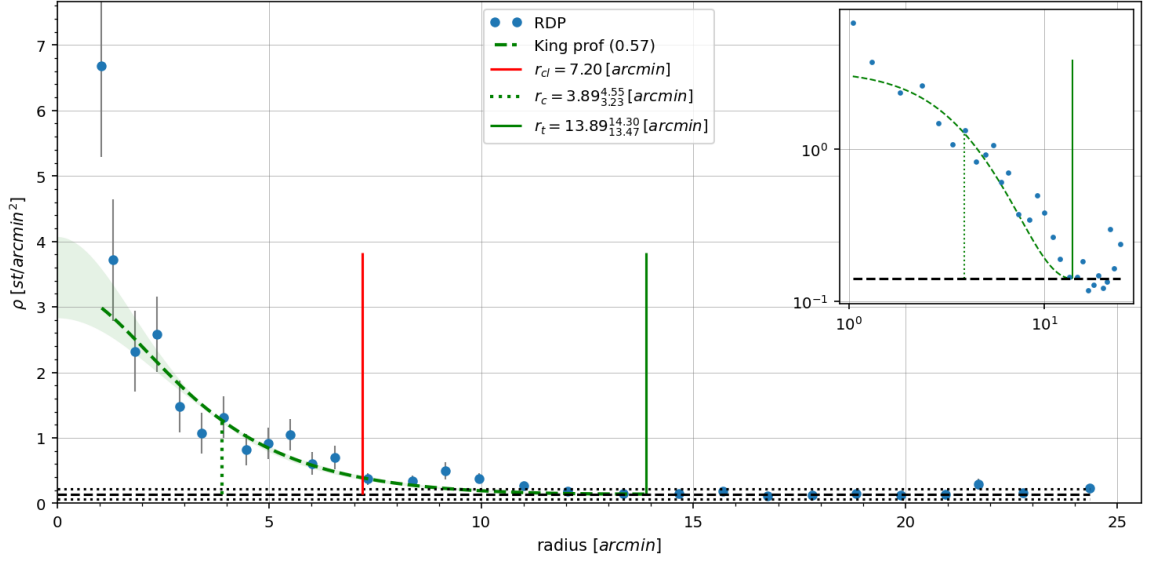
Şekil 4.52. Gulliver 8 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.15. IC 348

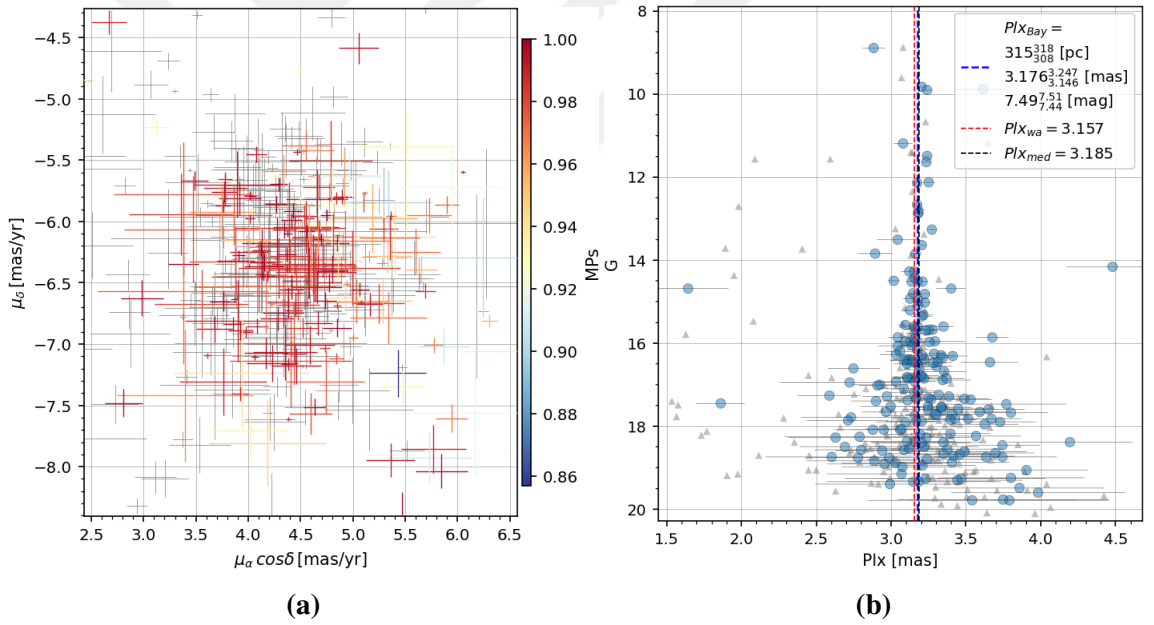
IC 348 Kounkel vd. (2022)'ye göre Per OB2 oymağını oluşturan iki moleküler bulutun ortasında yer almaktadır. Aynı araştırmada yazarlar kümenin yaşını $\log \tau = 6.4$ y olarak belirlemişlerdir. Cantat-Gaudin vd. (2020) ve bu tez araştırmasında sırasıyla $\log \tau = 7.07$ y ve $\log \tau = 7.14 \pm 0.40$ y olacak şekilde yapılan çıkarımda IC 348'in biraz daha yaşlı bir küme olma olasılığı da mevcuttur. Bally vd. (2008) oymağın yaşını $\log \tau = 6.5 \pm 0.2$ y olarak hesaplamış ve halen aktif yıldız oluşum süreçlerine ev sahipliği ettiğine dikkat çekmiştir. Tetzlaff vd. (2010) oymak yaşını $\log \tau = 6.75 \pm 0.15$ y olarak vermiştir. Araştırmamızda küme için elde edilen yaşın hata sınırları dahilinde oymakla birbirine yakın olduğunu söylemek mümkündür. Bu tezde yapılan hesaplarımıza göre açık küme için belirlenen öz hareket bileşenlerinin de ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 4.616 \pm 0.926$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -6.391 \pm 0.722$ $mas\ y^{-1}$) ilgili oymakla ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 3.53 \pm 0.15$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -4.50 \pm 3.89$ $mas\ y^{-1}$) yine hata payları içinde nispeten uyumlu olduğu söylenebilmektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.53, 4.54, 4.55 ve 4.56'da verilmiştir.



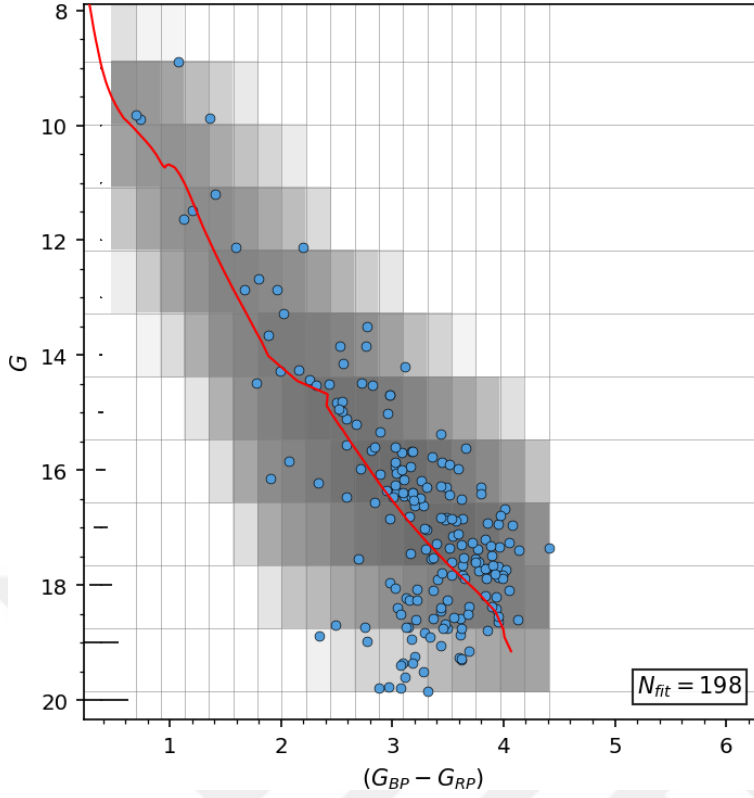
Şekil 4.53. IC 348 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.54. IC 348 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



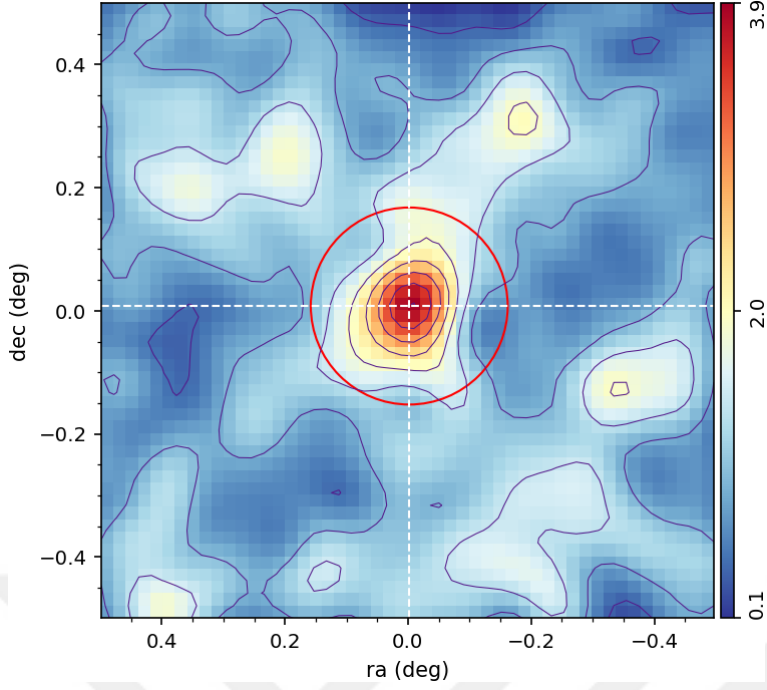
Şekil 4.55. (a) IC 348 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) IC 348 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



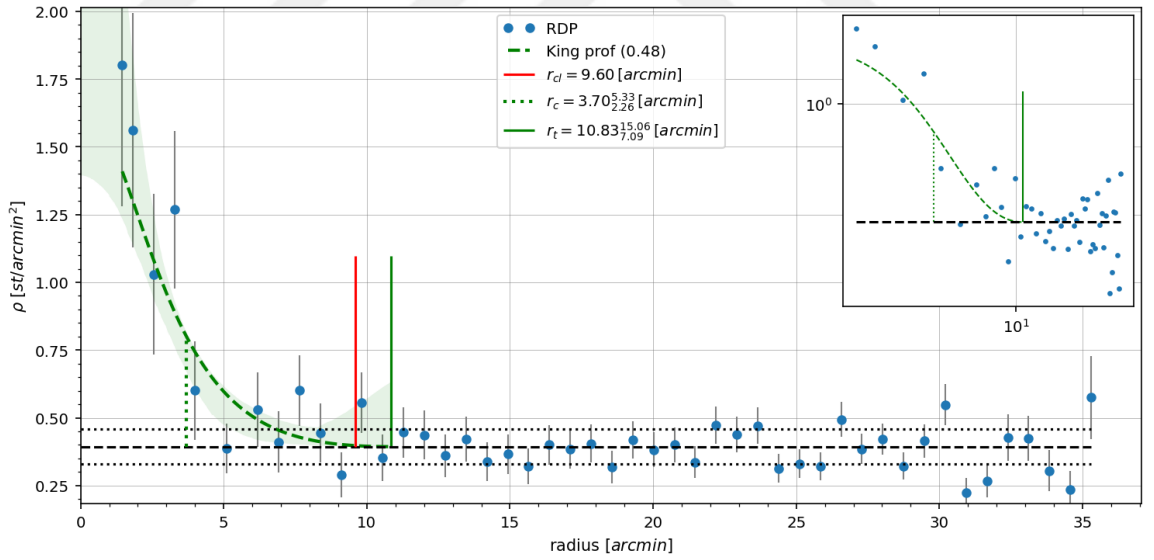
Şekil 4.56. IC 348 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.16. Gulliver 37

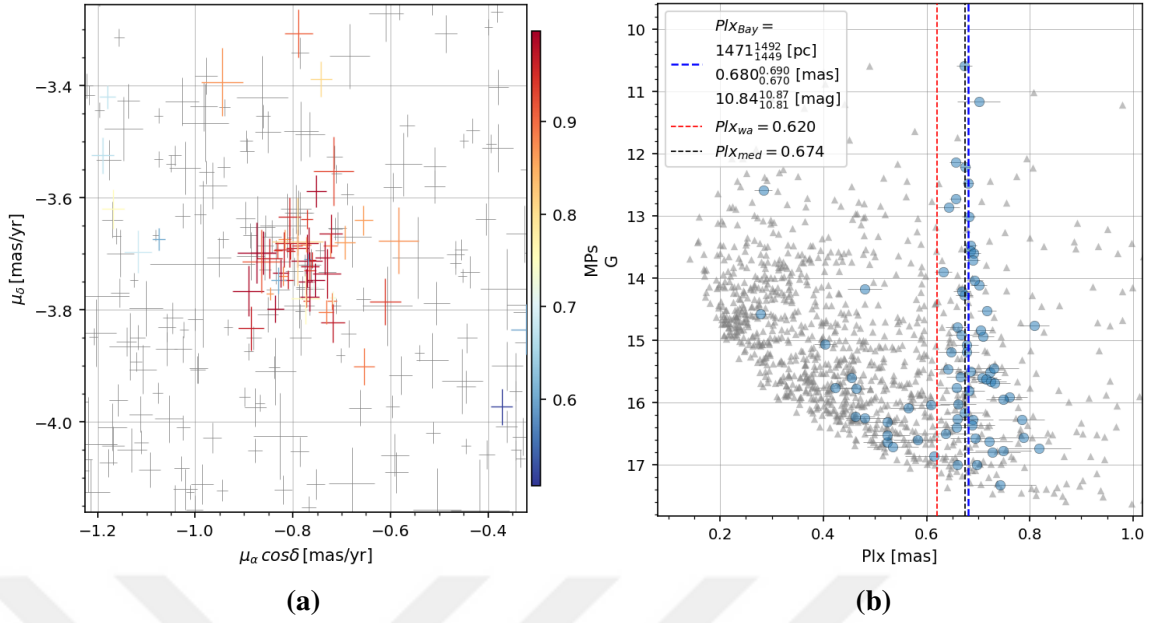
Literatürde Gulliver 37 kümesine özel olarak yürütülmüş bir araştırma bulunmamaktadır. Kümenin konumu onu Vul OB1 oymağı içine yerleştirmektedir. Cantat-Gaudin vd. (2020) yaş ve öz hareket bileşenlerini $\log \tau = 8.55$ y ve $\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.775 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -3.740 \text{ mas y}^{-1}$ olarak vermiştir. Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlar bu değerlere oldukça yakın çıkmıştır. Gulliver 37 için belirlenen yaş $\log \tau = 8.59 \pm 0.60$ yıldır ve oymak için verilen $\log \tau = 7.1 \pm 0.1$ y yaşından oldukça büyüktür. Açık küme için elde edilen ortalama öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.750 \pm 0.383 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -3.738 \pm 0.339 \text{ mas y}^{-1}$) literatürdeki değerle neredeyse tam bir uyum içindedir. Ayrıca, Vul OB1 oymağının öz hareket bileşenleriyle ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.74 \pm 1.1 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -4.74 \pm 0.52 \text{ mas y}^{-1}$) hata payları çerçevesinde tam uyumlu olmasa da birbirine yakın öz hareket vektörlerine sahip oldukları görülmüştür. Analiz çıktıları Şekil 4.57, 4.58, 4.59 ve 4.60'ta verilmiştir.



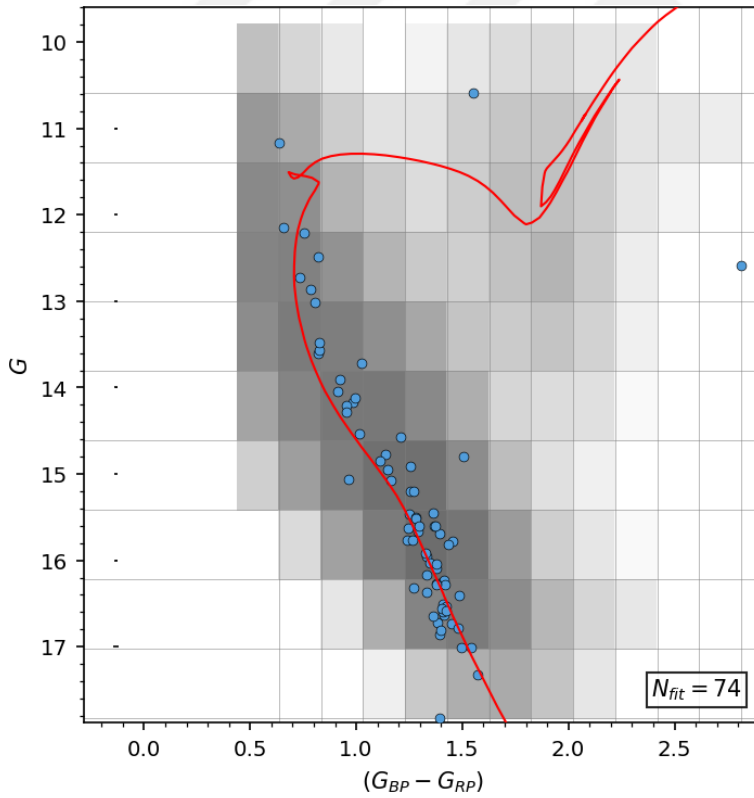
Şekil 4.57. Gulliver 37 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.58. Gulliver 37 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



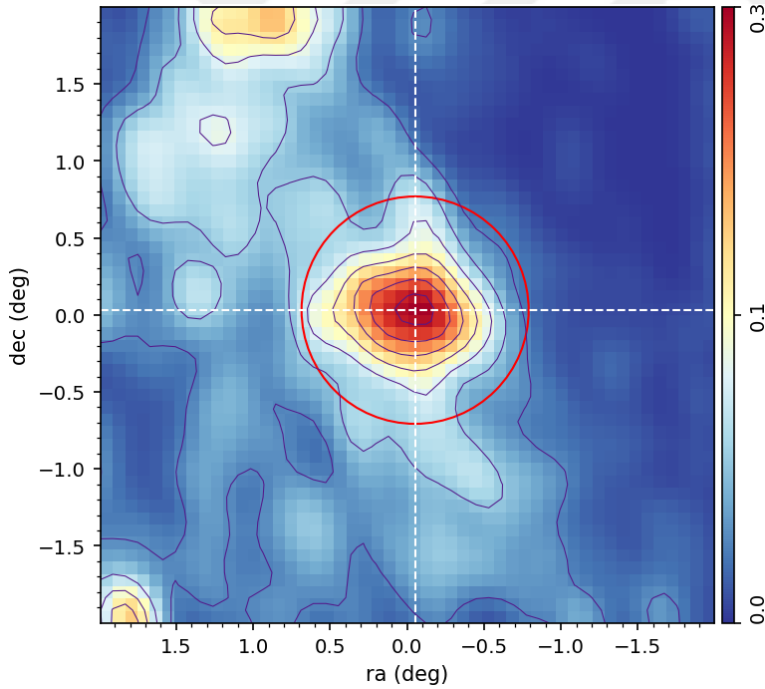
Şekil 4.59. (a) Gulliver 37 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 37 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



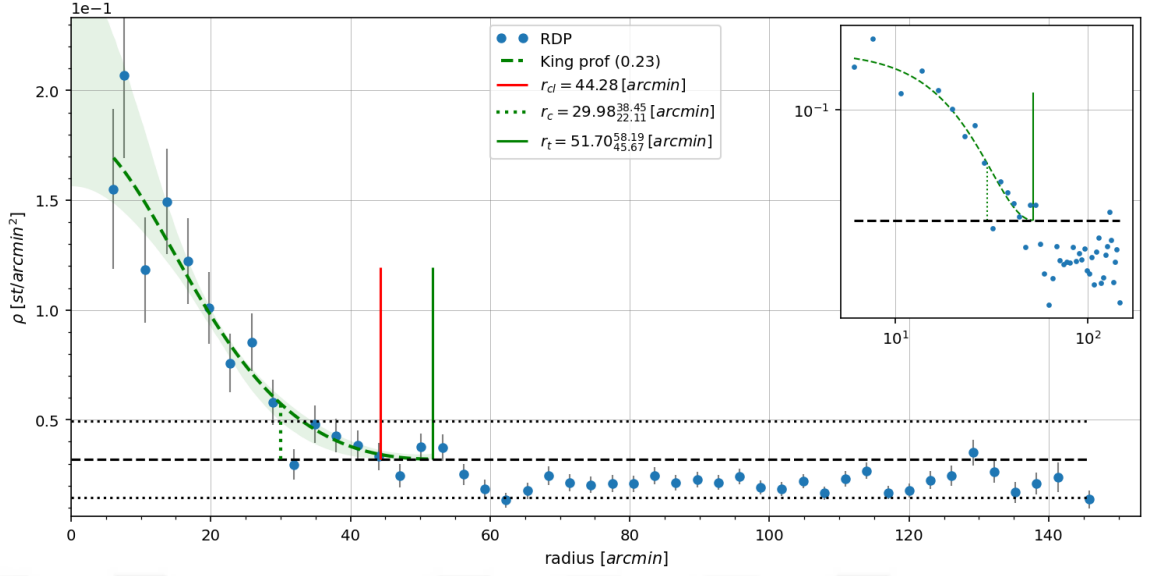
Şekil 4.60. Gulliver 37 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.17. ASCC 16

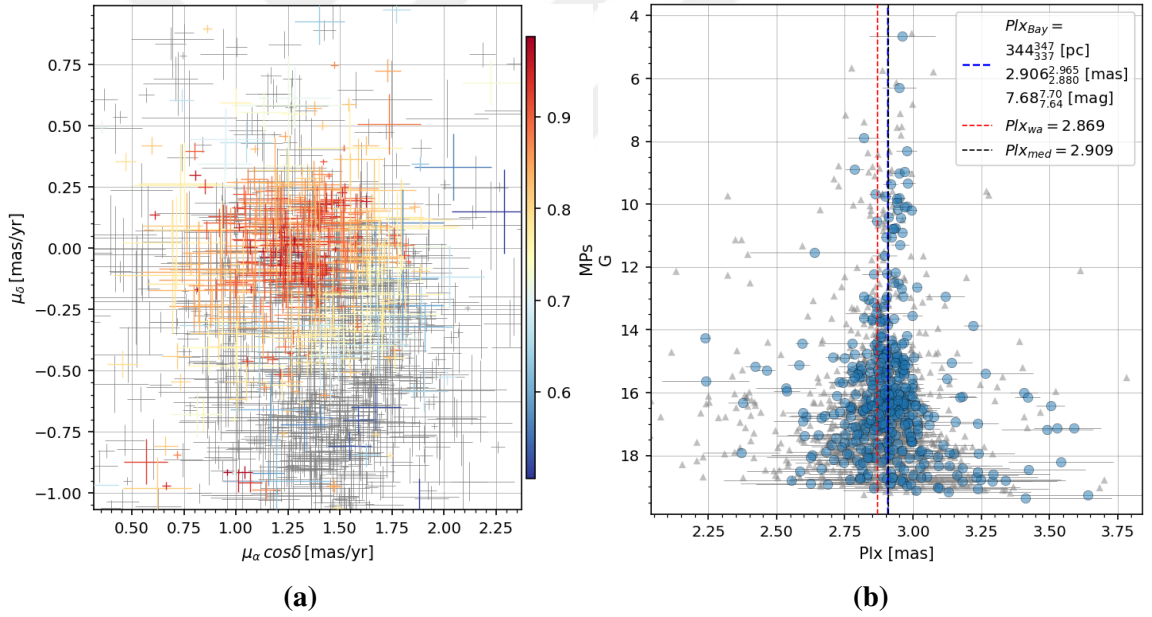
Kos vd. (2019) Ori OB1 oymağı bölgesinde yaş ve iç hız dağılımlarını belirlemek için aralarında ASCC 16'nın da bulunduğu 5 açık kümeyi (ASCC 16, ASCC 18, ASCC 20, ASCC 21 ve ASCC 21a) incelemeye almıştır. Bu açık kümelerden iki tanesi (ASCC 16 ve ASCC 21) belirlenen uzaklık kriterine göre bu tezde incelenecek cisimlerin listesinde yer edinmiştir. Kümenin yaşının Kos vd. (2019) tarafından $\log \tau = 7.07$ y ile $\log \tau = 7.16$ y aralığında olması gerektiği bildirilmiştir. Benzer bir sonuca Cantat-Gaudin vd. (2020)'nin kataloğunda $\log \tau = 7.13$ y olarak rastlanmaktadır. Bu tezde kümenin yaşı $\log \tau = 7.17 \pm 0.15$ y elde edilerek aynı kaniya varılmıştır. ASCC 16'nın yaşının Ori OB1 için literatürde mevcut yaş aralığının ($\log \tau = 6.52 \pm 0.52$ y) üst sınırına daha yakın olduğu görülmüştür. Bu da bölgede ilk oluşan açık kümelerden biri olabileceği düşüncesini doğrumuştur. Kümenin öz hareket bileşenleri ise $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.331 \pm 0.319 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.125 \pm 0.421 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Ori OB1 ile ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59 \text{ mas y}^{-1}$) hata sınırları kapsamında uyumlu sayılabilecek bir hareket vektörüne sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.61, 4.62, 4.63 ve 4.64'te verilmiştir.



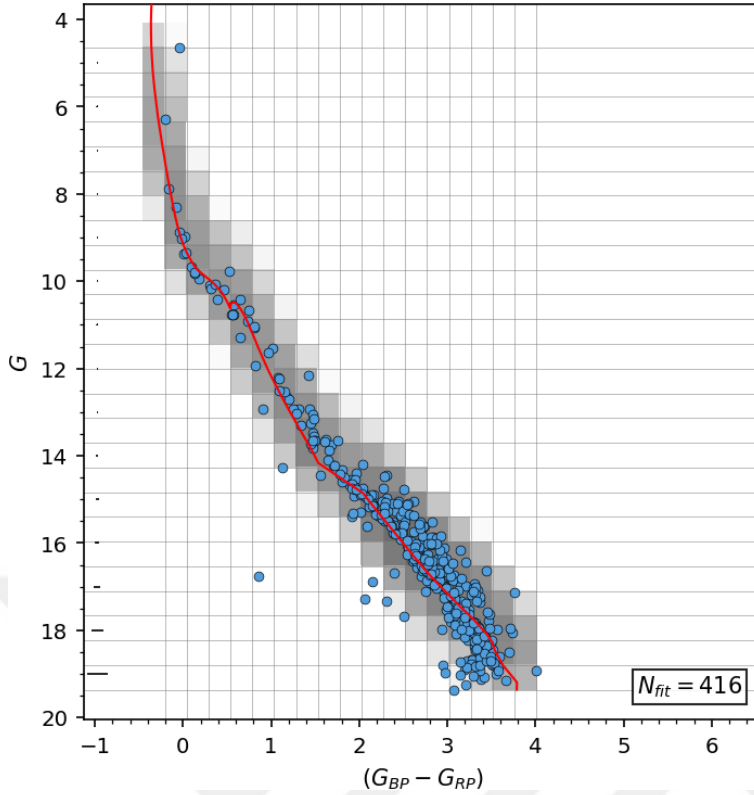
Şekil 4.61. ASCC 16 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.62. ASCC 16 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



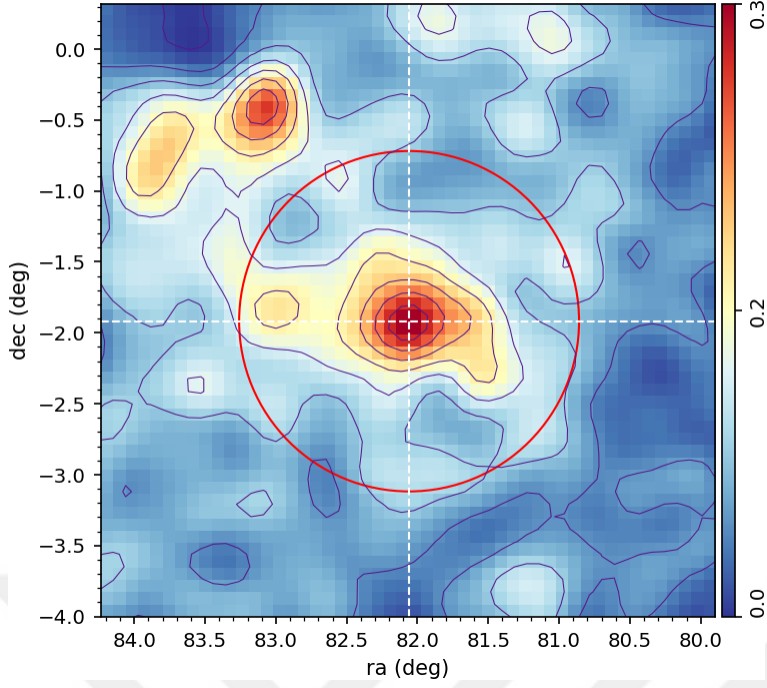
Şekil 4.63. (a) ASCC 16 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 16 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



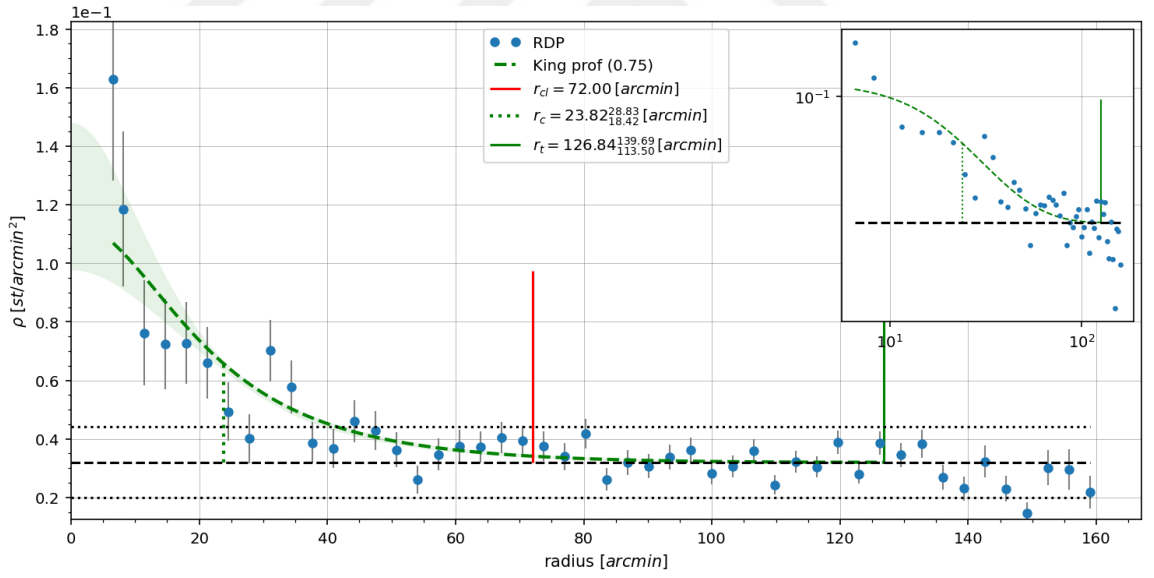
Şekil 4.64. ASCC 16 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.18. ASCC 19

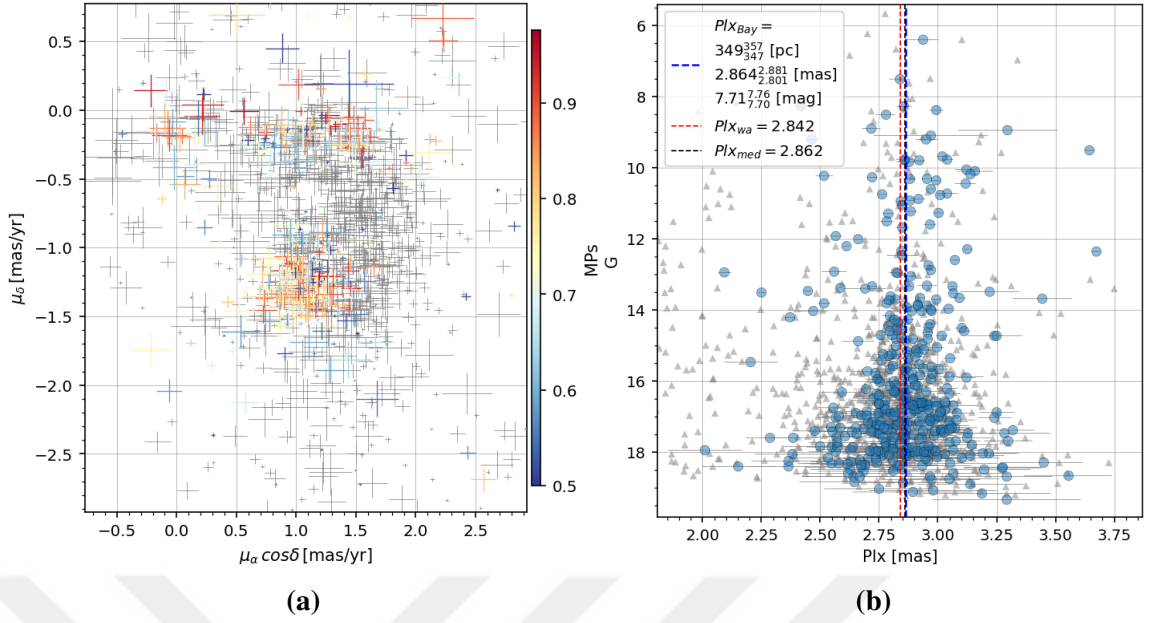
Ori OB1 bölgesinde bulunup incelemeye alınan bir diğer açık küme ASCC 19 olmuştur. Bossini vd. (2019) kümenin yaşını $\log \tau = 7.09$ y olarak belirlemiştir. Analiz sonuçlarımıza göre küme için belirlenen $\log \tau = 6.98 \pm 0.24$ yıllık yaş hem Bossini vd. (2019) hem de Cantat-Gaudin vd. (2020) ($\log \tau = 7.02$ y) tarafından belirtilen yaşlarla çok yakın olduğu görülmüştür. ASCC 16'ya benzer şekilde ASCC 19'un da Ori OB1 için literatürde mevcut yaş aralığının ($\log \tau = 6.52 \pm 0.52$ y) üst sınırına daha yakın yaşta olduğu tespit edilmiştir. Hesaplamalarımıza göre kümenin öz hareket bileşenlerinin $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.079 \pm 1.147$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.830 \pm 1.781$ $mas\ y^{-1}$ değerlerinde standart hataların görece büyük olduğu ancak yine de Ori OB1 ile ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59$ $mas\ y^{-1}$) hata aralığında uyumlu sayılabilecek bir harekete sahip olduğu belirlenmiştir. Analiz çıktıları Şekil 4.65, 4.66, 4.67 ve 4.68'de verilmiştir.



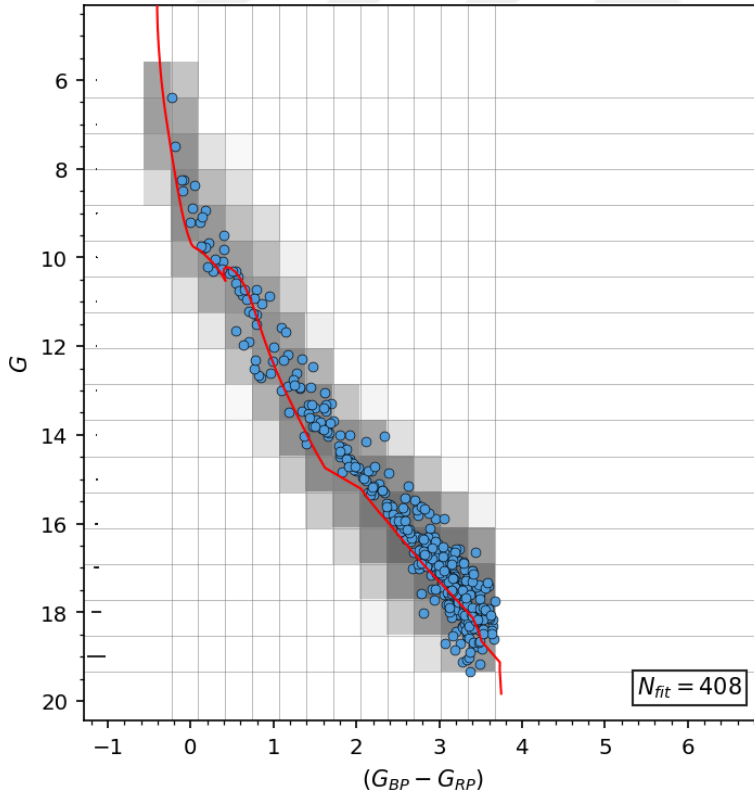
Şekil 4.65. ASCC 19 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.66. ASCC 19 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



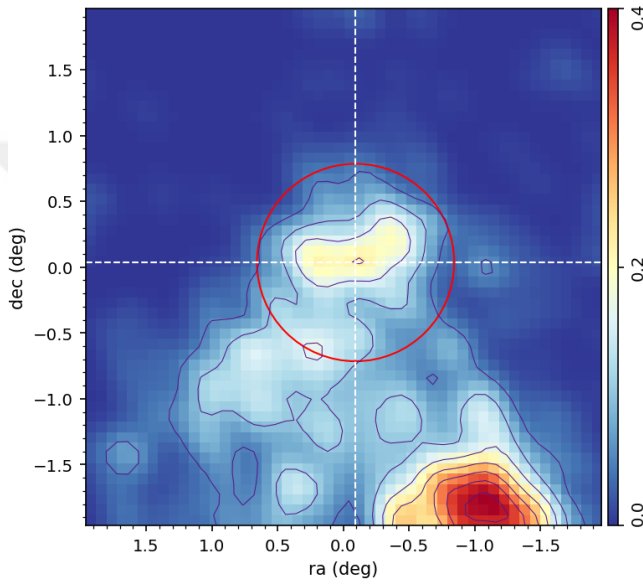
Şekil 4.67. (a) ASCC 19 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 19 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



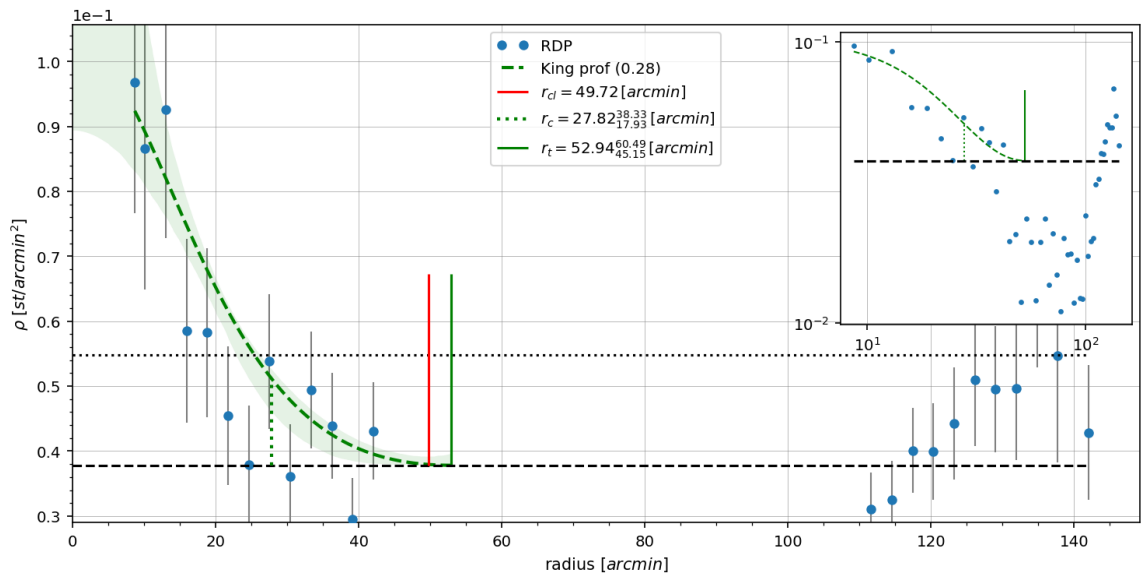
Şekil 4.68. ASCC 19 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.19. ASCC 21

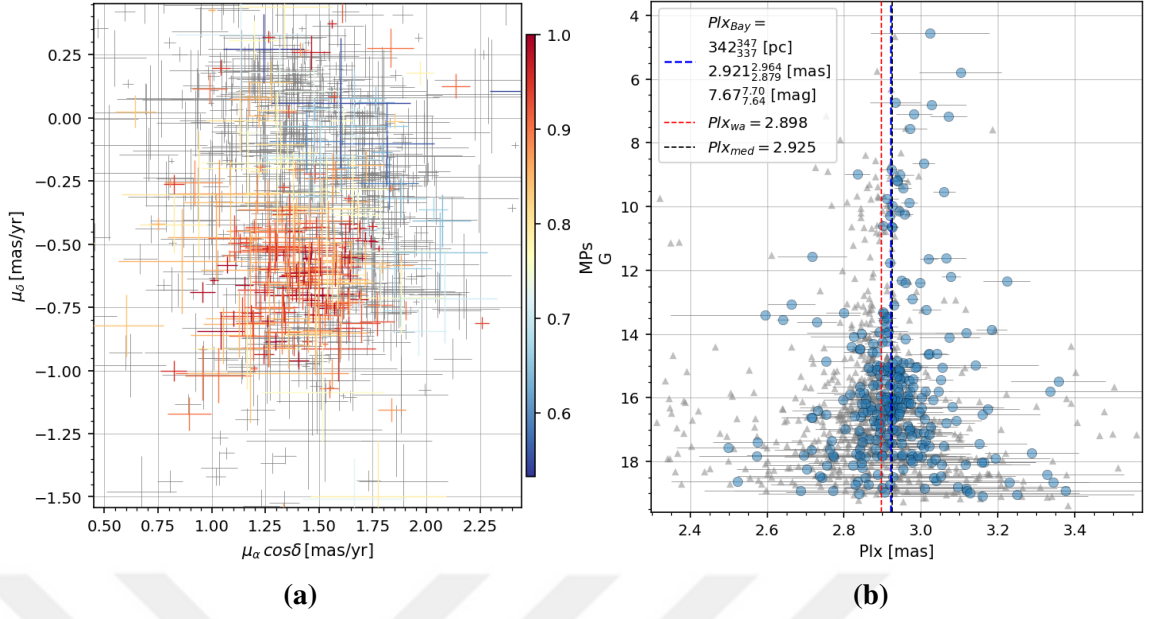
ASCC 21, Ori OB1 bölgesinde incelenen açık kümelerden biridir. Kos vd. (2019) ve Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından kümenin yaşı sırasıyla $\log \tau = 7.04 \pm 0.04$ y ve $\log \tau = 6.95$ y olarak hesaplanmıştır. Tez araştırmasında ASCC 21'in belirlenen $\log \tau = 6.98 \pm 0.06$ yıllık yaşının, Ori OB1 için literatürde verilen yaşıyla ($\log \tau = 6.52 \pm 0.52$ y) örtüştüğü çıkarımı yapılmıştır. Kümenin öz hareket vektörü bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.428 \pm 0.298$ mas y⁻¹, $\mu_{\delta} = -0.468 \pm 0.389$ mas y⁻¹) yine Ori OB1 oymağıyla birbiriyle uyum içinde olduğu görülmüştür. Analiz çıktıları Şekil 4.69, 4.70, 4.71 ve 4.72'de verilmiştir.



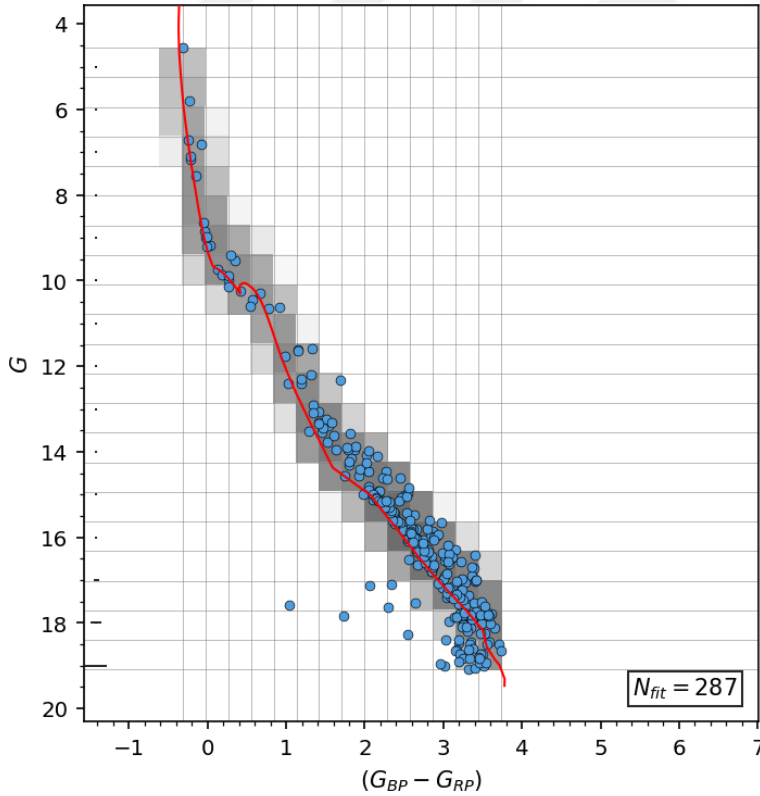
Şekil 4.69. ASCC 21 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.70. ASCC 21 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



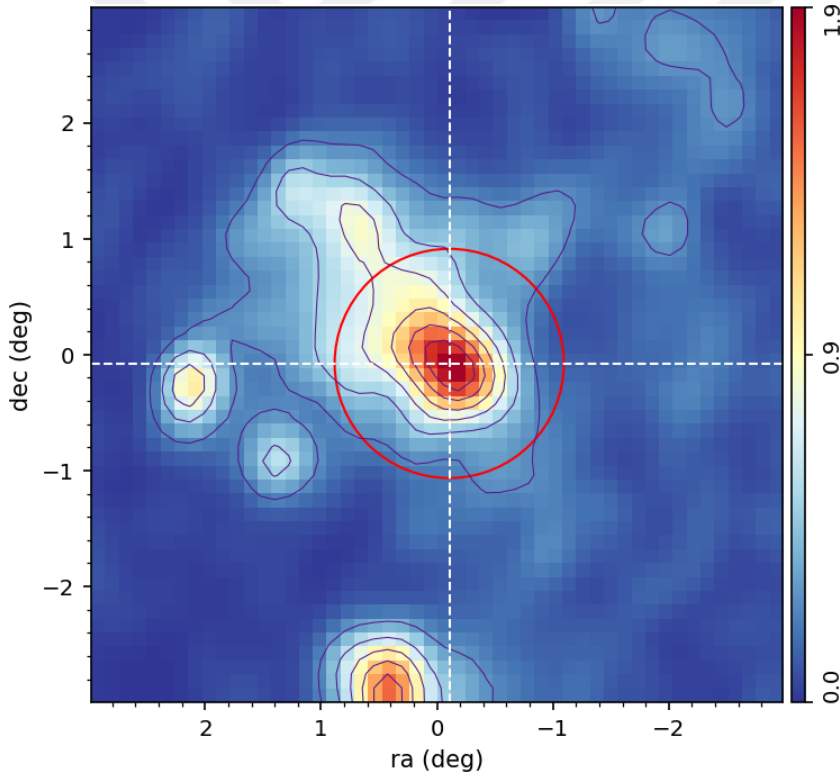
Şekil 4.71. (a) ASCC 21 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) ASCC 21 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



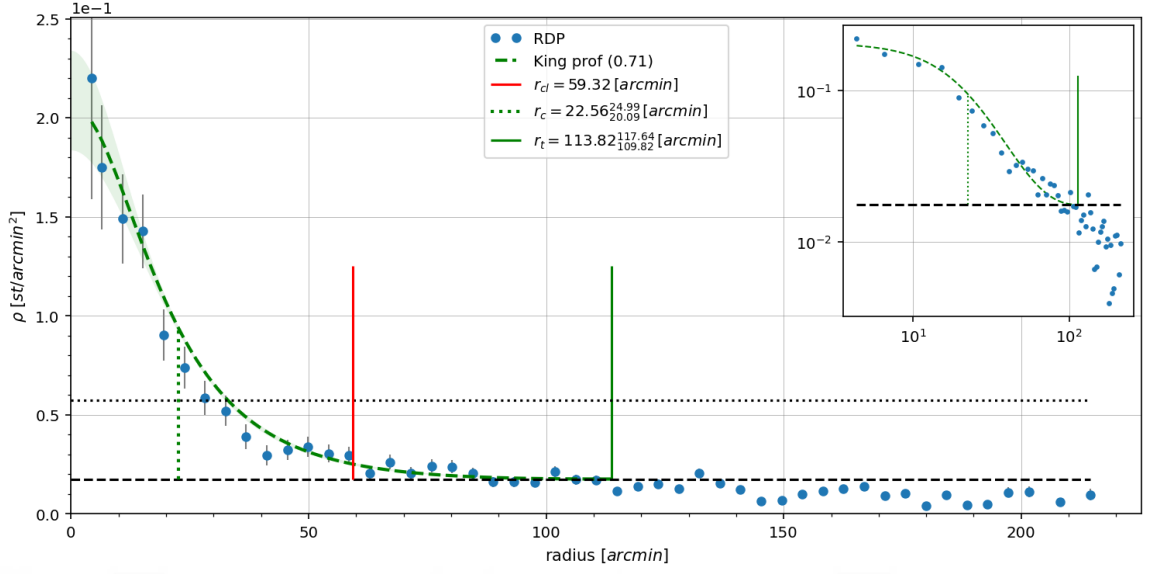
Şekil 4.72. ASCC 21 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.20. Gulliver 6

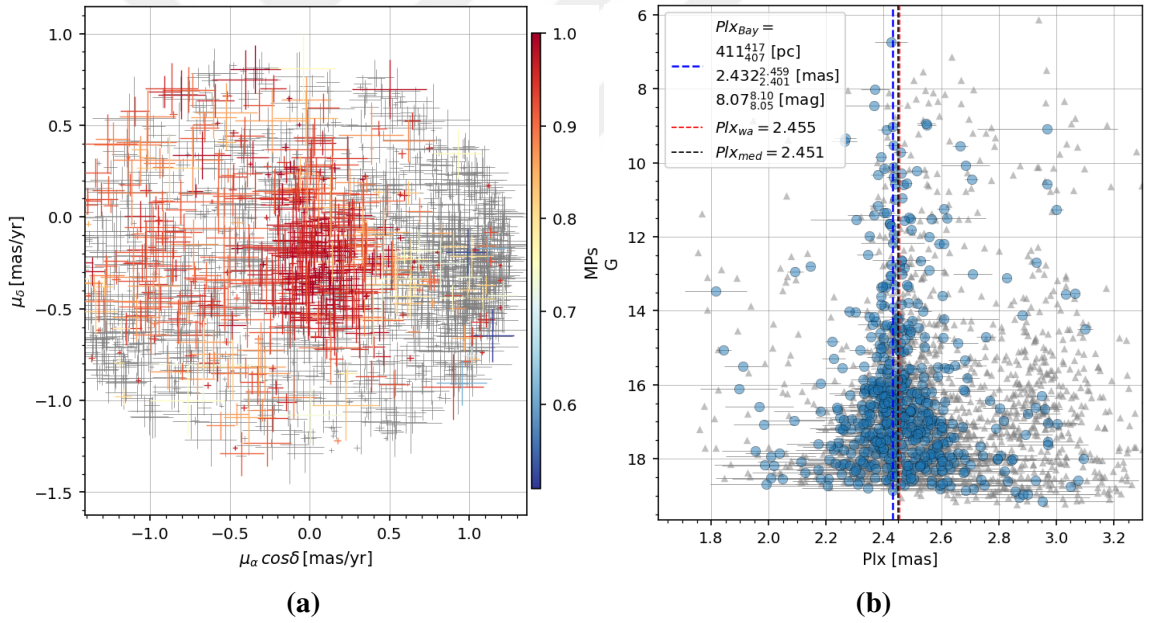
Gulliver 6 literatürde özel olarak araştırılmamış olsa da Soubiran vd. (2018)'nin katalog derlemesinde yer almaktadır. Kümenin Soubiran vd. (2018) ve sonrasında Cantat-Gaudin ve Anders (2020) tarafından açıklanan uzaklıkları (sırasıyla, $d = 417.3 pc$ ve $d = 411 pc$) tez araştırmasında belirlenen $d = 411 \pm 6 pc$ uzaklıkla birbirine çok yakın olmakla birlikte kümeyi Ori OB1 sınırları içine konumlandırmaktadır. Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından kümenin yaşı $\log \tau = 7.22 y$ olarak verilmiştir. Analizlerimiz sonucunda kümenin buna yakın bir yaşta olduğu ($\log \tau = 7.18 \pm 0.07 y$) tarafımızca da doğrulanmıştır. Ori OB1 için verilen yaşı ($\log \tau = 6.52 \pm 0.52 y$) üst sınırından büyük bir yaşa sahip olsa da kümenin oymakla benzer bir zamanda meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Kümenin öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.127 \pm 0.604 mas y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.216 \pm 0.387 mas y^{-1}$) Ori OB1'inkilerle ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28 mas y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59 mas y^{-1}$) örtüşmektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.73, 4.74, 4.75 ve 4.76'da verilmiştir.



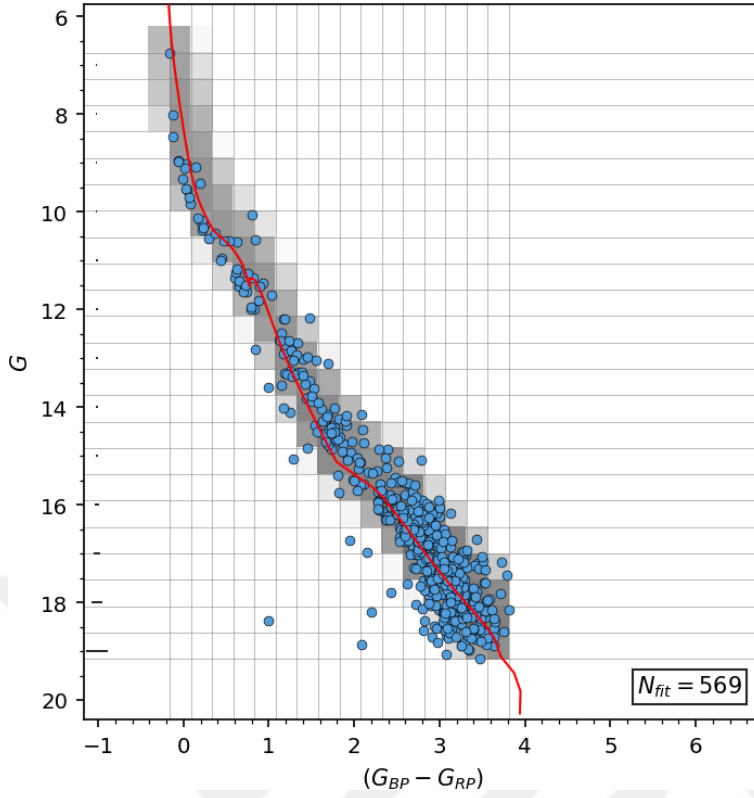
Şekil 4.73. Gulliver 6 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.74. Gulliver 6 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



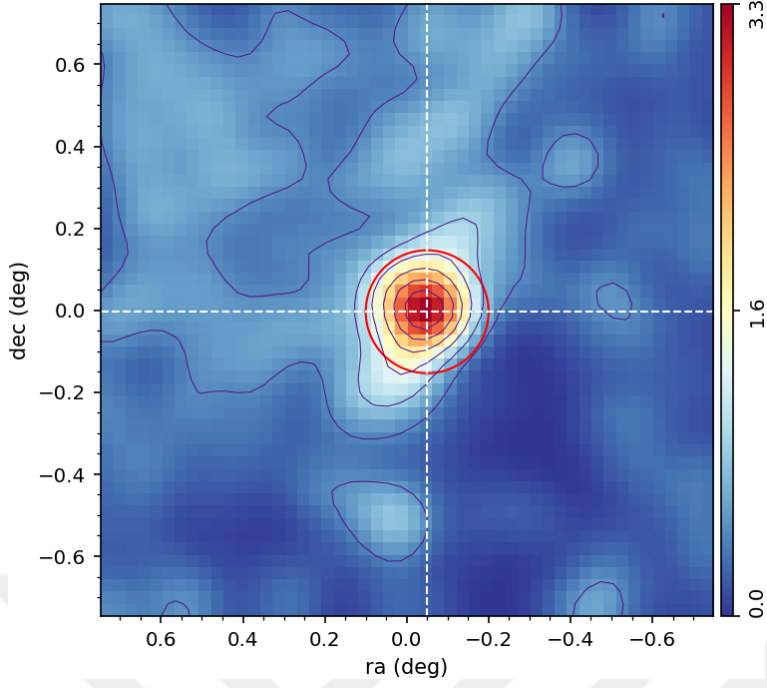
Şekil 4.75. (a) Gulliver 6 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Gulliver 6 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



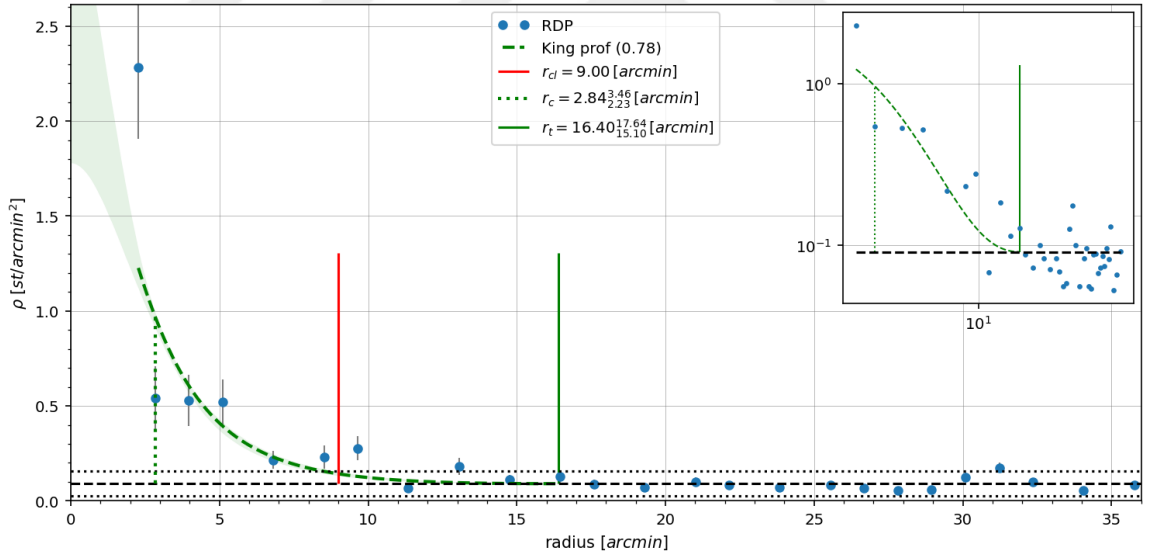
Şekil 4.76. Gulliver 6 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.21. L 1641s

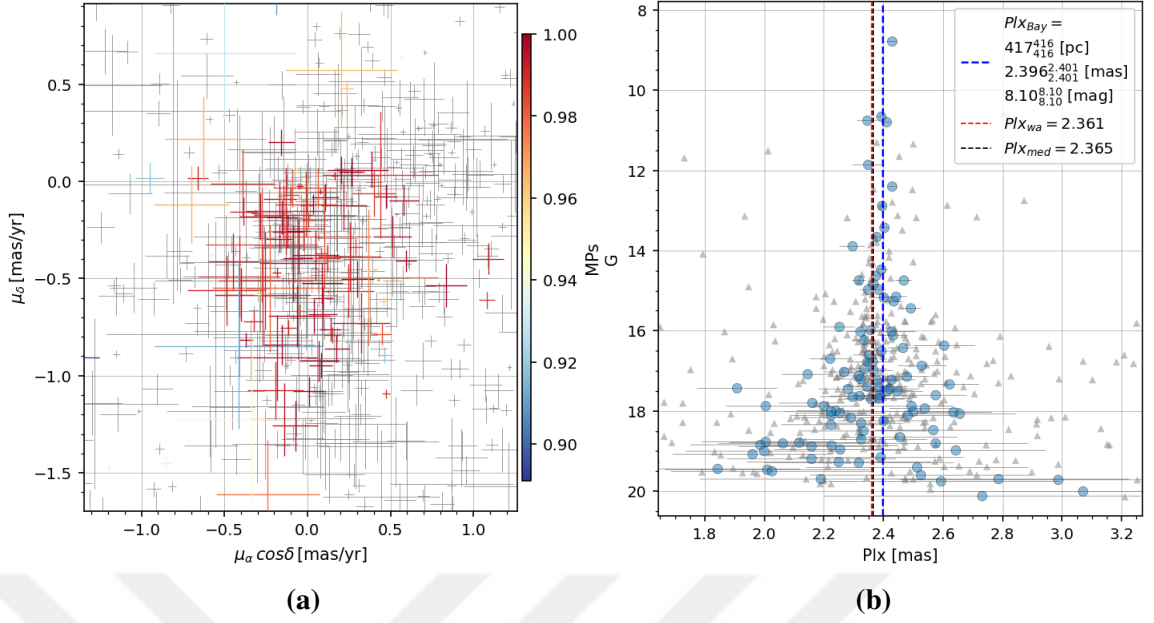
L 1641s kümesiyle ilgili olarak literatürde çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Maryeva vd. (2021) açık kümelere üye parlama yıldızları üzerine yaptıkları çalışmada kümenin uzaklığını $d = 437 \text{ pc}$ olarak hesaplamış ancak yaşı veya öz hareket vektörleri konusunda bir çıkarımda bulunamamışlardır. L 1641s Ori OB1 sınırları içinde yer almaktadır. GOCII kataloğunda öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.013 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.390 \text{ mas y}^{-1}$ olarak verilmiştir. Literatürde kümenin yaşının belirlendiği bir yayın bulunamamıştır. Küme çevresinde karanlık bulutsu varlığı söz konusudur, bu sebeple yüksek kızıllaşmaya maruz kalmaktadır. Kümenin yaşı tez araştırmasında $\log \tau = 6.41 \pm 0.33 \text{ y}$ olarak tahmin edilmiştir. Kümenin elde edilen öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59 \text{ mas y}^{-1}$) Ori OB1 oymağının hareketiyle uyumaktadır. Analiz çıktıları Şekil 4.77, 4.78, 4.79 ve 4.80’de verilmiştir.



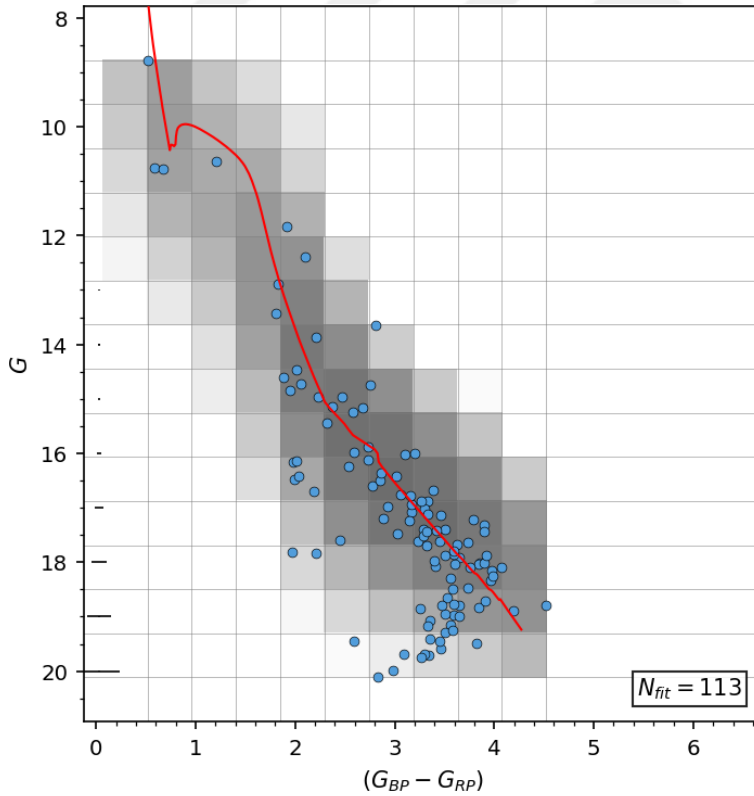
Şekil 4.77. L 1641s açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.78. L 1641s açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



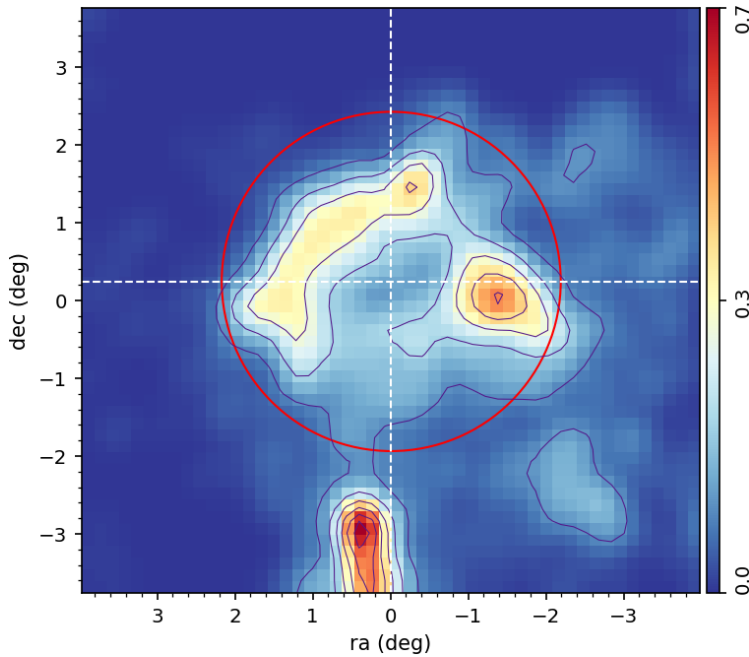
Şekil 4.79. (a) L 1641s açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) L 1641s açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



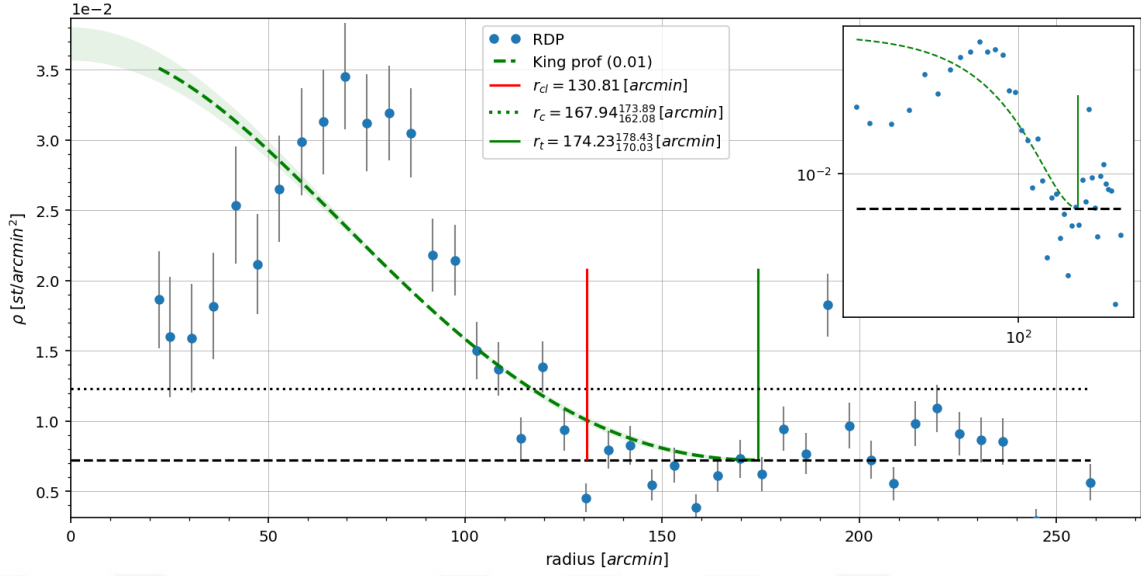
Şekil 4.80. L 1641s açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.22. UBC 17a ve UBC 17b

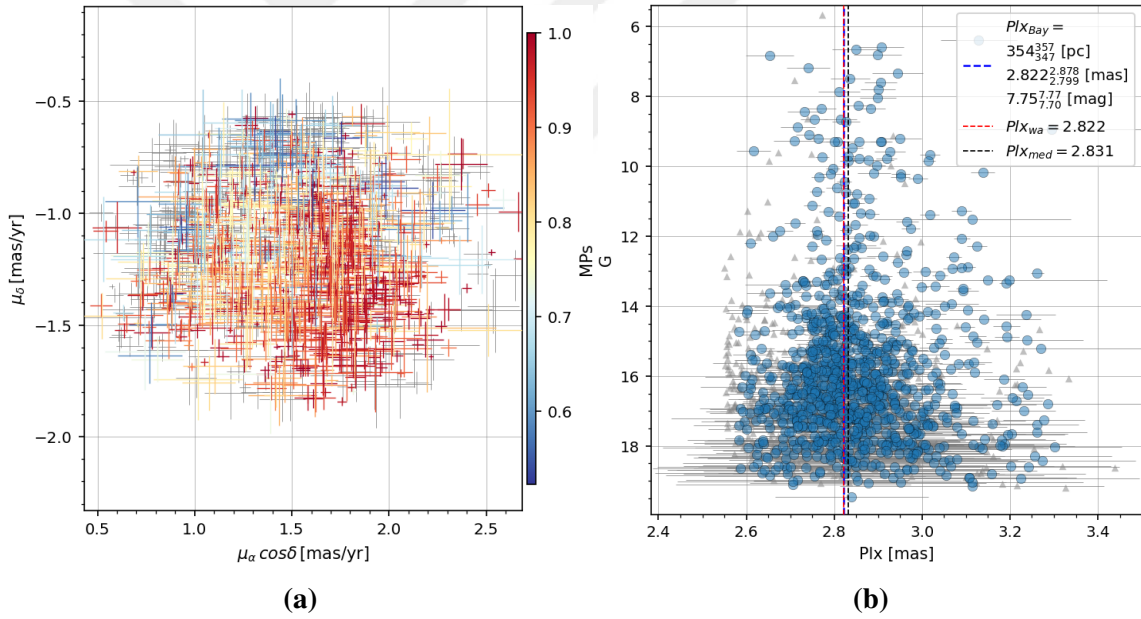
UBC 17a ve UBC 17b GAIA DR2 verilerine göre Ori OB1 yönünde aynı bakış doğrultusunda yer alan ortak uzay hareketi sergileyen yıldız grupları olarak makine öğrenmesi yöntemiyle öz hareket uzayında tespit edilmiş ve Castro-Ginard vd. (2018) tarafından iki ayrı açık küme oldukları kanıtlanarak GOC ve GOCII kataloglarına dahil edilmiştir. Bu iki açık küme, birbirlerine çok yakın olmasına ve bakış doğrultusunda birbirlerini örtmelerine rağmen paralaks ve öz hareket uzayında birbirinden ayırt edilebilmektedirler (Piecka ve Paunzen 2021). Bu tez araştırmasında açık kümelerin uzaklıkları ve öz hareket bileşenleri sırasıyla UBC 17a için $d = 354 \text{ pc}$, $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.528 \pm 0.382 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.196 \pm 0.273 \text{ mas y}^{-1}$ olarak, UBC 17b için $d = 408 \text{ pc}$, $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.122 \pm 0.319 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.175 \pm 0.297 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, bu sistemin ayrı iki açık küme olduğunu onaylamaktadır. Literatürde Cantat-Gaudin vd. (2020) araştırması dışında kümelerin yaşıyla ilgili bir açıklamaya rastlanmamıştır. Yazarlar UBC 17a'nın yaşını $\log \tau = 7.27 \text{ y}$ ve UBC 17b'nin yaşını $\log \tau = 7.06 \text{ y}$ olarak tahmin etmişlerdir. Tezde yapılan analize göre kümelerin yaşları sırasıyla $\log \tau = 7.02 \pm 0.02 \text{ y}$ ve $\log \tau = 7.30 \pm 0.08 \text{ y}$ olarak belirlenmiştir. Kümelerin konum, uzaklık, öz hareket ve yaş parametreleri göz önünde bulundurularak bu açık kümelerin tez araştırmasında hesaplanan değerler ile Ori OB1'e ait değerler ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59 \text{ mas y}^{-1}$, $\log \tau = 6.52 \pm 0.52 \text{ y}$) karşılaştırıldığında UBC 17a ve UBC 17b'nin Orion'daki yıldız oluşum kompleksiyle büyük olasılıkla ilişkili olduğunu göstermektedir. Analiz çıktıları UBC 17a için Şekil 4.81, 4.82, 4.83 ve 4.84'te; UBC 17b için Şekil 4.85, 4.86, 4.87 ve 4.88'de verilmiştir.



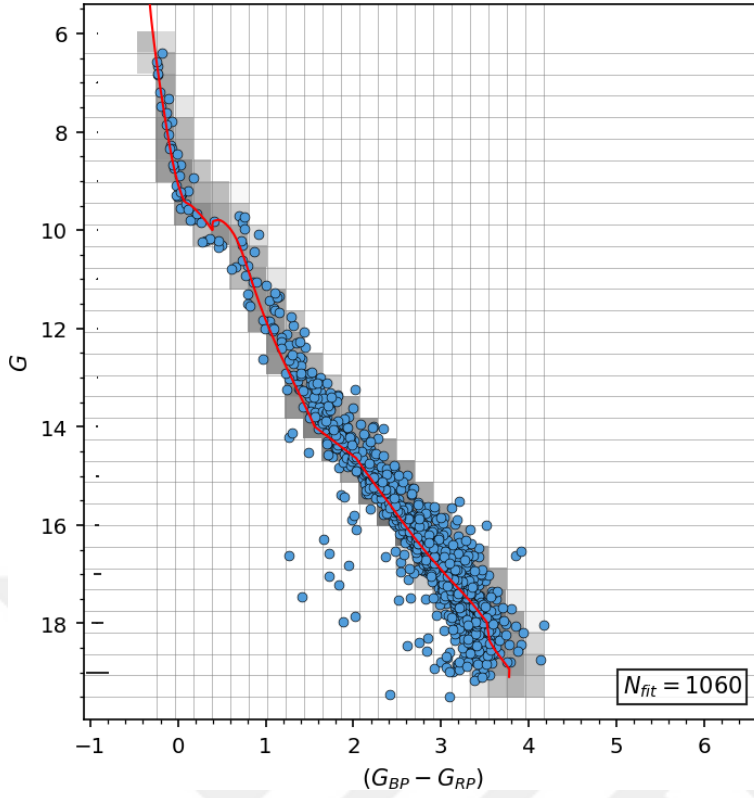
Şekil 4.81. UBC 17a açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



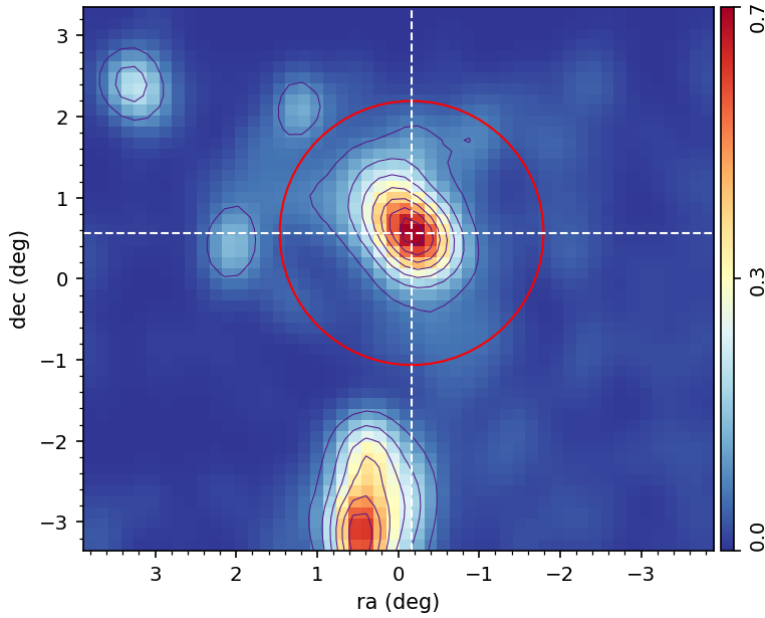
Şekil 4.82. UBC 17a açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



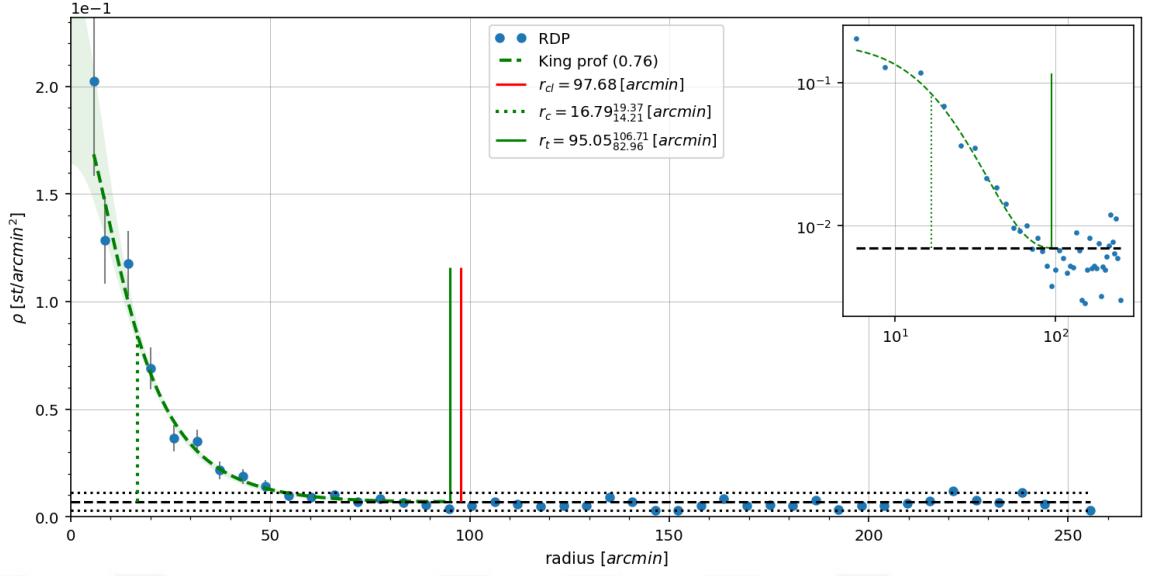
Şekil 4.83. (a) UBC 17a açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 17a açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



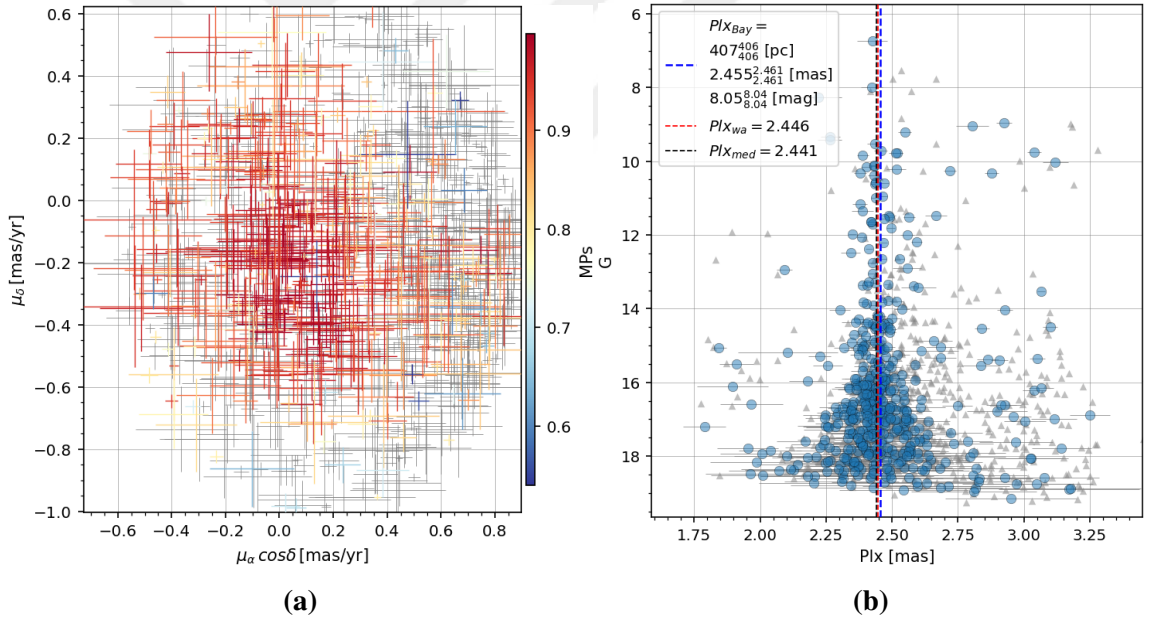
Şekil 4.84. UBC 17a açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi



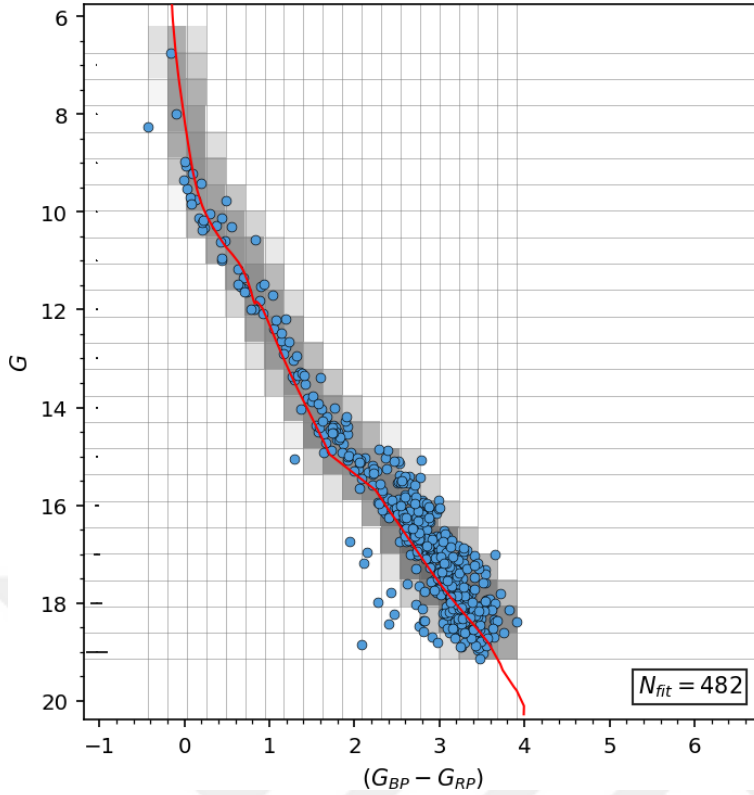
Şekil 4.85. UBC 17b açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.86. UBC 17b açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



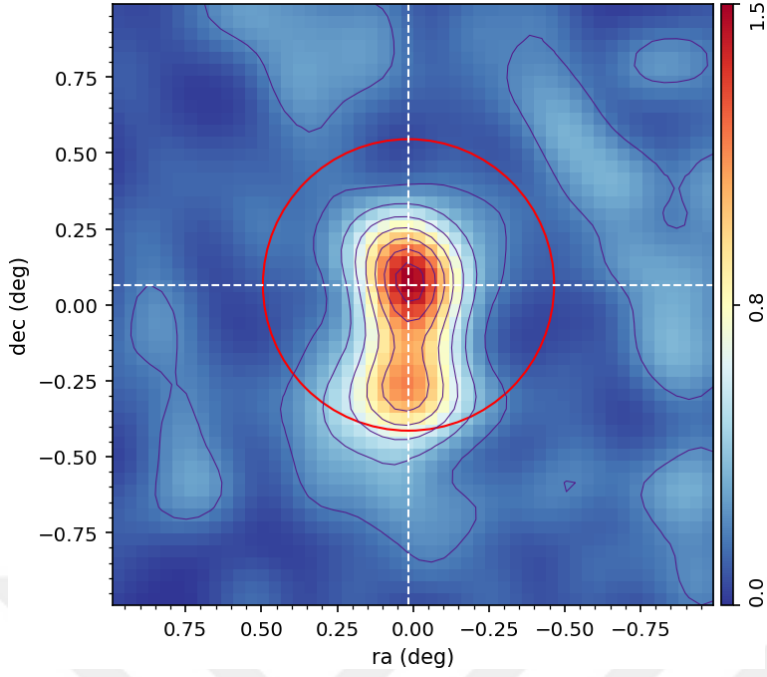
Şekil 4.87. (a) UBC 17b açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UBC 17b açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



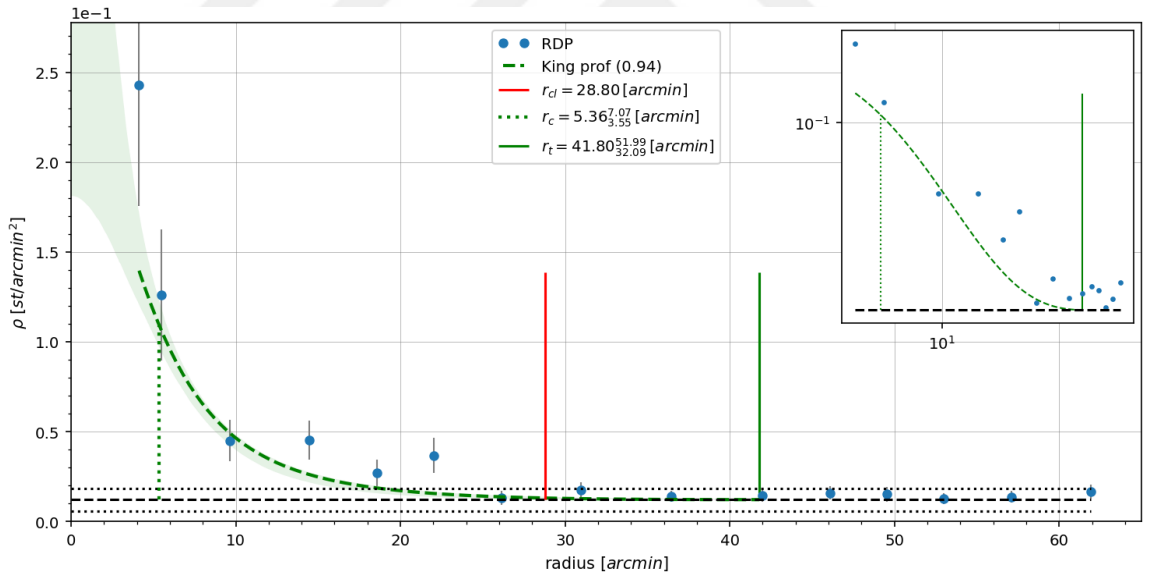
Şekil 4.88. UBC 17b açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.23. UPK 402

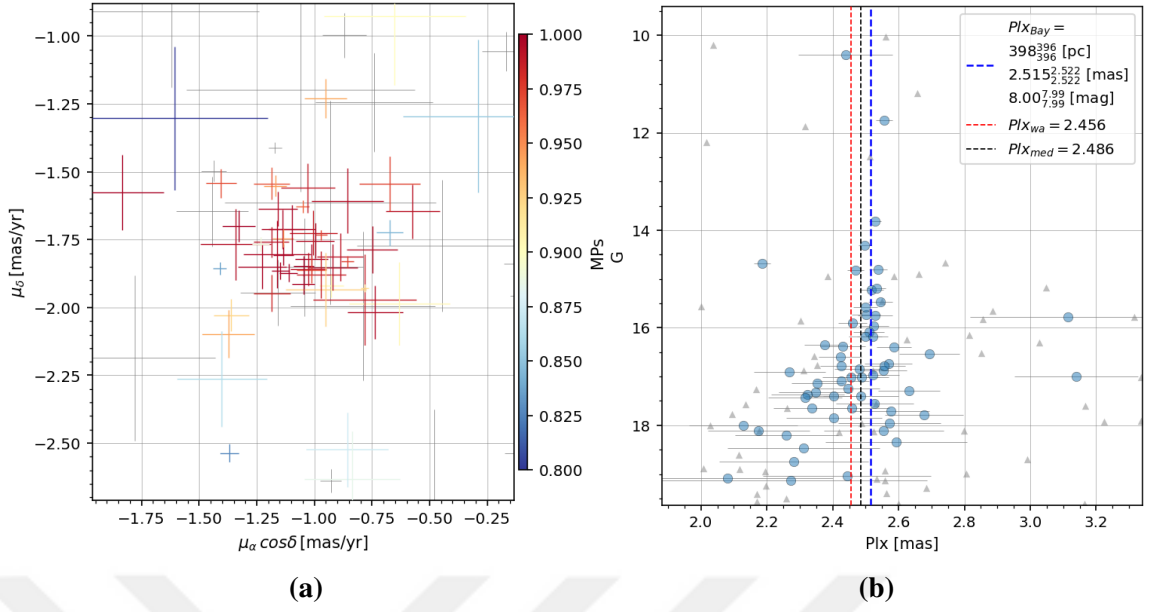
UPK 402 ile ilgili literatürde yalnızca iki araştırma yer almaktadır. Cantat-Gaudin ve Anders (2020) çevrimiçi kataloglarında Gaia DR2 verileriyle keşfedilen açık kümeye yer vermiştir. Kümenin Ori OB1'e olan uzaklığı oymağın sınırlarının içinde yer aldığını göstermektedir. Açık kümenin öz hareket bileşenleri yazarlar tarafından $\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.154 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.961 \text{ mas y}^{-1}$ olarak verilmiştir. Cantat-Gaudin vd. (2020) kümenin yaşının $\log \tau = 6.86 \text{ y}$ olduğunu hesaplamışlardır. Kümenin az sayıda üyeye sahip olmasına ve renk-parlaklık diyagramında net belirlenebilecek bir dönüm noktası göstermemesine rağmen bu tez araştırmasında açık kümenin yaşı, Ori OB1'in yaşıyla uyum içinde olan $\log \tau = 6.747 \pm 0.433 \text{ y}$ olarak elde edilmiştir. UPK 402 açık kümesinin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.109 \pm 0.435 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.829 \pm 0.605 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Ancak kümenin hareketinin Ori OB1'in hareketiyle ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -0.28 \pm 2.28 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.11 \pm 0.59 \text{ mas y}^{-1}$), özellikle μ_{δ} bileşeninin, uyumlu olmadığı anlaşılmıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.89, 4.90, 4.91 ve 4.92'de verilmiştir.



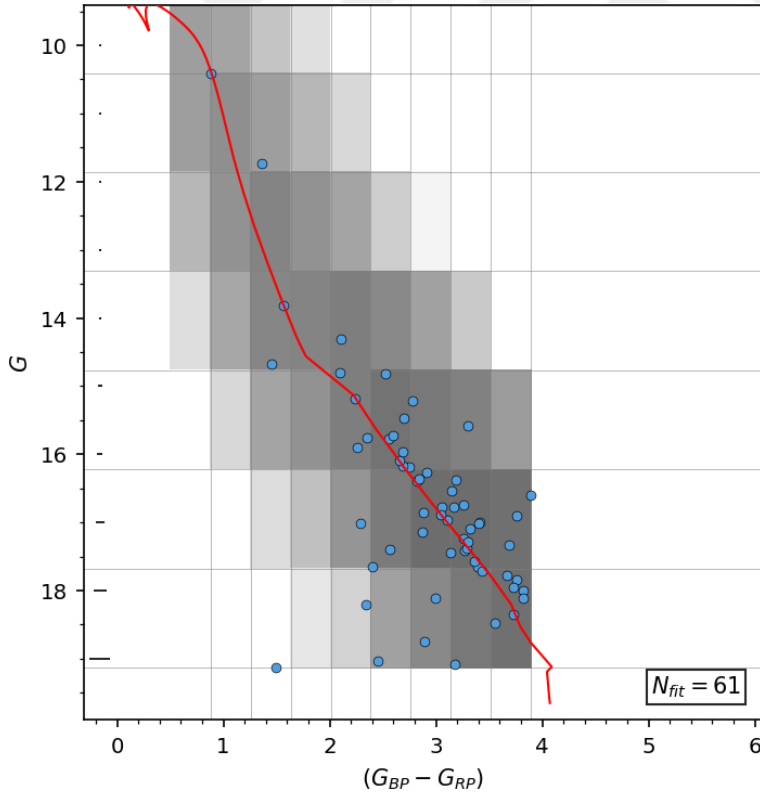
Şekil 4.89. UPK 402 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.90. UPK 402 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



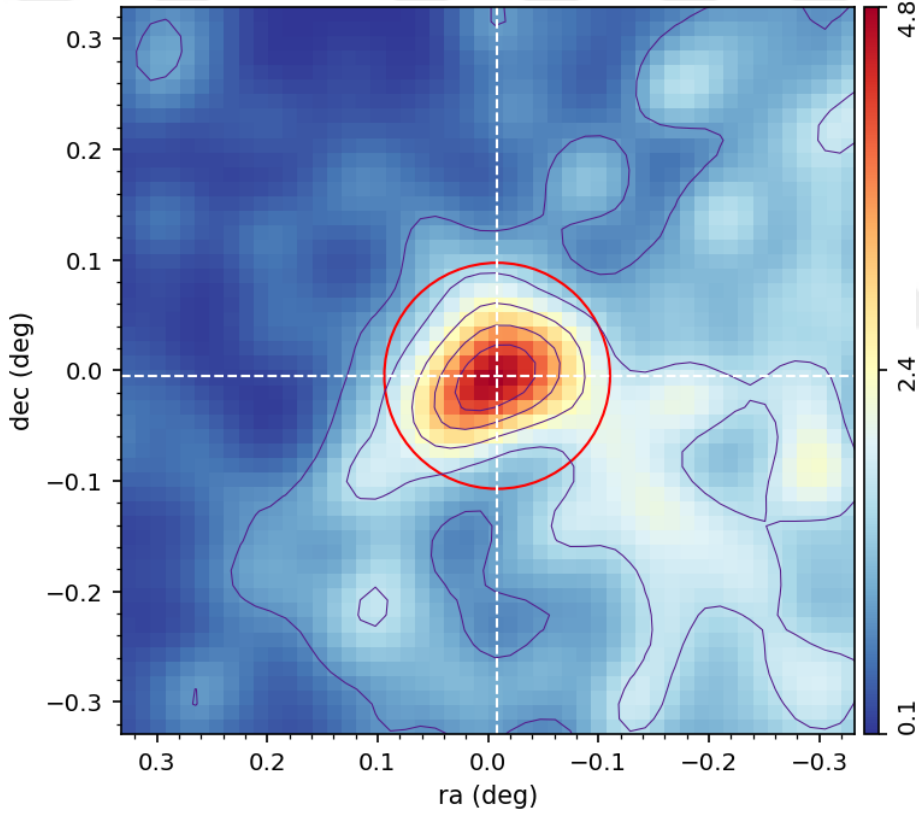
Şekil 4.91. (a) UPK 402 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) UPK 402 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



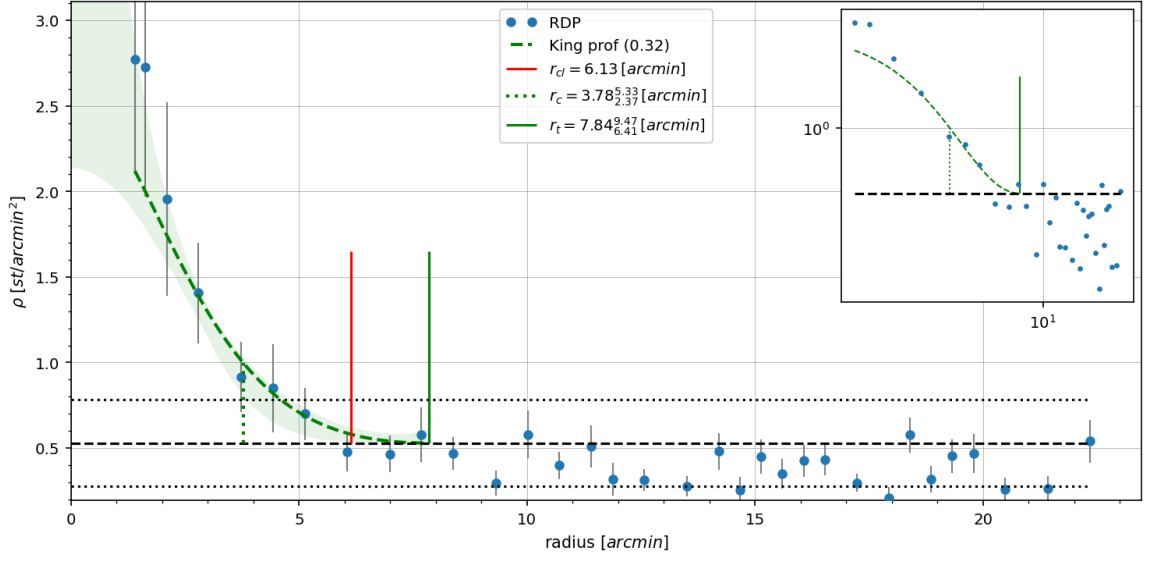
Şekil 4.92. UPK 402 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.24. NGC 2343

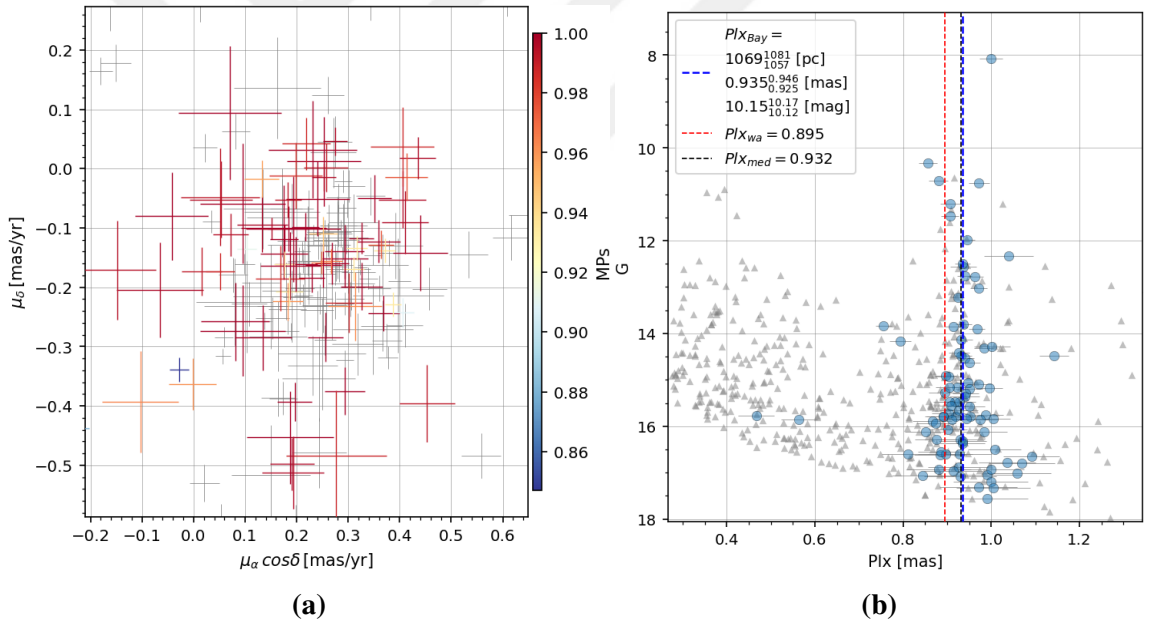
Yapılan hesaplama göre CMa OB1 oymağı sınırları içinde bulunan NGC 2343 Claria (1972) tarafından UBV ve H_β bandlarında fotometrik olarak incelenmiştir. Araştırmada kümenin yaşı $\log \tau = 8.03$ y olarak belirtilmiştir. Cantat-Gaudin vd. (2020) kümenin öz hareket bileşenleri ve yaşını sırasıyla $\mu_\alpha \cos \delta = 0.193 \text{ mas } y^{-1}$, $\mu_\delta = -0.195 \text{ mas } y^{-1}$ ve $\log \tau = 7.94$ y olarak kataloglamışlardır. Tezde elde edilen $\log \tau = 7.93 \pm 0.10$ y yaş değeri her iki araştırma sonucuna da uymaktadır. Ancak küme oymağın $\log \tau = 6.48$ yıllık yaşına göre oldukça yaşlıdır. Öz hareket bileşenleri $\mu_\alpha \cos \delta = 0.103 \pm 0.428 \text{ mas } y^{-1}$, $\mu_\delta = -0.140 \pm 0.331 \text{ mas } y^{-1}$ olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değerler CMa OB1 oymağıyla ($\mu_\alpha \cos \delta = -3.06 \pm 0.78 \text{ mas } y^{-1}$ ve $\mu_\delta = 1.72 \pm 1.15 \text{ mas } y^{-1}$) ortak bir uzay hareketine sahip olmadığını göstermektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.93, 4.94, 4.95 ve 4.96'da verilmiştir.



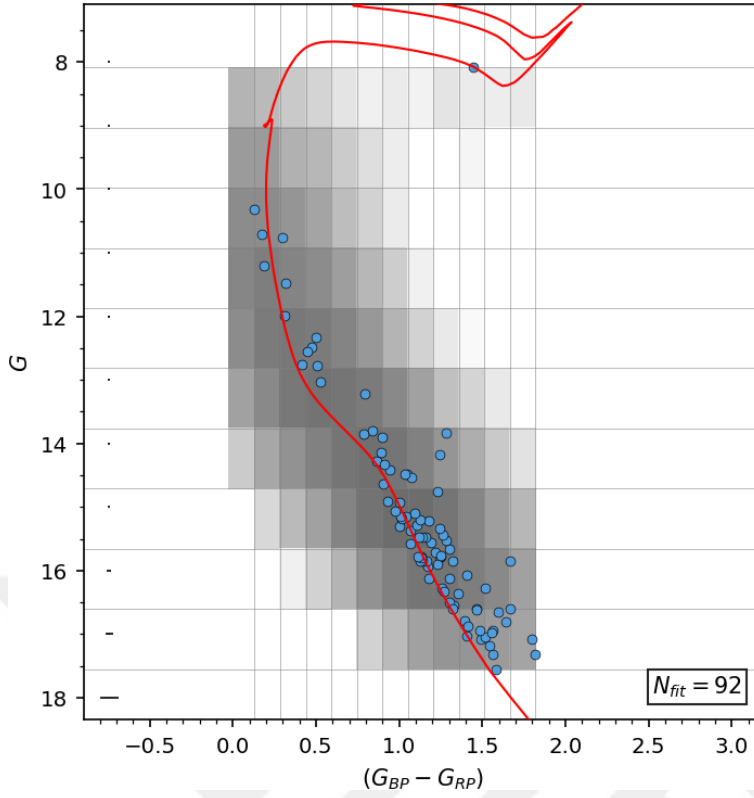
Şekil 4.93. NGC 2343 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.94. NGC 2343 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



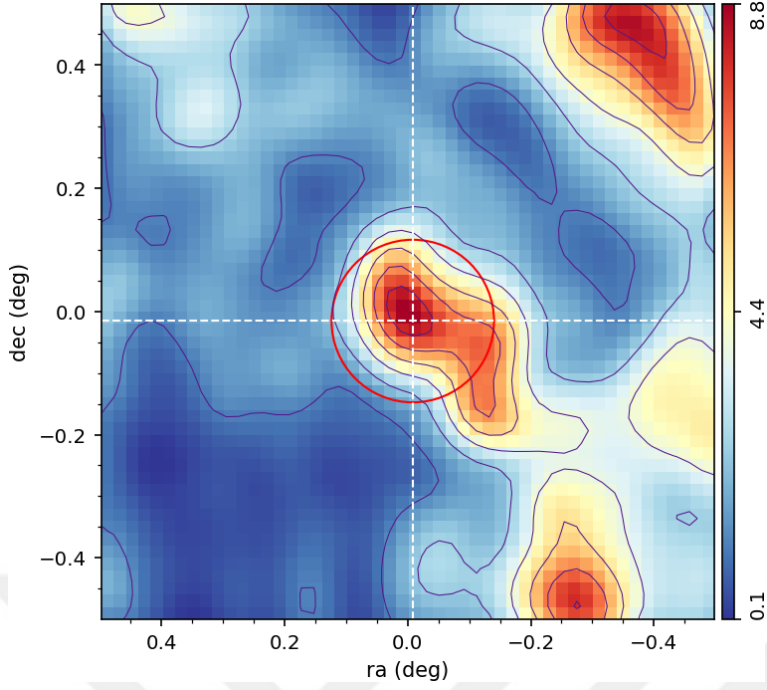
Şekil 4.95. (a) NGC 2343 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 2343 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



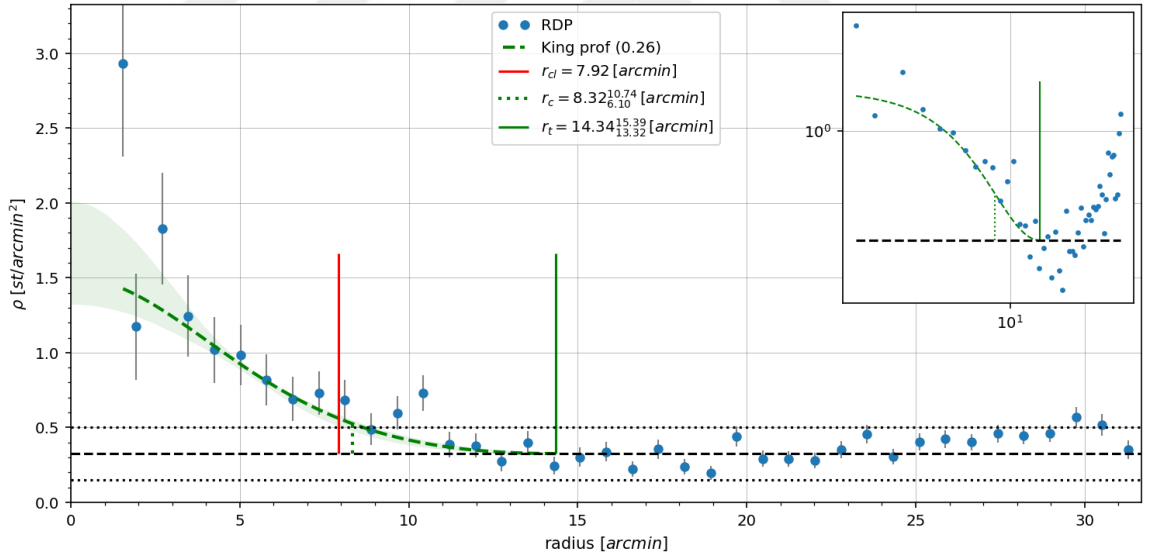
Şekil 4.96. NGC 2343 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.25. Dias 5

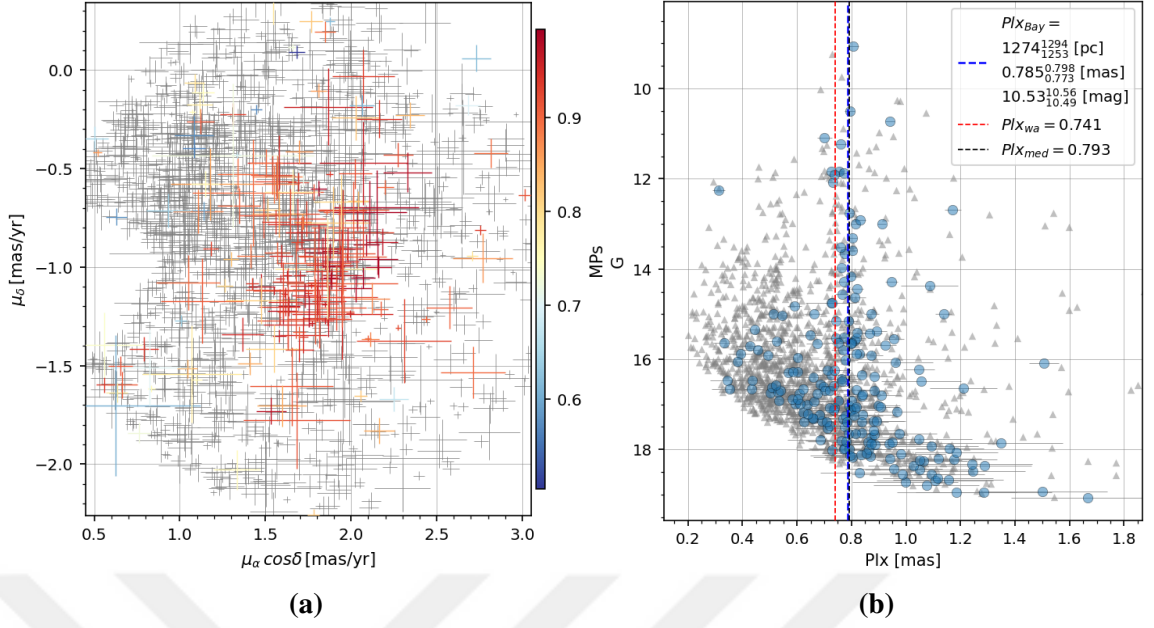
İlk kez DAML02 kataloğunda listelenen Dias 5 açık kümesinin güncel verilerle elde edilmiş parametreleri Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından sunulmuştur. Kümenin koordinatları ve uzaklığı onun Sgr OB1 oymağı içinde yerleştiğini göstermektedir. Kümenin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.798 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.945 \text{ mas y}^{-1}$ ve yaşı $\log \tau = 6.98$ yıl olarak verilmiştir. Tez araştırmasında hesaplanan $\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.700 \pm 0.460 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -0.921 \pm 0.461 \text{ mas y}^{-1}$ bileşenler literatürdeki değerlerle uyumlu olsa da oymağın ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.60 \pm 0.22 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -1.60 \pm 0.28 \text{ mas y}^{-1}$) değerlerinden oldukça farklıdır. Dolayısıyla küme ve oymağın farklı uzay hareketlerine sahip olduğu anlaşılmıştır. Kümenin belirlediğimiz $\log \tau = 6.86 \pm 0.12$ y yaşında olması oymağın $\log \tau = 6.80 \pm 0.10$ yıllık yaşıyla aynı olduğu görülmüştür. Analiz çıktıları Şekil 4.97, 4.98, 4.99 ve 4.100’de verilmiştir.



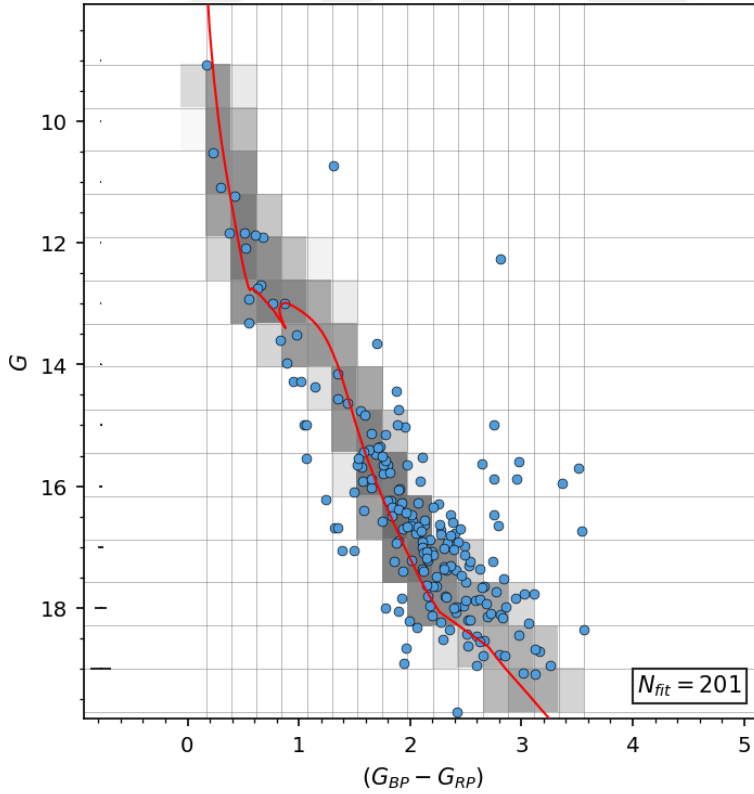
Şekil 4.97. Dias 5 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.98. Dias 5 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



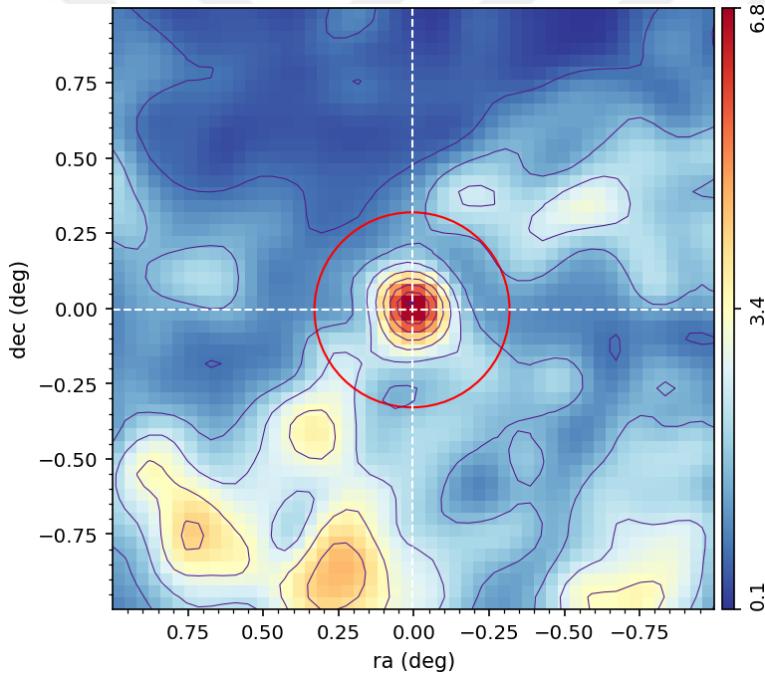
Şekil 4.99. (a) Dias 5 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Dias 5 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



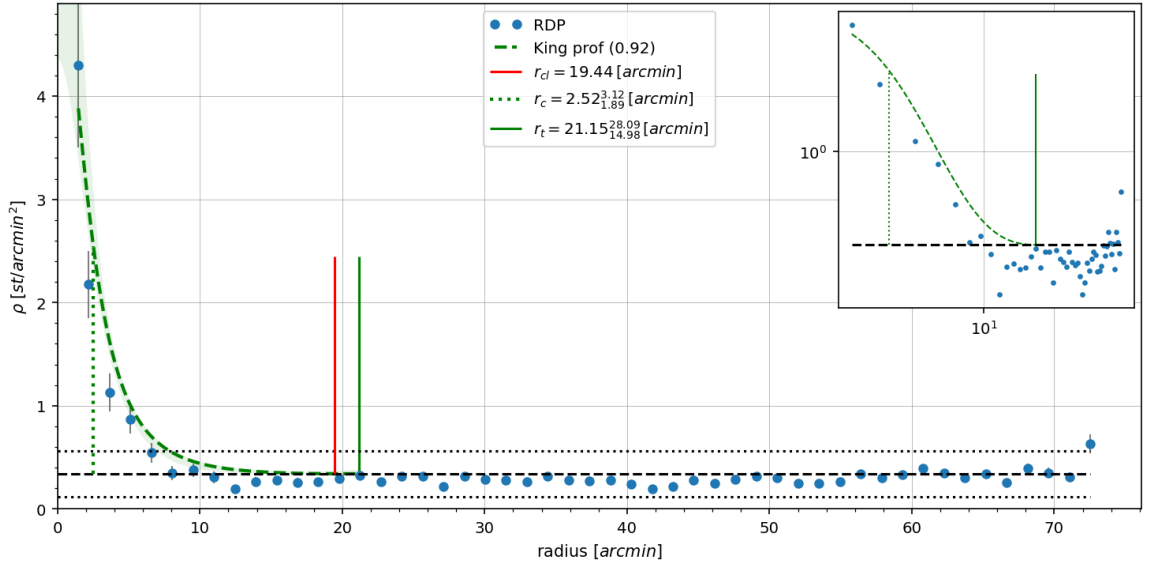
Şekil 4.100. Dias 5 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.26. NGC 6531

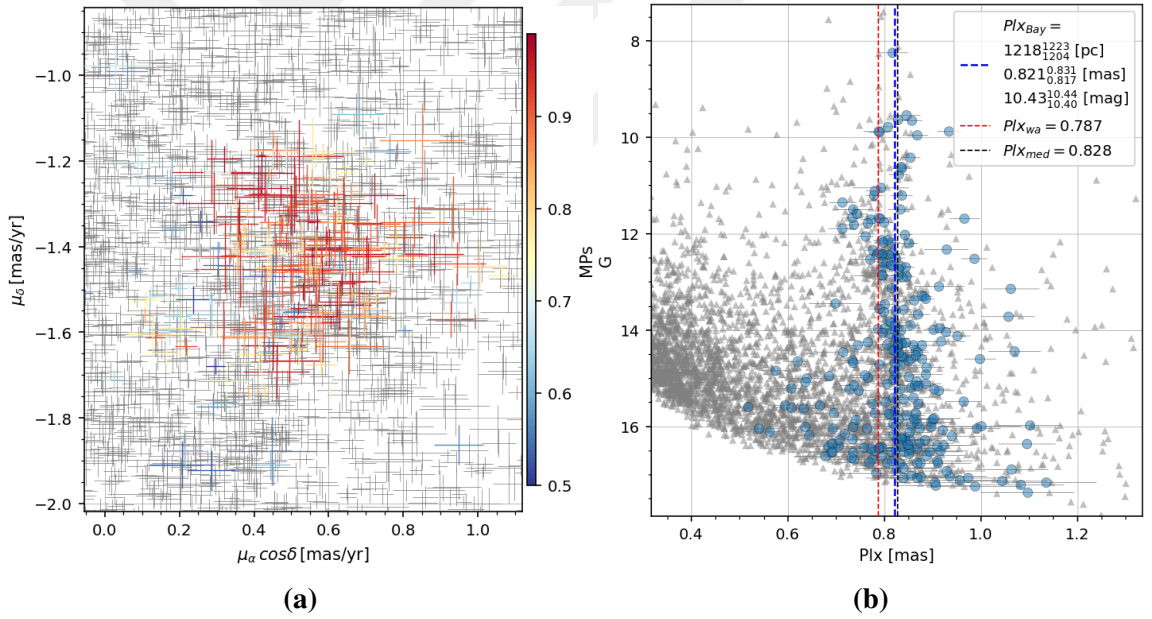
NGC 6531 (aynı zamanda M21 olarak da bilinmektedir) yıldız oluşum süreçlerinin devam ettiği genç açık kümelerden biridir. Bu nedenle, bu tür kümelerin kendilerini barındıran oymaklarla fiziksel bir bağlarının olması oldukça beklenen bir durumdur. Kümenin konumu Sgr OB1 oymağının merkezine yakındır. Kümenin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.525 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.521 \text{ mas y}^{-1}$ ve yaşı $\log \tau = 7.11 \text{ y}$ olarak Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından verilmiştir. Tez araştırmasında ise $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.497 \pm 0.254 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -1.543 \pm 0.341 \text{ mas y}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve Sgr OB1 oymağıyla ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.60 \pm 0.22 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = -1.60 \pm 0.28 \text{ mas y}^{-1}$) iyi uyum sergilediği görülmüştür. $\log \tau = 6.80 \pm 0.10$ yaşındaki oymakla tez araştırmasında açık küme için belirlenen $\log \tau = 6.88 \pm 0.04 \text{ y}$ değeri birbirinin neredeyse aynıdır. Kümenin çok büyük olasılıkla oymakla ortak bir geçmişe sahip olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.101, 4.102, 4.103 ve 4.104'te verilmiştir.



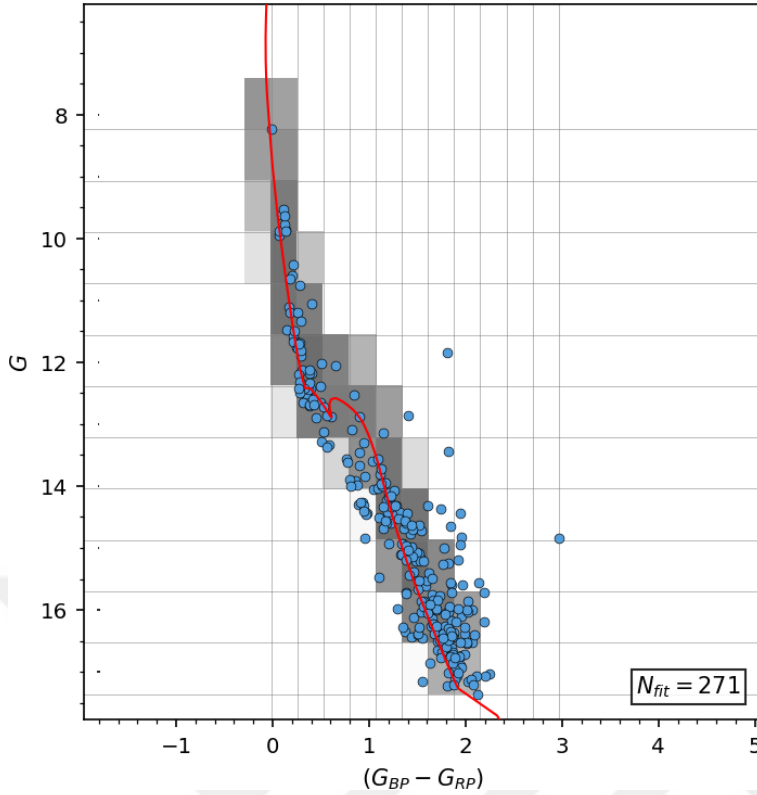
Şekil 4.101. NGC 6531 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.102. NGC 6531 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



Şekil 4.103. (a) NGC 6531 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 6531 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi

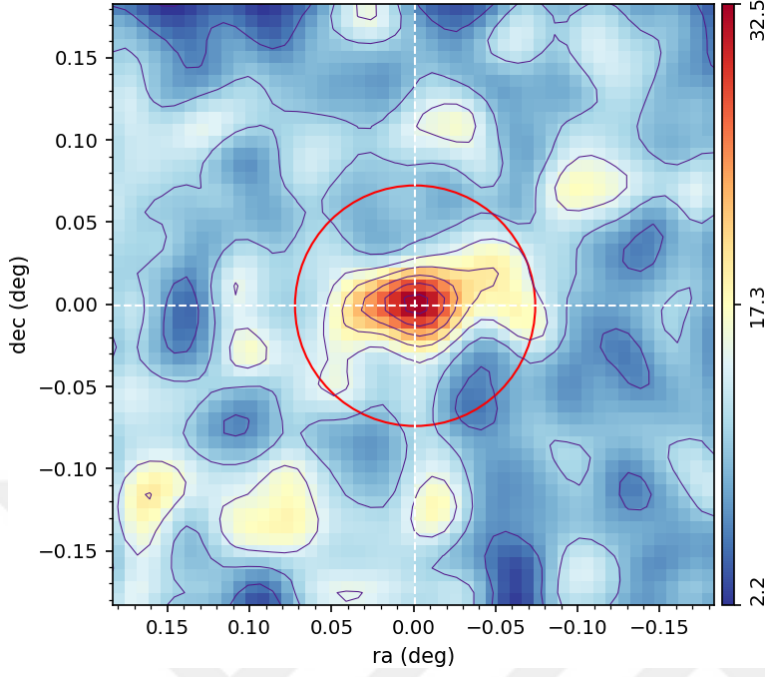


Şekil 4.104. NGC 6531 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

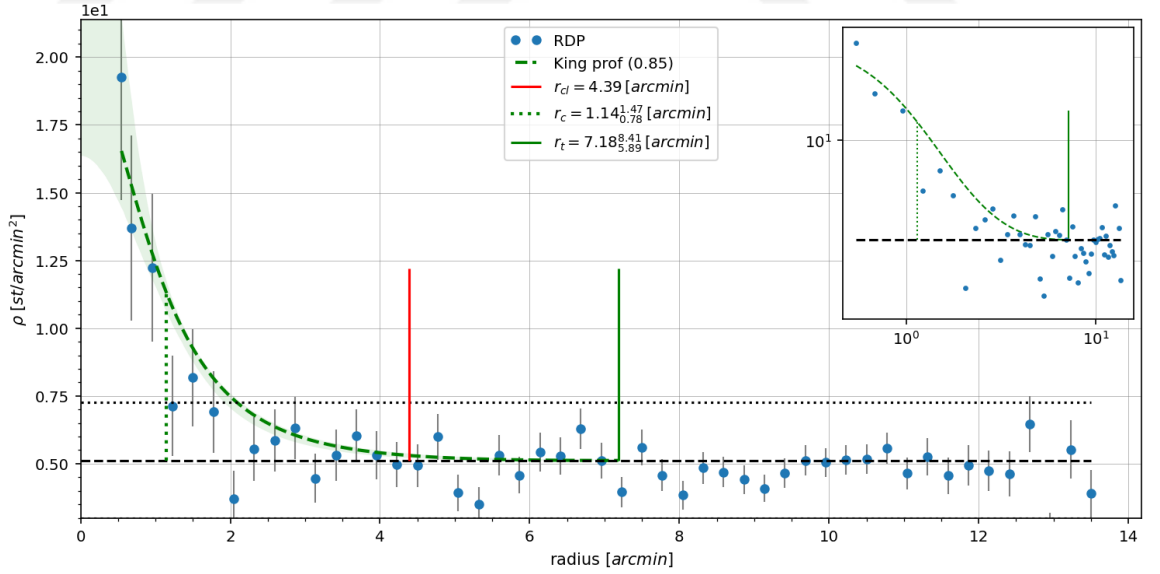
4.1.27. Haffner 21

Haffner (1957) Haffner 21 açık kümesini, 50'den daha az sayıda parlak ve sönük yıldızla, az miktarda da merkezi yoğunluğa sahip bir küme olarak tarif etmiştir. Pup OB2 oymağının sınırları tam olarak belirlenmemiş olsa da, Haffner 21 kümesinin koordinatları ve uzaklığı onu oymağın merkezine yaklaşık 60 pc mesafeye yerleştirmiştir. Kümenin ışık ölçüm incelemesi Haffner 20 komşu kümesiyle birlikte Fitzgerald ve Moffat (1974) tarafından yapılmıştır. Bahsedilen incelemede kümenin yaşıyla ilgili bir tahminde bulunulmamış, uzaklığı ise $d = 3.3 \pm 0.4 \text{ kpc}$ olarak hesaplanmıştır. Carraro vd. (2015), Haffner 21 kümesiyle birlikte gökada düzleminde bulunan 5 açık kümenin *UBVRI* fotometrik incelemesini sunmuş ve kesin kanıtları olmamasına rağmen kümenin Pup OB2 oymağının uzak bir üyesi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada Haffner 21'in $\log \tau = 8.1$ y yaşında olduğunu açıklamışlardır. Haffner 21 için bu tez araştırmasındaki yaş tahminimiz ($\log \tau = 8.67 \pm 0.27$) bahsedilen değerden yaşlı olsa da kümenin Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından yapılan son çalışmada elde edilen yaşıyla ($\log \tau = 8.43$ y) daha iyi uyum göstermektedir. Pup OB2 oymağının literatürde öz hareket bilgisi olmadığı için Haffner 21'in hesapladığımız öz hareketleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.865 \pm 0.425 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = 2.122 \pm 0.336 \text{ mas y}^{-1}$) birbiriyle kıyaslanamamıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.105, 4.106, 4.107 ve 4.108'de

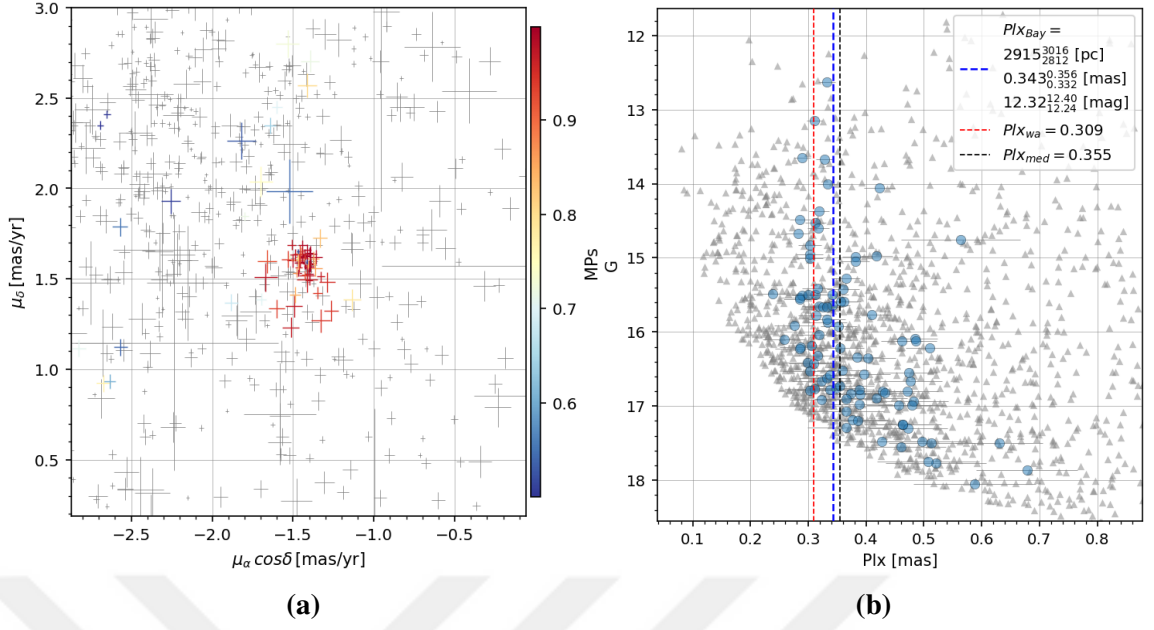
verilmiştir.



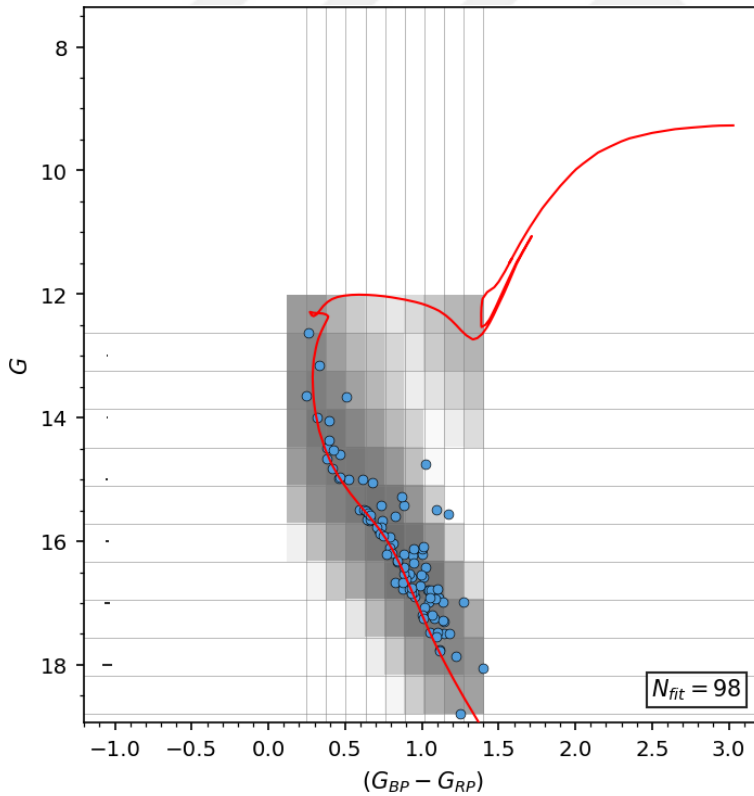
Şekil 4.105. Haffner 21 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.106. Haffner 21 açık kümesinin radyal yoğunluk profil ve King profili modeli



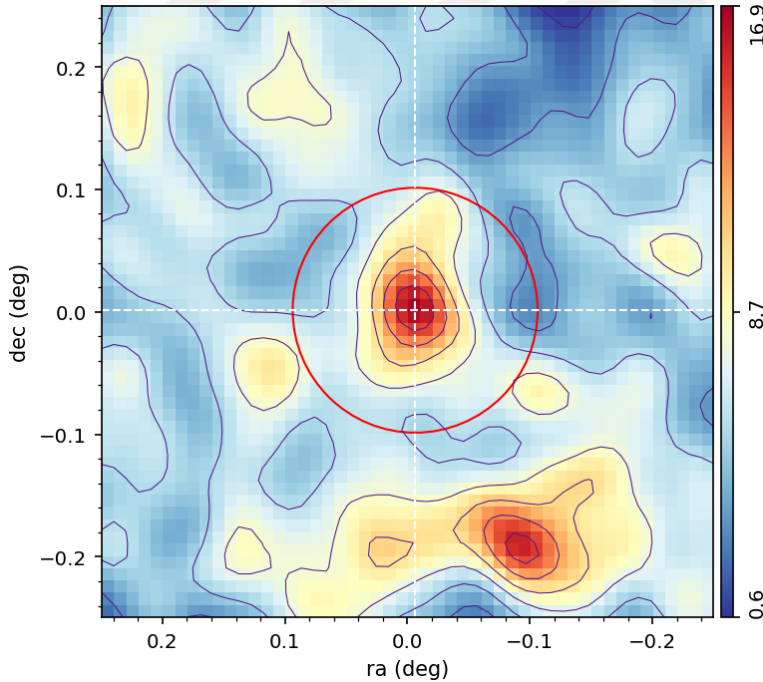
Şekil 4.107. (a) Haffner 21 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Haffner 21 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



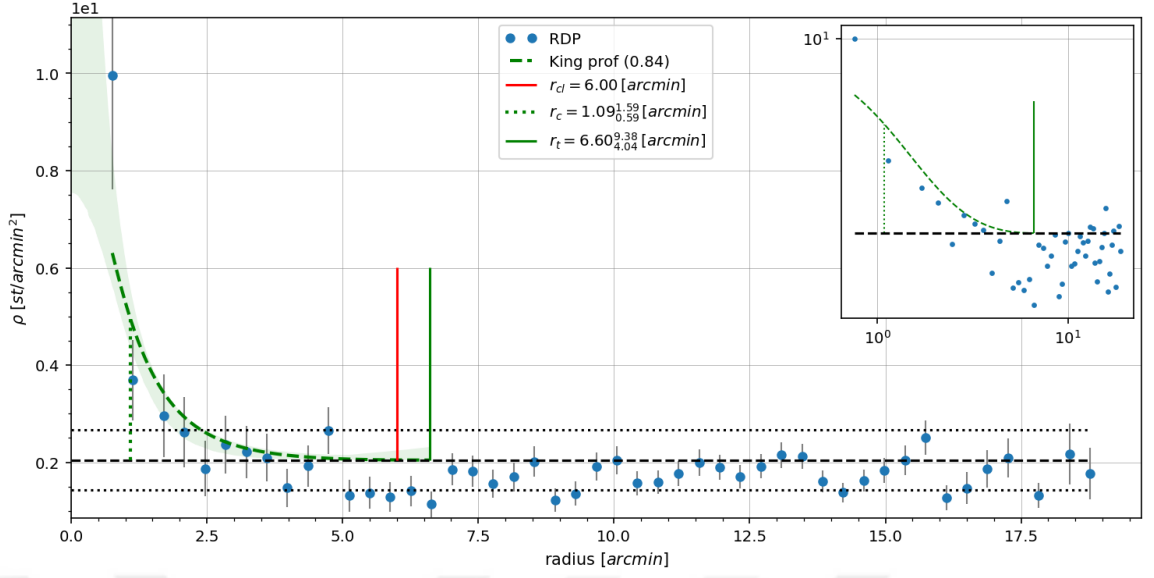
Şekil 4.108. Haffner 21 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.28. Ruprecht 130

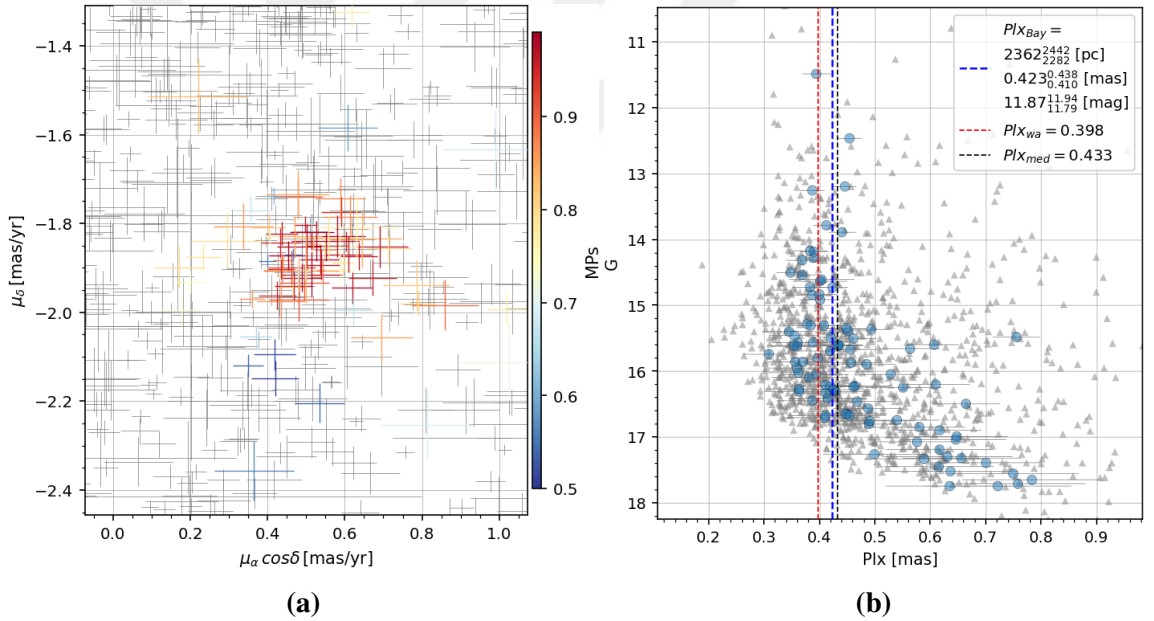
Tarihte ilk defa Ruprecht (1966) tarafından açık küme olarak listelenen Ruprecht 130, birbirine yakın görünür parlaklıklara sahip dağınık bir yıldız popülasyonu olarak tanımlanmıştır. Kümenin uzaydaki konumu onu Sgr OB5 oymağının sınırları içinde bulunduğunu göstermektedir. Bica ve Bonatto (2011) 2MASS kataloğundaki verilerden yararlanarak kümenin renk-parlaklık diyagramlarında gösterdikleri anakol yapısına göre yaşını ($\log \tau = 8$ y) olarak belirlemişlerdir. Cantat-Gaudin vd. (2020)'nin kataloğunda ise kümenin yaşı için $\log \tau = 8.6$ y verilmiştir. Bu tez araştırmasında yapılan analize göre kümenin $\log \tau = 8.14 \pm 0.34$ y yaşında olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Her üç yaş tahmininin de kümeyi çevreleyen oymağın $\log \tau = 6.93 \pm 0.15$ yıllık yaşından çok daha büyük olduğu görülmüştür. Kümenin hesapladığımız öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = 0.510 \pm 0.224 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -1.886 \pm 0.341 \text{ mas y}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Literatürde Sgr OB5'e üye yıldızların öz hareket bilgilerindeki eksiklikten dolayı oymağın öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.87 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -1.53 \text{ mas y}^{-1}$) için hata payı mevcut değildir, bu sebeple şu anki haliyle küme ve oymağın hem yaş hem de öz hareket vektörü değerlendirildiğinde birbiriyle örtüşmediği anlaşılmıştır. Analiz çıktıları Şekil 4.109, 4.110, 4.111 ve 4.112'de verilmiştir.



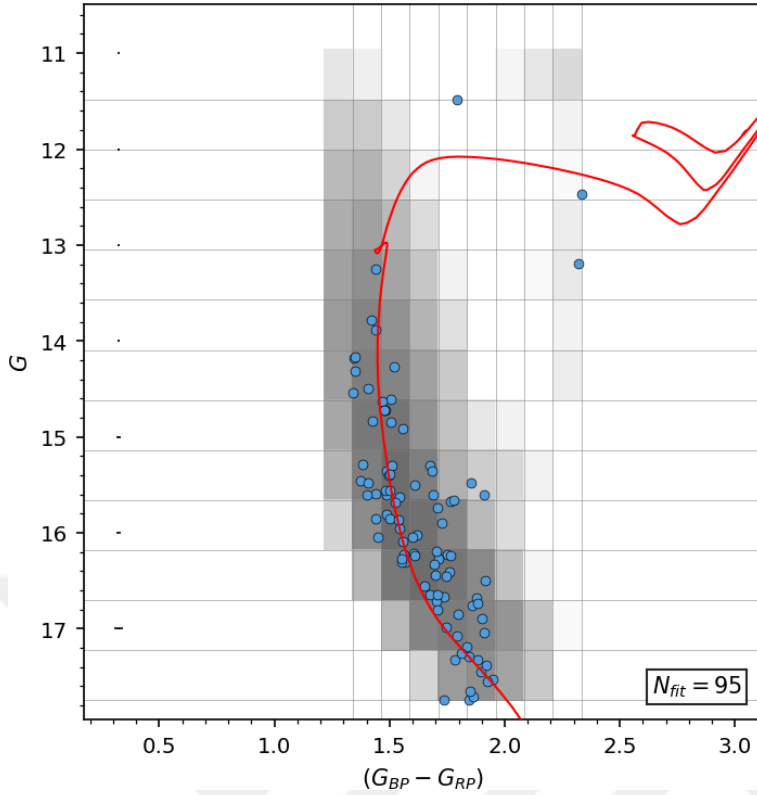
Şekil 4.109. Ruprecht 130 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.110. Ruprecht 130 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



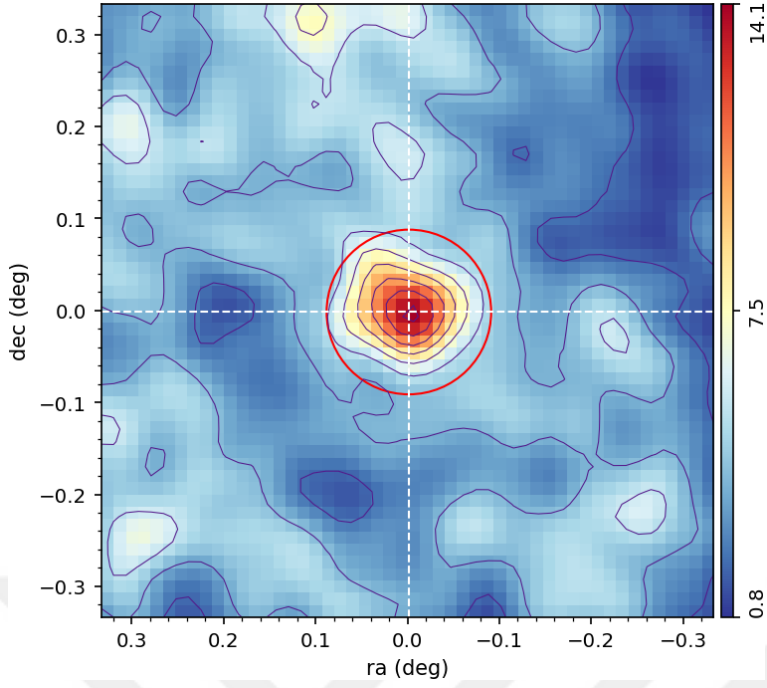
Şekil 4.111. (a) Ruprecht 130 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Ruprecht 130 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



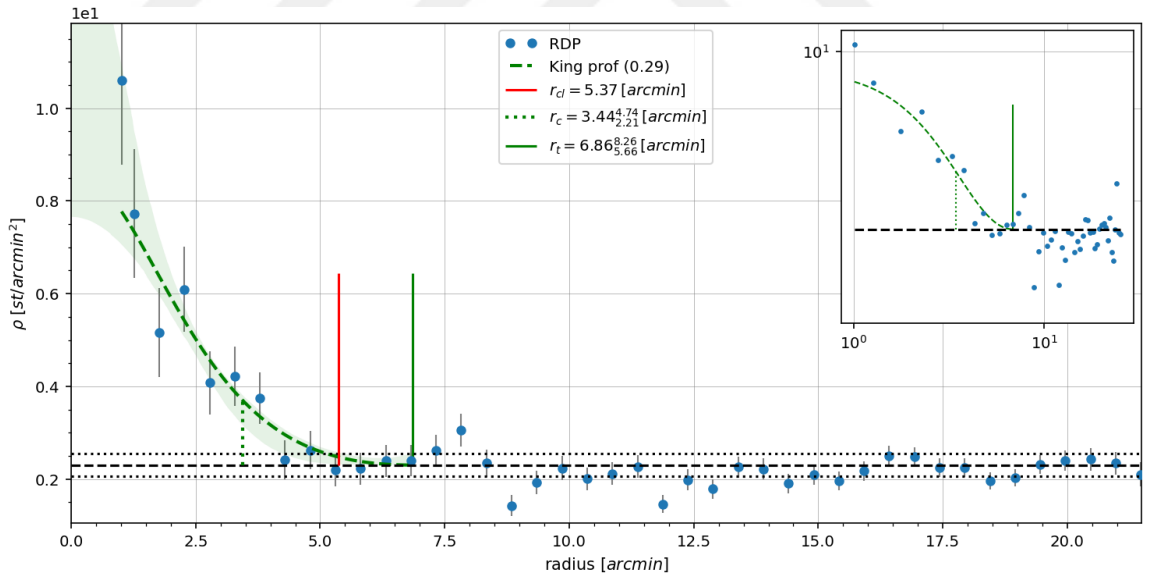
Şekil 4.112. Ruprecht 130 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.29. Ruprecht 134

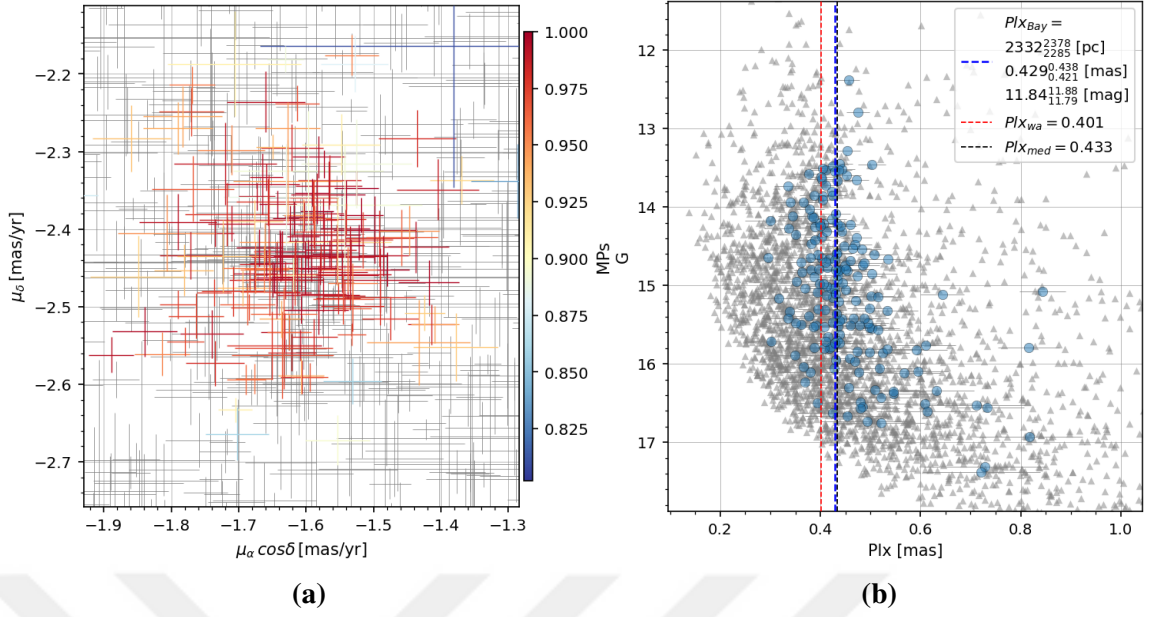
Ruprecht 134 de Ruprecht 130'a benzer şekilde ilk defa Ruprecht (1966) tarafından açık küme olarak listelenmiştir. Birbirine yakın görünür parlaklıklara sahip dağınık bir yıldız popülasyonu olarak tanımlanan küme Sgr OB5 oymağının sınırları içinde yer almaktadır. Açık küme bölgesinin ışık ölçüm incelemesi Carraro vd. (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kümenin renk-parlaklık diyagramındaki dağılımının eş yaş eğrileriyle modellenmesinde karşılaşılan zorluğa dikkat çekerek kümenin yaşını $\log \tau = 9$ y olarak hesaplamışlardır. GAIA eDR3 verileri kullanılarak bu tez araştırmasında kümenin renk-parlaklık diyagramında gösterdiği anakol yapısının belirgin şekilde gözlemlendiği tespit edilmiş ve kümenin yaşı $\log \tau = 8.90 \pm 0.10$ y olarak belirlenmiştir. Kümenin tezde elde edilen öz hareket bileşenlerinin ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -1.620 \pm 0.138$ $mas\ y^{-1}$, $\mu_{\delta} = -2.395 \pm 0.204$ $mas\ y^{-1}$) ise oymağın öz hareket bileşenleriyle ($\mu_{\alpha} \cos \delta = 1.87$ $mas\ y^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = -1.53$ $mas\ y^{-1}$) uyumlu olmadığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla hem Ruprecht 130 hem de Ruprecht 134'ün Sgr OB5 oymağı sınırlarında yer almalarına rağmen hem öz hareket bileşenlerindeki uyumsuzluk hem de yaşları arasındaki büyük farktan ötürü ortak bir geçmişe sahip olmaları konusundaki olasılığı oldukça azaltmaktadır. Analiz çıktıları Şekil 4.113, 4.114, 4.115 ve 4.116'da verilmiştir.



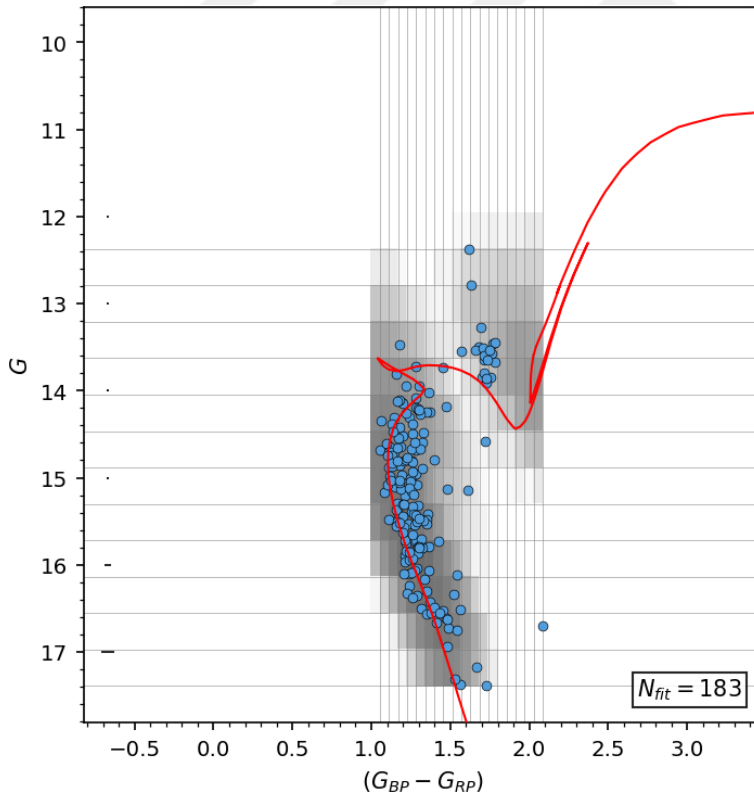
Şekil 4.113. Ruprecht 134 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.114. Ruprecht 134 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



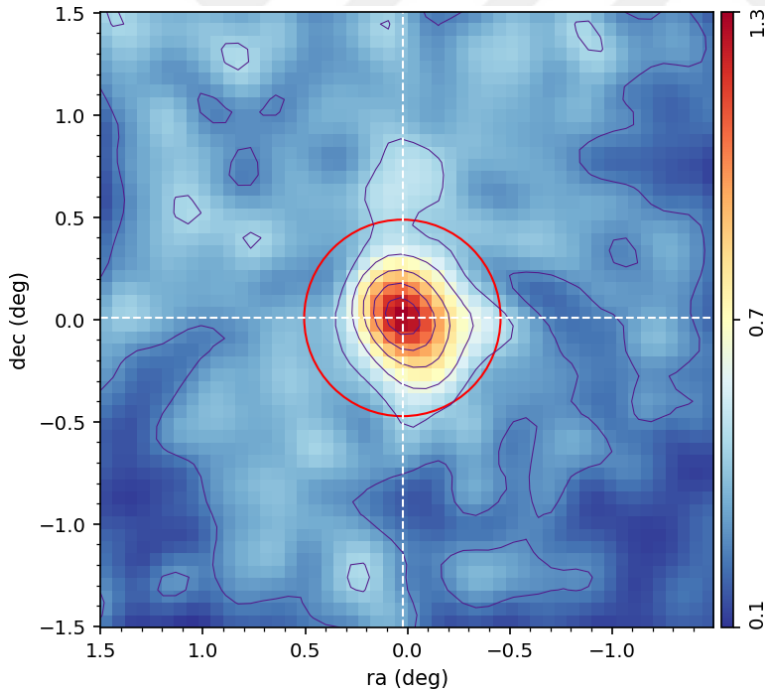
Şekil 4.115. (a) Ruprecht 134 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) Ruprecht 134 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



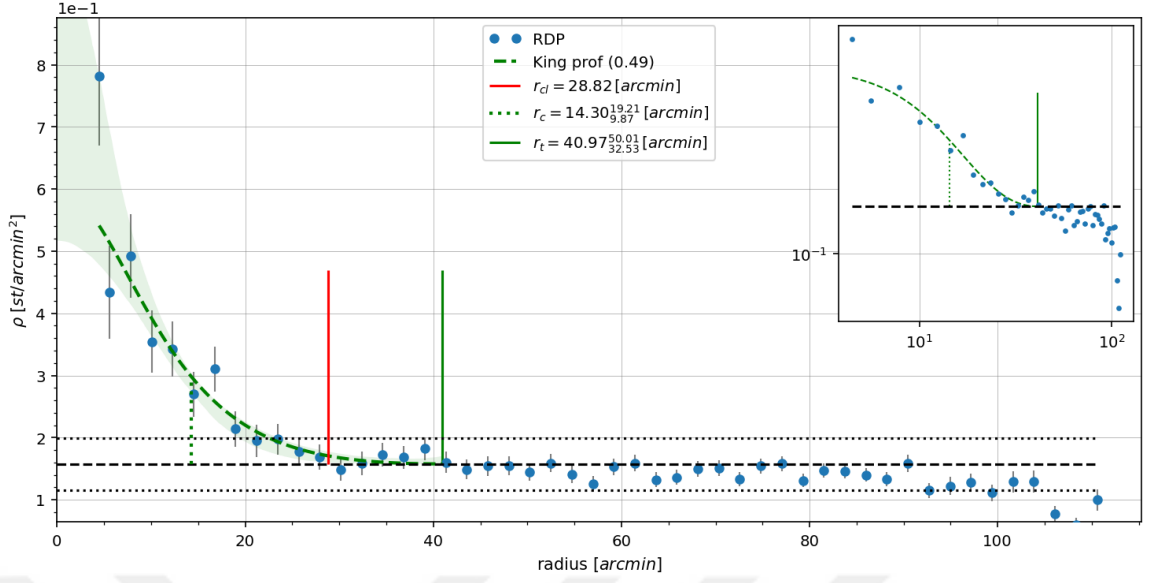
Şekil 4.116. Ruprecht 134 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.30. NGC 2547

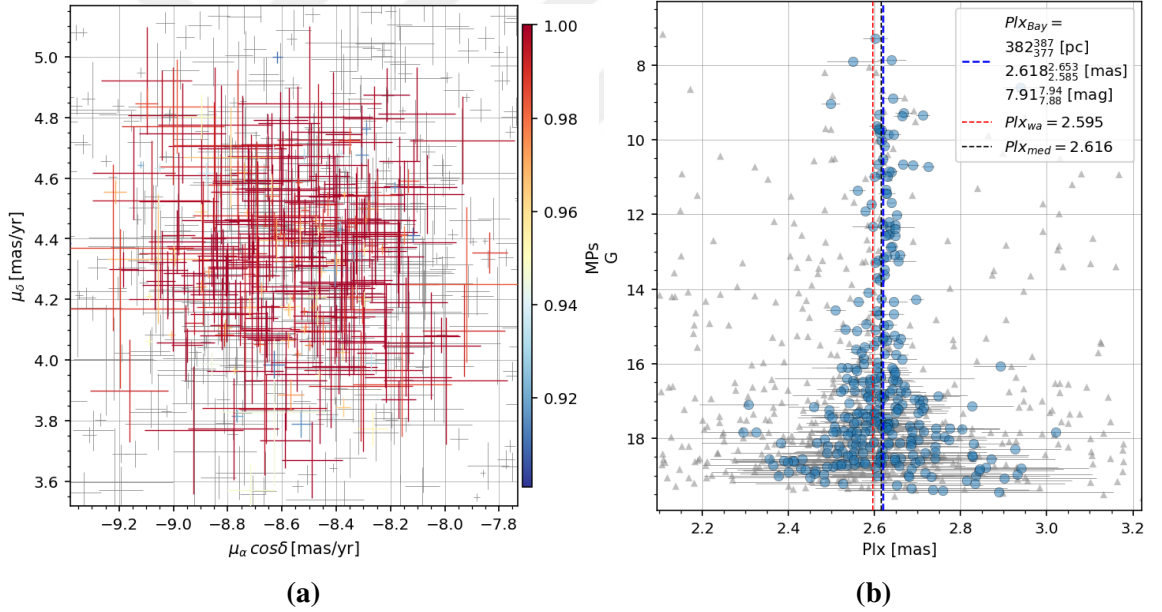
Vel OB2 oymağı içinde konumlanan NGC 2547 üzerine ilk kapsamlı fotometrik inceleme Claria (1982) tarafından yürütülmüştür ve kümenin yaşının $\log \tau = 7.48$ ile $\log \tau = 7.90$ y aralığında olması gerektiğini bildirmiştir. Jeffries (1999) küçük kütleli üyelerin atmosferlerindeki lityum çizgilerini inceleyerek kümenin yaşını $\log \tau = 7.54 \pm 0.04$ y olarak belirlemiştir. Naylor vd. (2002) eş yaş eğrileri kullanarak yaptıkları araştırmalarında kümenin yaşı için $\log \tau = 7.48 \pm 0.07$ y çıkarımını yapmışlardır. Tez araştırmasında yapılan incelemeye göre $\log \tau = 7.42 \pm 0.07$ yıllık bir yaş değerinde karar kılınmıştır. Vel OB2'nin literatürdeki $\log \tau = 7.42 \pm 0.07$ yıllık yaşı değerlendirildiğinde kümenin oymaktan daha önce şekillendiği anlaşılmıştır. Öz hareket bileşenleri Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından $\mu_{\alpha} \cos \delta = -8.609$ $mas\ y^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = 4.262$ $mas\ y^{-1}$ olarak verilmiştir. Tez çalışmamızda buna yakın bir sonuç ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -8.551 \pm 0.440$ $mas\ y^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = 4.329 \pm 0.288$ $mas\ y^{-1}$) elde edilmiştir. Elde edilen değerler Vel OB2'nin öz hareket bileşenleriyle ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -9.21 \pm 0.32$ $mas\ y^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = 5.81 \pm 2.97$ $mas\ y^{-1}$) hata sınırları dahilinde uyumlu olduğu görülmektedir. Analiz çıktıları Şekil 4.117, 4.118, 4.119 ve 4.120'de verilmiştir.



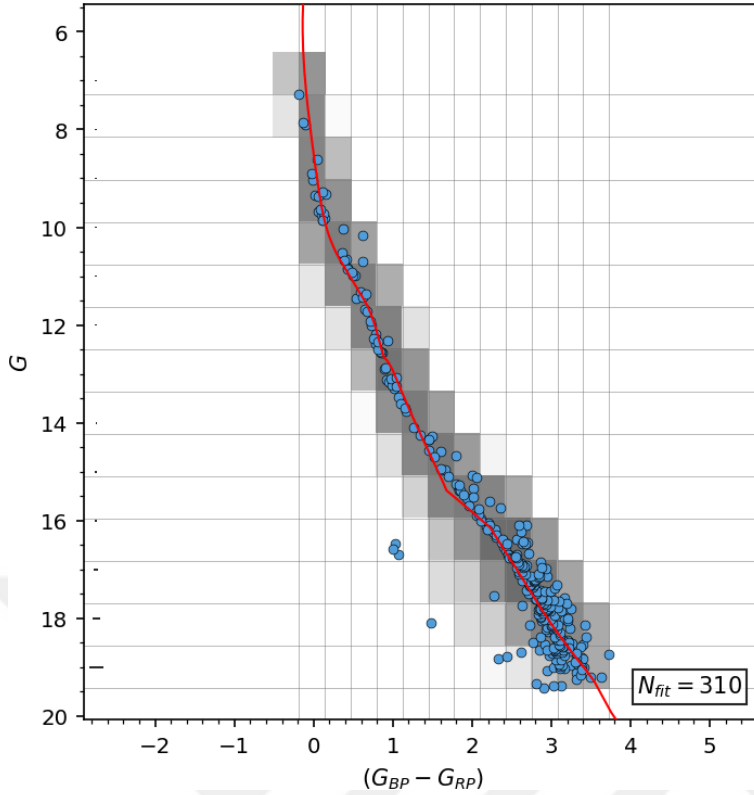
Şekil 4.117. NGC 2547 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.118. NGC 2547 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



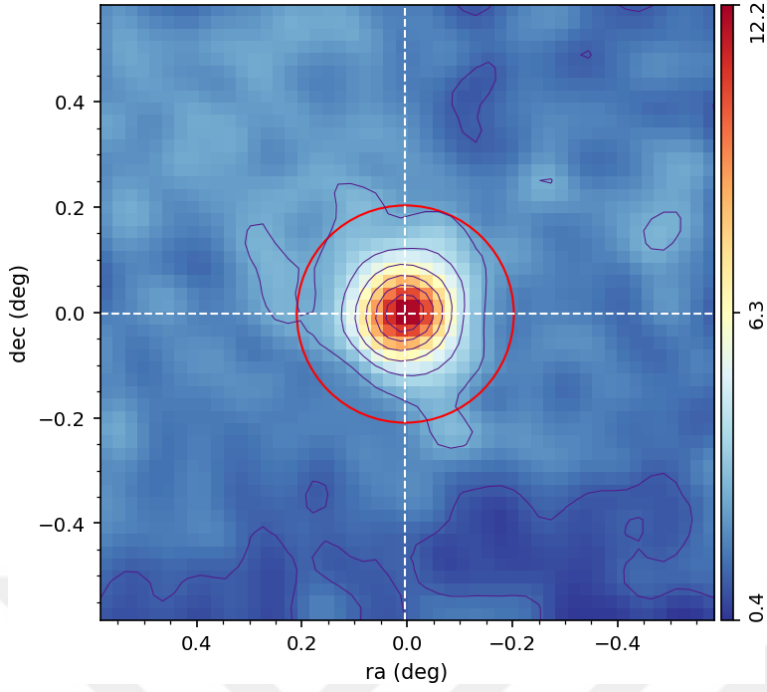
Şekil 4.119. (a) NGC 2547 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 2547 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi



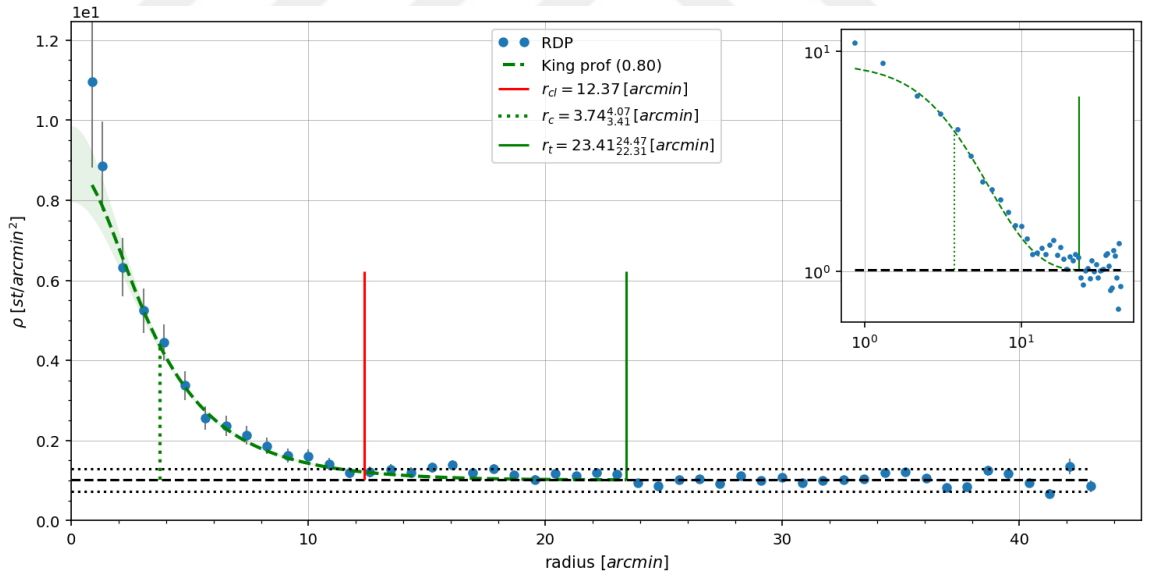
Şekil 4.120. NGC 2547 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.1.31. NGC 3766

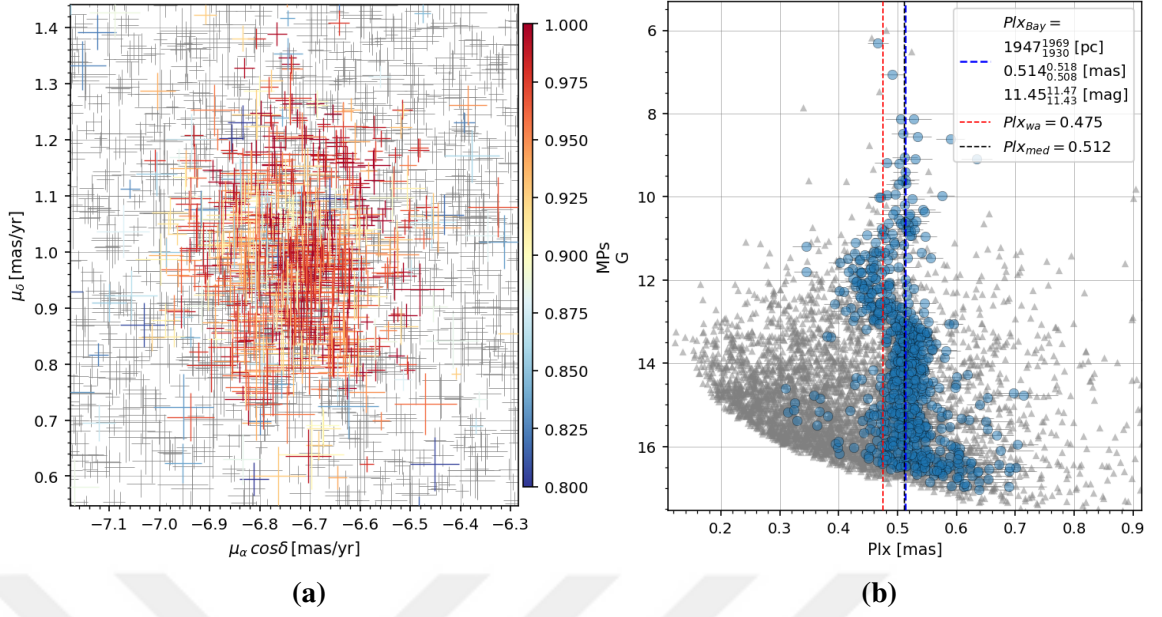
NGC 3766 ilk defa Collinder (1931) tarafından Collinder 248 adıyla kataloglanmıştır. NGC 3766 diğer kümeler arasında en fazla Be-türü yıldızla sahip genç açık kümelerden biridir (Yadav vd. 2013). Kümenin konumu Cru OB1 oymağının merkezine yakın bir bölgede yer almaktadır. Baumgardt vd. (2000)'nin gerçekleştirdiği astrometrik araştırmasına göre kümenin öz hareket bileşenleri $\mu_{\alpha} \cos \delta = -7.21 \pm 0.34 \text{ mas y}^{-1}$ ve $\mu_{\delta} = 1.33 \pm 0.35 \text{ mas y}^{-1}$ olarak açıklanmıştır. Bu tez çalışmasında öz hareket bileşenleri ($\mu_{\alpha} \cos \delta = -6.733 \pm 0.178 \text{ mas y}^{-1}$, $\mu_{\delta} = 0.994 \pm 0.210 \text{ mas y}^{-1}$) belirsizlik limitleri içerisinde Baumgardt vd. (2000)'nin değerlerine yakın olarak hesaplanmıştır. Kümenin temel parametrelerinin elde edilmesi amacıyla yapılan incelemede Yadav vd. (2013) kümenin yaşını $\log \tau = 7.30 \text{ y}$ olarak belirlemişlerdir. Bu tez araştırmasında $\log \tau = 7.43 \pm 0.02 \text{ y}$ olarak hesaplanan kümenin yaşının Tetzlaff vd. (2010)'nin oymak için yayınladığı ($\log \tau = 6.78 \pm 0.07 \text{ y}$) yaştan bir miktar daha büyük olduğu görülmüştür. Analiz çıktıları Şekil 4.121, 4.122, 4.123 ve 4.124'te verilmiştir.



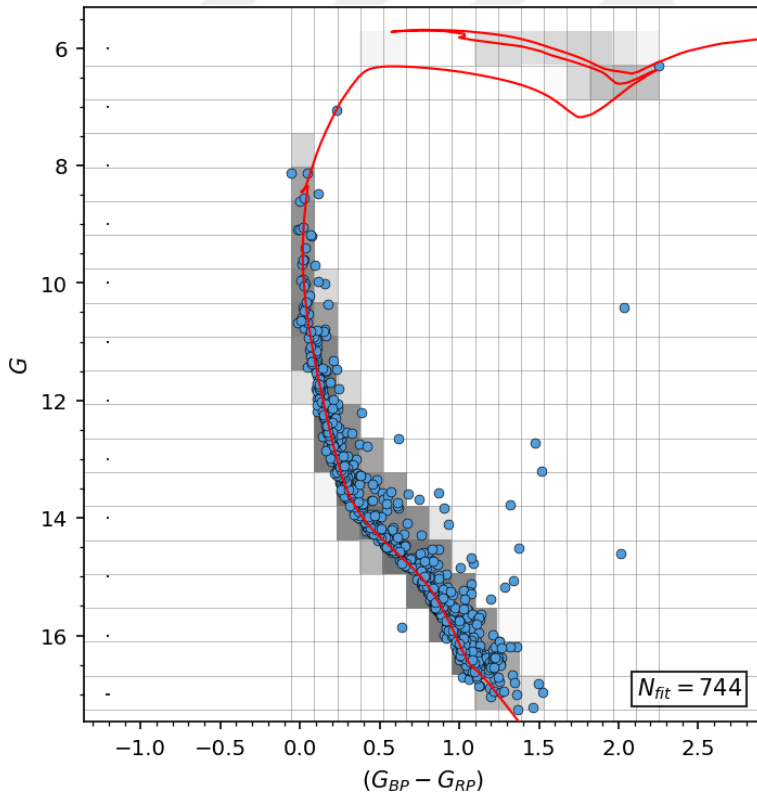
Şekil 4.121. NGC 3766 açık kümesinin yoğunluk haritası ve merkez koordinatlarının tespiti



Şekil 4.122. NGC 3766 açık kümesinin radyal yoğunluk profili ve King profil modeli



Şekil 4.123. (a) NGC 3766 açık kümesinin öz hareket vektör diyagramı ve yıldızların üyelik olasılıkları; (b) NGC 3766 açık kümesinin trigonometrik paralaks analizi

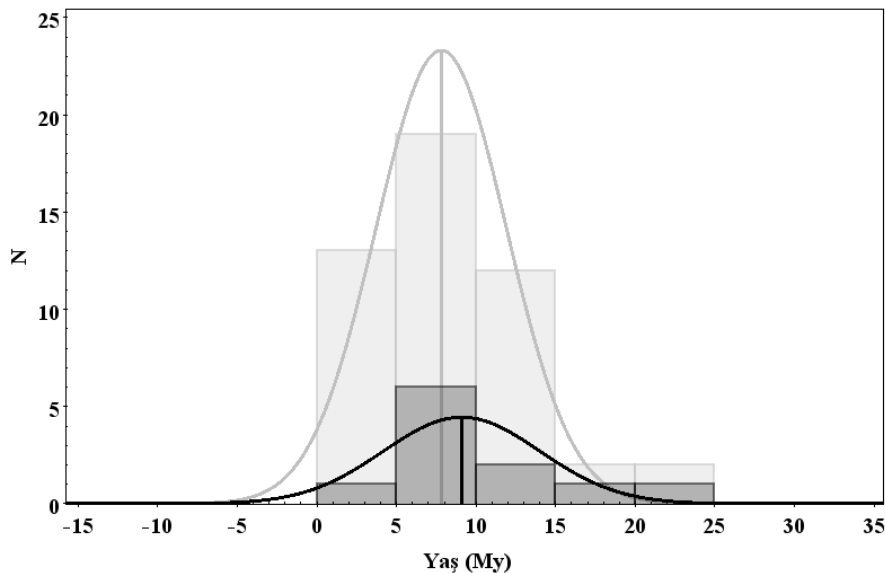


Şekil 4.124. NGC 3766 açık kümesinin renk-parlaklık diyagramı ve eş yaş eğrisiyle temsil edilmesi

4.2. Oymakların Özelliklerinin Karşılaştırılması

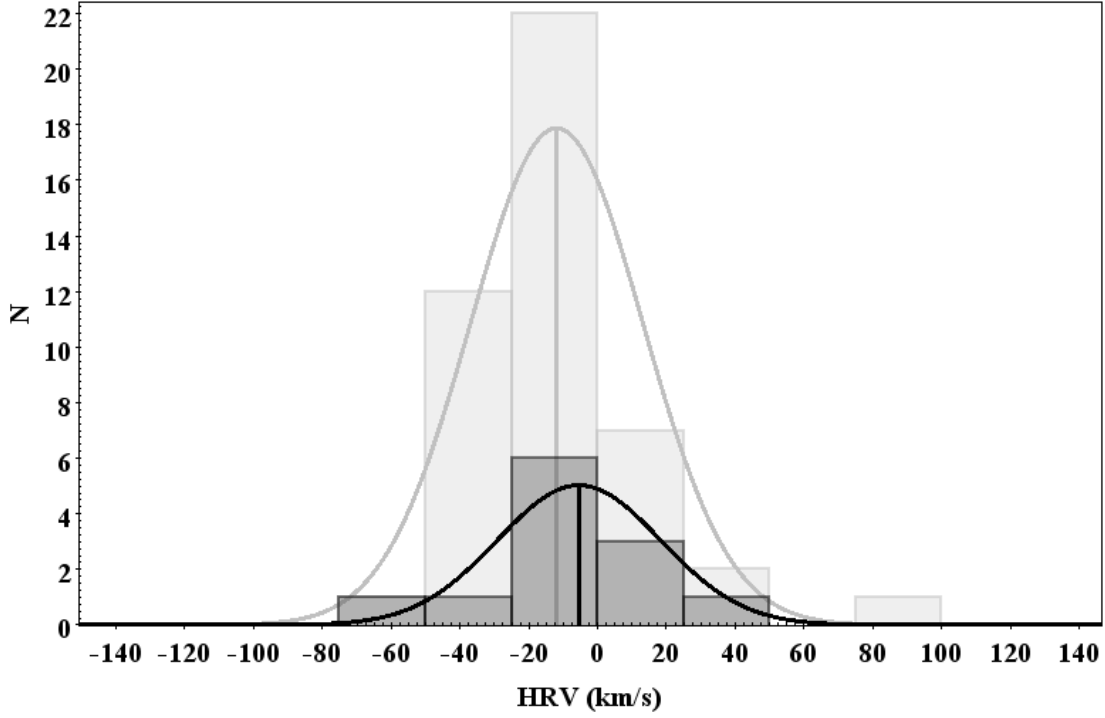
Açık kümelerde ve oymaklarda yaş ve kimyasal kompozisyon benzerliği aynı orijinden (aynı yıldızlararası maddeden aynı zamanda) gelme bilgisi olarak kullanılır. Uzaklık ve öz hareket benzerliği aynı orijinden gelmeye doğrudan kanıt olmasa bile, yaş ve kimyasal kompozisyona dayanak veya destekleyici bilgi sağlayabilir. İncelenen açık kümeler halihazırda ilgili oymakların yarıçapları içinde yer aldıklarından uzaklık kriterini karşılamaktadırlar. Ancak, sınırları içinde açık küme barındırdığı belirlenen oymakların literatürde kimyasal bollukları üzerine yeterli veriye ulaşılamamıştır. Bu sebeple kimyasal bollukları karşılaştırmak mümkün olmamıştır. Oymak-açık küme ikililerinin ilişkileri uzaklık, öz hareket ve yaş kriterleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Sonrasında oymakların kendi arasında, açık küme içerenlerden öz hareket uzayında uyum gösterenler ile açık küme içeren ancak öz hareketleri birbirinden farklı olanlarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların özellikleri karşılaştırılmıştır.

Oymakların açık küme içerip içermemelerini belirlemeye işaret eden bir fiziksel özelliğin varlığını araştırmak için oymakların bilinen parametrelerine göre bir dizi histogramlar oluşturulmuştur. Şekil 4.125'te oymakların yaş dağılımı karşılaştırması gösterilmiştir. Yarıçapı içinde açık küme barındıran ve onlarla öz hareket uzayında uyumlu yapılar gösteren oymakların yaş histogramı siyah renkle belirtilmişken, açık küme barındırmayan veya barındırsa bile öz hareketlerinde uyumsuzluk olan oymakların yaş dağılımları gri renkle temsil edilmiştir. Histogramlara Gaussian dağılım fonksiyonları fit edilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre yaş dağılımlarının benzer olduğu görülmüş, her iki grup arasında belirgin bir yaş farkına rastlanmamıştır.



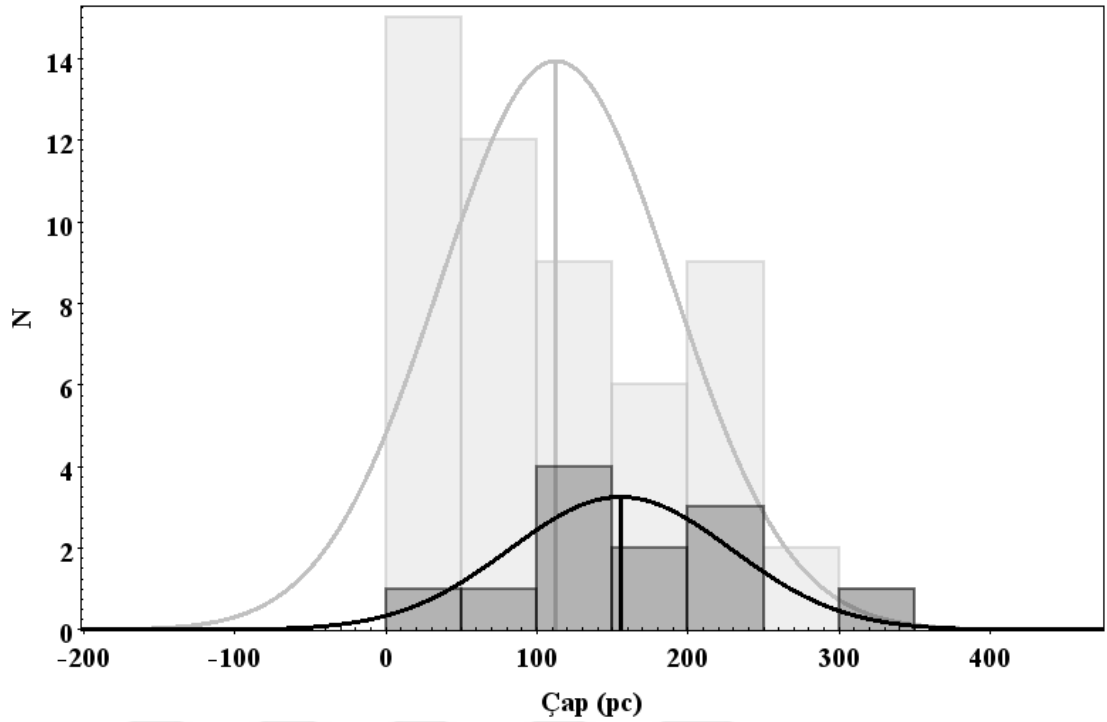
Şekil 4.125. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) yaş dağılımları

Benzer şekilde Şekil 4.126'da oymakların Güneş merkezli dikine hız histogramları karşılaştırılmıştır. Yarıçapı içinde açık küme barındıran ve onlarla öz hareket uzayında uyumlu yapılar gösteren oymakların dikine hız dağılımları siyah renkle belirtilmişken, açık küme barındırmayan veya barındırsa bile öz hareketlerinde uyumsuzluk olan oymakların dikine hız histogramı gri renkle temsil edilmiştir. Bu karşılaştırmaya göre iki grup arasında belirgin bir fark ortaya koyabilecek bulguya rastlanmamıştır.



Şekil 4.126. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) Güneş merkezli dikine hız dağılımları

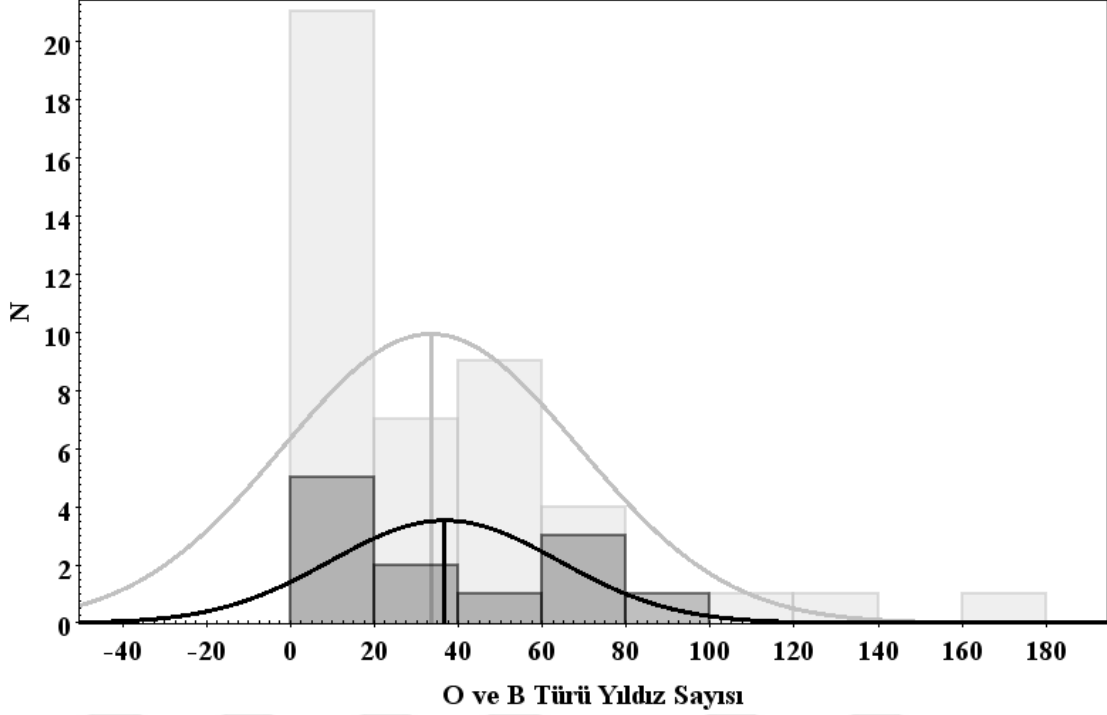
Çapları büyük olan oymakların küçük olanlara göre açık küme barındırma olasılığının daha yüksek olabileceği düşünülerek küme içeren ve içermeyen oymakların çap verilerinin dağılımı birbiriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 4.127). Açık küme içerip, öz hareketi de içerdiği kümeyle uyumlu oymakların ortalama 155 *pc* çaplık bir dağılıma sahip olduğu, geriye kalan oymakların 113 *pc* ortalama çap değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak standart sapmaların sırasıyla 73 *pc* ve 77 *pc* olması sebebiyle aradaki farkın ayırt edici bir özellik olabileceği düşünülmemektedir. Dolayısıyla oymak büyüklüğüyle, açık küme içerip içermemeleri arasında herhangi bir korelasyon bulunmamıştır.



Şekil 4.127. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) çap dağılımları

Uzayda sınırları belirli bir hacim içinde beraber oluşan bir yıldız topluluğunun başlangıç kütle fonksiyonu (Salpeter 1955; Kroupa 2001; Miller ve Scalo 1979) göz önünde bulundurulduğunda birim kütle aralıklarındaki yıldız sayılarının dağılımı o yıldız topluluğunun toplam kütlelerinin bir göstergesi olarak ele alınabilmektedir. O halde büyük kütleli yıldız üyesi daha fazla olan bir grubun başlangıçtaki toplam kütlelerinin aynı kütle aralığındaki üye sayısı daha az olan bir yıldız grubundan daha büyük olacağı çıkarımını yapmak mümkündür. Bu düşünceyle, başka bir karşılaştırma yapabilmek adına oymakların başlangıçtaki toplam kütlelerinin bir göstergesi olarak O ve B-tayf türünden büyük kütleli üye yıldızlarının sayıları Şekil 4.128’de ele alınmıştır. Yarıçapı içinde açık küme barındıran ve onlarla öz hareket uzayında uyumlu yapılar gösteren oymakların büyük kütleli üye sayılarının histogramı siyah renkle belirtilmişken, açık küme barındırmayan veya barındırsa bile öz hareketlerinde uyumsuzluk olan oymakların büyük kütleli üye sayılarının histogramı gri renkle temsil edilmiştir. Bu karşılaştırmada açık küme içeren ve benzer uzay hareketi sergileyen oymaklardaki O-B üyelerinin sayısı ile geriye kalan oymaklardaki O-B yıldız sayısı dağılımının birbiriyle neredeyse aynı olduğu görülmüştür. Oymakların uzayda kapladıkları hacimlerin büyüklüğü ve seyrek yıldız toplulukları olmaları üyelerinin iyi belirlenmesi konusunda sorun teşkil etse de tüm oymakların benzer bir etkiye maruz kalacakları beklendiğinden, gerçekteki üye sayıları gözlenenden farklı olsa bile incelenen dağılımların değişmesi beklenmemektedir.

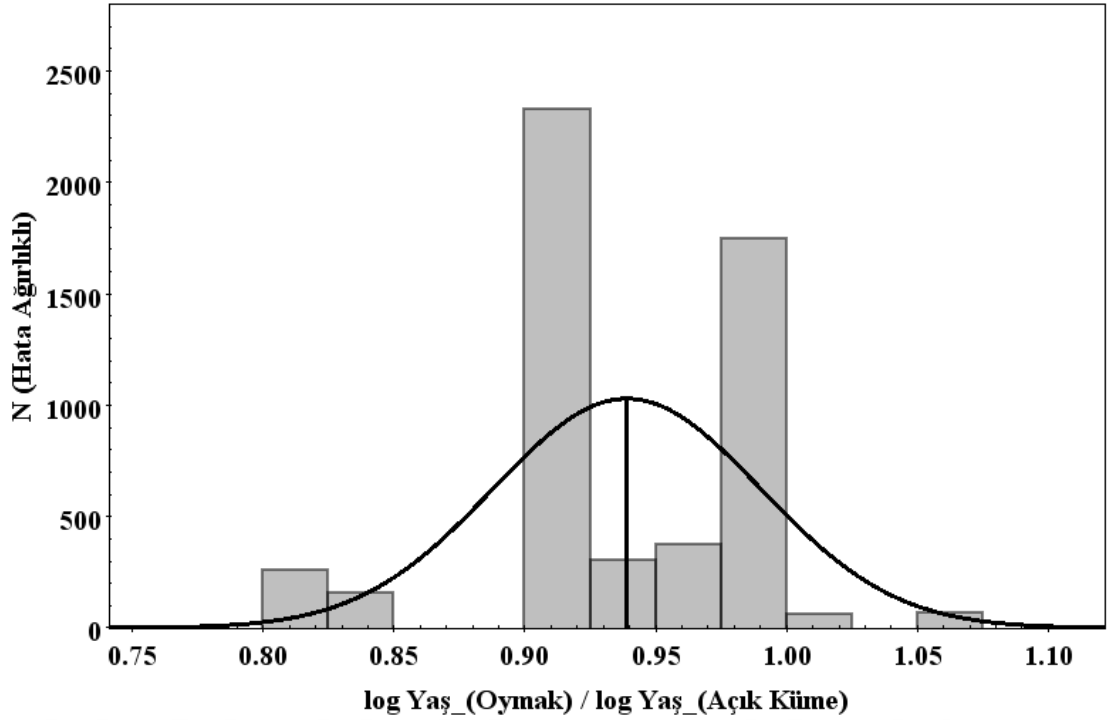
Dolayısıyla başlangıçtaki toplam kütlesi daha fazla olması beklenen oymaklarla daha az olması beklenen oymaklar arasında açık küme içerip içermemeleri bakımından bir farka işaret eden bulguya rastlanmamıştır.



Şekil 4.128. İçerdikleri açık kümelerle uyumlu öz harekete sahip oymakların (siyah) ve içerdikleri açık kümelerle uyumsuz öz harekete sahip oymaklarla birlikte hiç açık küme içermeyen oymakların (gri) O ve B-tayf türü üye yıldız sayılarının dağılımı

Oymaklarla fiziksel bağı araştırılan açık kümelerin, eğer ortak bir kökene sahiplerse, aynı moleküler bulutundan şekillenmiş olmaları gerekmektedir. Hem açık kümelere hem de oymaklara çok sayıda büyük kütleli O ve B-tayf türünden yıldızlar üye olduğundan genç yapılar olarak bilinmektedirler. Yani yıldız oluşum süreçleri üzerinden çok fazla zaman geçmiş olmaması beklenmektedir. O halde bu iki yıldız grubunun da yaklaşık aynı zamanlarda oluşmuş olmaları gerekmektedir. Bu sebeple açık kümelerin yaşları kendilerini çevreleyen oymakların yaşlarıyla karşılaştırılmıştır. Şekil 4.129'da sadece açık küme içeren ve onlarla benzer uzay hareketine sahip olan oymakların yaşının içerdikleri açık kümelerin yaşına oranlarının dağılımı gösterilmiştir. Logaritmik ölçekte gösterilen yaş oranları hata oranlarına göre ağırlıklandırılarak ($1/\sigma^2$) verilmiştir. Veri setinde açık küme içeren 18 oymaktan bir tanesi (Pup OB1) için literatürde yaş bilgisi bulunmadığından karşılaştırmaya dahil edilmemiştir. Kalan 17 oymaktan 12'sinde oymak-açık küme ikililerinin öz hareket vektörleri birbiriyle uyum içindedir. 5 oymakta ise barındırdıkları açık kümelerle oldukça farklı öz harekete sahip oldukları görülmüştür. 12 oymak içinde kendisine benzer öz harekete sahip 18 açık küme bulunmaktadır. Bu

açık kümelerin sadece 2'sinin (yaklaşık %10) yaşları ilgili oymağın yaşından küçük çıkmış, 16 tanesinde (yaklaşık %90) ise açık kümelerin etraflarındaki oymaktan yaşlı olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuca göre oymak sınırları içindeki açık kümelerin bariz olarak oymaklardan daha önce oluşmuş oldukları anlaşılmaktadır.



Şekil 4.129. Oymakların yaşının, sınırları içinde bulunan ve uyumlu öz harekete sahip açık kümelerin yaşına oranlarının dağılımı

5. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında literatürde sıkça dile getirilen ancak üzerinde detaylı ve sistematik bir inceleme yapılmadığı belirlenen, oymakların çoğunun açık küme barındırdıkları iddiasından (Örneğin; Stevenson 2015; Wright vd. 2022) yola çıkılarak, güncel ve yüksek hassasiyetli GAIA verileri yardımıyla, hangi oymakların sınırlarında (oymanın r yarıçapı içinde) açık küme barındırdığı, hangilerinin bu açık kümelerle ortak bir geçmişe sahip olabileceği, içerdikleri açık kümelerle benzer uzay hareketi gösteren oymakların diğer oymaklardan belirgin bir farkı olup olmadığı ortaya konmak üzere araştırma yapılmıştır. Bu amaçla ilk önce oymaklar ve açık kümeler hakkında gerekli literatür bilgileri incelenmiştir. En kapsamlı ve güncel kataloglardan yararlanarak duyarlı uzaklık ve koordinat bilgileri kullanılarak hangi açık kümenin hangi oymağın sınırları içinde yer aldığı belirlenmiş ve listelenmiştir. Sonraki süreçte, kullanıma yeni sunulan GAIA eDR3 verileri kullanılarak listemize dahil edilen açık kümelerin uzaklık, öz hareket bileşenleri, yaş, renk artığı, uzaklık modülü, kızıllaşma ve metal kesirleri gibi temel özellikleri hesaplanmıştır. Kümelerin uzaklık, yaş ve öz hareket bileşenleri oymakların literatürdeki mevcut bilgileriyle karşılaştırılmıştır. Böylece birbiriyle ortak bir geçmişe sahip olabilecek oymak-açık küme ikilileri tespit edilmiştir. Son olarak bu oymakları diğer oymaklardan ayıran bir özelliğin varlığı sorgulanmıştır.

İncelenen açık kümelerin temel parametreleri referans alınan kataloglarda kullanılan verilere kıyasla erişime sunulmuş daha güncel veriler yardımıyla yeniden hesaplanmıştır. Bu bağlamda kümeler için tezde belirlenen temel parametrelerin, literatürdekilerden bir miktar farklı olsalar da, hata sınırları çerçevesinde kabul edilebilir derecede birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ancak, oymak-açık küme merkezleri arasındaki uzaklığı hesaplamada kullanılan GOCII katalogunda, küme uzaklıklarındaki belirsizlikler ortalama olarak %15 civarında verilmişken, bu tezde gerçekleştirilen analizler sonucunda kümeler için belirlenen uzaklıklardaki hatalar ortalama olarak %2'den daha düşük olarak sunulmuştur. Tezde tespit edilen küme yaşlarının literatür karşılaştırmasında, yine GAIA DR2 verilerinin kullanılarak Cantat-Gaudin vd. (2020) tarafından belirlenen yaşlar referans alınmıştır. Küme yaşlarının literatür verileriyle hata oranları kapsamında uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Referans alınan katalogta yaşlardaki belirsizliğin logaritmik ölçekte 0.25 yıla kadar ulaşabileceği belirtilmiştir. Tezde hesaplanan yaşlardaki belirsizliğin ise ortalama olarak yine logaritmik ölçekte 0.23 yıl olduğu belirlenmiştir. Burada referans alınan katalogla bu tez çalışmasında yaşlar belirlenirken iki farklı yöntemin izlendiği unutulmamalıdır. Cantat-Gaudin vd. (2020) binlerce kümenin yaşını belirlemek çok uzun vakit alacağından, bir kümenin bilinmeyen parametrelerini, parametreleri bilinen kümelerin özelliklerine olan benzerliğine göre belirleme yolunu seçerek, makine öğrenmesi metodunu kullanıp yaşlar hakkında hızlı bir tahmin yapmışlardır. Ancak bu tezde incelenen kümelerin yaşları renk-parlaklık diyagramlarında teorik eş yaş eğrileri kullanılarak hatalarıyla birlikte belirlenmiştir.

Tez araştırmasında, 66 OB oymağından 18 tanesinin sınırları içinde en az 1 açık küme konumlandığı belirlenmiştir. Bu 18 oymak içinde toplam 32 açık küme tespit edilmiştir. 18 oymaktan birinin yaş ve öz hareket verileri literatürde mevcut olmadığından karşılaştırmaya tabi tutulamamış, bir açık kümenin de gökyüzünde kapladığı alanın genişliği sebebiyle verileri literatürde olduğu gibi kullanılmıştır. Kalan 17 oymağın 12'sinin içindeki açık kümelerle uyumlu öz hareketlere sahip olduğu belirlenmiştir. Geriye kalan 5 oymakta ise uyumlu bir öz harekete rastlanmamıştır. Dolayısıyla listelenen oymakların yaklaşık %25'i açık kümelerle ilişkilendirilebilirken %75'inde ya açık kümeye rastlanmamış ya da çok farklı uzay hareketlerine sahip oldukları gözlenmiştir. Bu da literatürde bahsi geçen tarifi aksine oymakların aslında büyük oranda açık küme barındırmadıklarını göstermektedir. Bu çıkarımı yanlışlayacak bilgilerin varlığı literatürde aranmıştır. Belirlediğimiz kritere (oymağın yarıçapı içinde en az bir açık küme bulunması) göre karşılaştırma listemize girmeyen, ancak açık küme barındırdıkları belirtilen bazı oymakların literatürde mevcut olduğu görülmüştür. Örneğin, Kuhn vd. (2017) Sco OB1 oymağının NGC 6231 açık kümesiyle fiziksel bağı olduğunu, Malchenko ve Tarasov (2009) NGC 6913 açık kümesinin Cyg OB1 oymağının içinde konumlandığını, Kharchenko vd. (2013) Cep OB4'ün Berkeley 59'u içerdiğini, Mel'nik ve Dambis (2017) NGC 869 ve NGC 884'ün Per OB1'in merkezinde yer aldığını belirtmişlerdir. Bu oymak ve açık küme ikililerinin listemizde yer almamasının nedeni incelendiğinde, bu durumun güncel açık küme uzaklıklarının eski verilerden daha duyarlı ve farklı olmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır. Eğer bu uyumsuzluk açık kümelerin uzaklıklarının güncellenmesinden kaynaklanıyorsa, tezde faydalanan katalogların ve yapılan hesaplamaların daha duyarlı uzaklıklar barındırdığı düşünüldüğünde, listemizde yer almamaları bir sorun teşkil etmemelidir. Bahsi geçen örnekler incelendiğinde, Sco OB1 ile NGC 6231 arasındaki uzaklık 88 *pc* (oymağın literatürdeki yarıçapı 31 *pc* olarak verilmiştir) iken Cyg OB1 ile NGC 6913 arasında 261 *pc* mesafe bulunmaktadır. Cep OB4 oymağı ile Berkeley 59 kümelerinin merkezleri arasındaki uzaklığın 398 *pc*, Per OB1 ile NGC 884 ve NGC 869 arasındaki uzaklığın sırasıyla 512 *pc* ve 507 *pc* olduğu hesaplanmıştır. Bu uzaklıklar tipik oymak çaplarıyla (Blaha ve Humphreys 1989, araştırmalarında oymakların %90'ının boyutlarının 200 *pc*'yi geçmeyeceğini belirtmiştir) karşılaştırıldığında oldukça büyüktür ve açık kümelerin oymaklarla fiziksel bağı olma olasılığını oldukça azaltmaktadır. Dolayısıyla bu cisimlerin listemize dahil edilmemelerindeki sebebin açık küme ve oymakların merkezi koordinatlarının ve uzaklıklarının güncellenmesinden kaynaklandığı görülmüş ve sonuçlarımızı etkilemeyeceği anlaşılmıştır.

İçerdiği açık kümelerle uyumlu uzay hareketine sahip oymakların geriye kalan oymaklarla arasında ne gibi farkların olduğu Bölüm 4.2.'de verilen grafikler yardımıyla araştırılmıştır. Şekil 4.125, Şekil 4.126, Şekil 4.127 ve Şekil 4.128'de vurgulanan bulgular ışığında oymakların yaş, çap, dikine hız ve toplam kütlelerine işaret eden büyük

kütleli üye sayılarının, açık küme barındırmaları üzerine belirleyici bir korelasyon göstermedikleri tespit edilmiştir. Bu sonuç, açık küme ya da oymak olarak doğan yıldız gruplarının yakın bölgelerde rastlantısal olarak bulundukları fikrini akla getirmektedir. Çünkü daha geniş, daha kütleli ya da daha genç veya yaşlı oymakların açık küme içermeleri gerektiğini ima eden bir göstergeye ulaşılmamıştır.

Ayrıca, oymaklarla, barındırdıkları uyumlu öz harekete sahip açık kümelerin kendi aralarında yaşları karşılaştırılmıştır. Şekil 4.129'da oymakların yaşının kendisiyle ilişkilendirilen açık kümenin yaşına oranlarının hata paylarına göre ağırlıklandırılmış dağılımına Gaussian eğri fiti uygulanmıştır. Gaussian dağılıma göre açık kümelerin ilgili oymaklardan daha büyük yaşa sahip olmaya eğilimli oldukları gözlenmiştir. Dağılımda en olası yaş oranı 0.94 olarak bulunmuş, standart sapması 0.05 olarak belirlenmiştir. Bu durum ortalama olarak açık kümelerin yaşlarının içinde bulundukları oymağın yaşından daha büyük olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla incelenen oymak bölgelerinde yıldız oluşum geçmişinin daha eskiye dayandığını söylemek mümkündür.

Bu tezde elde edilen bulgular, temellerinin Ambartsumian (1949) ve Blaauw (1956, 1958, 1964)'un araştırmalarına dayandığı, açık kümelerin oymaklardan daha kararlı yapılar oluşturmasının, kökenlerinin de farklı olacağı anlamına gelmeyeceği, oymakların birer yoğun çekirdekleri olabilecekleri (Alter vd. 1970) görüşünün aksine kanıtlar sunmaktadır. Eğer oymak sınırlarındaki açık kümeler kendilerini çevreleyen oymakla ortak yıldız oluşum süreçleri sonunda oluşmuş olup bu zaman zarfı sonunda yoğun çekirdek kısımları olarak hayatların devam ediyor oldukları varsayılırsa her iki yıldız grubunun da aynı yaşta olduğunun beklenmesi gerekmektedir. Ancak bulgularımız oymak sınırlarındaki açık kümelerin oymaktan daha yaşlı olduğunu göstermiştir. Bu sonuç ayrıca, oymakların yoğun yıldız kümelerinin genişlemiş dış bölgeleri olduğu düşüncesine de aksi bir kanıt olarak sunulmaktadır. Çünkü böylesi bir oluşum senaryosunda dış bölgelerin merkezi bölgeyle aynı yaşta veya daha yaşlı olması beklenmektedir. Bu durum oymakların iç hız dağılımlarıyla ilgili literatürdeki bazı araştırmalar da yoğun bir merkezi bölgeden şimdiki boyutlara ulaşmalarını açıklayacak hızlara sahip olmadıkları açıklamasıyla (Torres vd. 2008) da desteklenmektedir. İncelediğimiz oymaklardaki açık kümelerin yaşları, ancak açık küme bölgelerinden dışa doğru genişleyen bir yıldız oluşum akışı mevcut ise böyle bir senaryoya kanıt sunmaktadır.

Oymakların literatürde çaplarına yer verilse de dağınık yıldız grupları olduklarından sınırlarının net olarak belirlenmesindeki zorluklar göz önüne alınarak, hem örnek uzayımızın kapsamını genişletmek hem de galaksi kollarının dinamik evriminin oymak-açık küme ilişkileri üzerine etkisini araştırmak için kriter olarak oymak yarıçaplarının iki katına sahip bir hacimdeki açık kümeleri incelemenin tezde elde edilen sonuçları bir adım öteye taşıyacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Adams, F. C. and Myers, P. C. 2001. Modes of Multiple Star Formation. *Astrophysical Journal*, 553.2, pp. 744–753.
- Allen, L. and Spitzer Gould Belt Legacy Team. 2007. Star Formation in the Solar Neighborhood: Results from the Spitzer Gould Belt Legacy Survey. *Bulletin of the American Astronomical Society*. Vol. 39, p. 881.
- Alter, G. 1944. A photographic survey of galactic clusters. V. NGC 189, I 1590, NGC 358, 366, 381, 433, 436, 457, 609, 637, I 166, NGC 743. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 104, p. 179.
- Alter, G., Balazs, B., Ruprecht, J. and Vanysek, J. 1970. Catalogue of star clusters and associations. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 75.
- Alves, J. F., Lada, C. J. and Lada, E. A. 2001. Internal structure of a cold dark molecular cloud inferred from the extinction of background starlight. *Nature*, 409.6817, pp. 159–161.
- Ambartsumian, V. A. 1947. The evolution of stars and astrophysics. Izdatelstvo Akademii Nauk Armyanskoy SSR, Erevan.
- Ambartsumian, V. A. 1949. Stellar Associations. *Astronomicheskii Zhurnal*, 26, p. 3.
- Ambartsumian, V. A. 1954. On the Origin of Stars. *Liege International Astrophysical Colloquia*. Vol. 5. Liege International Astrophysical Colloquia, p. 293.
- Ann, H. B., Lee, S. H., Sung, H., Lee, M. G., Kim, S. L., Chun, M. Y., Jeon, Y. B., Park, B. G. and Yuk, I. S. 2002. BOAO Photometric Survey of Galactic Open Clusters. II. Physical Parameters of 12 Open Clusters. *Astronomical Journal*, 123.2, pp. 905–914.
- Armstrong, J. J., Wright, N. J., Jeffries, R. D. and Jackson, R. J. 2020. The dynamics of the γ Vel cluster and nearby Vela OB2 association. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 494.4, pp. 4794–4801.
- Baade, D. 1983. Photometric membership in the very young open clusters NGC 457, NGC 7380 and IC 1805. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, 51, pp. 235–243.
- Bakış, H., Bakış, V., Bilir, S., Mikulášek, Z., Zejda, M., Yaz, E., Demircan, O. and Bulut, I. 2011. Study of Eclipsing Binary and Multiple Systems in OB Associations. I. Orion OB1a - IM Monocerotis. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 63, pp. 1079–1091.
- Bakış, V., Bakış, H., Bilir, S. and Eker, Z. 2016. Study of Eclipsing Binary and Multiple Systems in OB Associations IV: Cas OB6 Member DN Cas. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 33, e046, p. 9.

- Bakış, V., Bakış, H., Eker, Z. and Demircan, O. 2007. η Muscae: a young detached binary with two identical components. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 382.2, pp. 609–620.
- Bakış, V., Hensberge, H., Bilir, S., Bakış, H., Yılmaz, F., Kiran, E., Demircan, O., Zejda, M. and Mikulášek, Z. 2014. Study of Eclipsing Binary and Multiple Systems in OB Associations. II. The Cygnus OB Region: V443 Cyg, V456 Cyg, and V2107 Cyg. *Astronomical Journal*, 147.6, p. 149.
- Bally, J., Walawender, J., Johnstone, D., Kirk, H. and Goodman, A. 2008. The Perseus Cloud. Handbook of Star Forming Regions, Volume I, San Francisco. Ed. by B. Reipurth. Vol. 4, p. 1023.
- Balog, Z. and Kenyon, S. J. 2002. Spectroscopic Survey of the Galactic Open Cluster NGC 6871. I. New Emission-Line Stars. *Astronomical Journal*, 124.4, pp. 2083–2092.
- Barrado y Navascués, D., Bouvier, J., Stauffer, J. R., Lodieu, N. and McCaughrean, M. J. 2002. A substellar mass function for Alpha Persei. *Astronomy & Astrophysics*, 395, pp. 813–821.
- Battinelli, P., Capuzzo-Dolcetta, R. and Nesci, R. 1992. CCD Photometric and Spectroscopic Observations of the Young Open Cluster NGC 433. *Astronomical Journal*, 103, p. 1596.
- Baumgardt, H., Dettbarn, C. and Wielen, R. 2000. Absolute proper motions of open clusters. I. Observational data. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, 146, pp. 251–258.
- Benjamin, R. A. et al. 2003. GLIMPSE. I. An SIRTf Legacy Project to Map the Inner Galaxy. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 115.810, pp. 953–964.
- Bertiau, F. C. 1958. Absolute Magnitudes of Stars in the Scorpio-Centaurus Association. *Astrophysical Journal*, 128, p. 533.
- Bica, E. and Bonatto, C. 2011. Star clusters or asterisms? 2MASS CMD and structural analyses of 15 challenging targets. *Astronomy & Astrophysics*, 530, A32, p. 11.
- Blaauw, A. 1956. Galactic Clusters and Associations. *Smithsonian Contributions to Astrophysics*, 1, p. 159.
- Blaauw, A. 1958. Stellar Associations. *Ricerche Astronomiche*, 5, p. 105.
- Blaauw, A. 1964. The O Associations in the Solar Neighborhood. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 2, p. 213.
- Blaha, C. and Humphreys, R. M. 1989. A Comparison of the Luminosity Functions in U, B, and V and Their Relationship to the Initial Mass Function for the Galaxy and the Magellanic Clouds. *Astronomical Journal*, 98, p. 1598.

- Blitz, L. and Thaddeus, P. 1980. Giant molecular complexes and OB associations. I. The Rosette molecular complex. *Astrophysical Journal*, 241, pp. 676–696.
- Bok, B. J. 1934. The Stability of Moving Clusters. *Harvard College Observatory Circular*, 384, pp. 1–41.
- Bonatto, C. and Bica, E. 2007. Open clusters in dense fields: the importance of field-star decontamination for NGC 5715, Lyngå 4, Lyngå 9, Trumpler 23, Trumpler 26 and Czernik 37. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 377.3, pp. 1301–1323.
- Bossini, D. et al. 2019. Age determination for 269 Gaia DR2 open clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 623, A108, p. 11.
- Bressan, A., Marigo, P., Girardi, L., Salasnich, B., Dal Cero, C., Rubele, S. and Nanni, A. 2012. PARSEC: stellar tracks and isochrones with the PAdova and TRieste Stellar Evolution Code. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 427.1, pp. 127–145.
- Bressert, E. et al. 2010. The spatial distribution of star formation in the solar neighbourhood: do all stars form in dense clusters? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 409.1, pp. L54–L58.
- Brown, A. G. A. 2001. Open Clusters and OB Associations: a Review. *Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series*, vol. 11, p. 89.
- Brown, A. G. A., Blaauw, A., Hoogerwerf, R., de Bruijne, J. H. J. and de Zeeuw, P. T. 1999. OB Associations. *The Origin of Stars and Planetary Systems*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam. Ed. by C. J. Lada and N. D. Kylafis. Vol. 540, p. 411.
- Brown, A. G. A., Dekker, G. and de Zeeuw, P. T. 1997. Kinematic ages of OB associations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 285.3, pp. 479–492.
- Brown, A. 1950. On the Determination of the Convergent Point of a Moving Cluster from Proper Motions. *Astrophysical Journal*, 112, p. 225.
- Buckner, A. 2016. Properties of Star Clusters. PhD thesis. University of Kent, UK.
- Buckner, A. S. M. and Froebrich, D. 2013. Properties of star clusters - I. Automatic distance and extinction estimates. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 436.2, pp. 1465–1478.
- Buckner, A. S. M. and Froebrich, D. 2014. Properties of star clusters - II. Scaleheight evolution of clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 444.1, pp. 290–302.
- Camargo, D., Bonatto, C. and Bica, E. 2010. Towards a census of the Galactic anticentre star clusters: colour-magnitude diagram and structural analyses of a sample of 50 objects. *Astronomy & Astrophysics*, 521, A42, p. 13.

- Cannon, A. J. and Pickering, E. C. 1924. Henry Draper (HD) catalog and HD extension. *Annals of Harvard College Observatory*, Cambridge.
- Cannon, A. J. and Mayall, M. W. 1949. The Henry Draper extension II. *Annals of Harvard College Observatory*, 112, pp. 1–295.
- Cannon, A. J. and Pickering, E. C. 1918. The Henry Draper catalogue 0h, 1h, 2h, and 3h. *Annals of Harvard College Observatory* 91, pp. 1–290.
- Cantat-Gaudin, T. and Anders, F. 2020. Clusters and mirages: cataloguing stellar aggregates in the Milky Way. *Astronomy & Astrophysics*, 633, A99, p. 22.
- Cantat-Gaudin, T. et al. 2018. A Gaia DR2 view of the open cluster population in the Milky Way. *Astronomy & Astrophysics*, 618, A93, p. 16.
- Cantat-Gaudin, T. et al. 2019. Expanding associations in the Vela-Puppis region. 3D structure and kinematics of the young population. *Astronomy & Astrophysics*, 626, A17, p. 18.
- Cantat-Gaudin, T. et al. 2020. Painting a portrait of the Galactic disc with its stellar clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 640, A1, p. 17.
- Carpenter, J. M. 2000. 2MASS Observations of the Perseus, Orion A, Orion B, and Monoceros R2 Molecular Clouds. *Astronomical Journal*, 120.6, pp. 3139–3161.
- Carraro, G., Janes, K. A., Costa, E. and Méndez, R. A. 2006. Photometry of seven overlooked open clusters in the first and fourth Galactic quadrants. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 368.3, pp. 1078–1086.
- Carraro, G., Vázquez, R. A., Costa, E., Ahumada, J. A. and Giorgi, E. E. 2015. The Thickening of the Thin Disk in the Third Galactic Quadrant. *Astronomical Journal*, 149.1, 12, p. 17.
- Carrera, R. et al. 2022. One Star to Tag Them All (OSTTA). I. Radial velocities and chemical abundances for 20 poorly studied open clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 663, A148, p. 17.
- Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Cantat-Gaudin, T. and Balaguer-Núñez, L. 2019. Hunting for open clusters in Gaia DR2: the Galactic anticentre. *Astronomy & Astrophysics*, 627, A35, p. 8.
- Castro-Ginard, A., Jordi, C., Luri, X., Julbe, F., Morvan, M., Balaguer-Núñez, L. and Cantat-Gaudin, T. 2018. A new method for unveiling open clusters in Gaia. New nearby open clusters confirmed by DR2. *Astronomy & Astrophysics*, 618, A59, p. 18.
- Charbonneau, P. 1995. Genetic Algorithms in Astronomy and Astrophysics. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 101, p. 309.

- Chen, W. P., Pandey, A. K., Sharma, S., Chen, C. W., Chen, L., Sperauskas, J., Ogura, K., Chuang, R. J. and Boyle, R. P. 2011. A Kinematic and Photometric Study of the Galactic Young Star Cluster NGC 7380. *Astronomical Journal*, 142.3, p. 71.
- Chentsov, E. L. 2019. SEROB1A Association in DR2 GAIA Epoch. *Astrophysical Bulletin*, 74.2, pp. 179–182.
- Claria, J. J. 1972. UVB H beta photometry of the galactic cluster NGC 2343. *Astronomical Journal*, 77, pp. 868–874.
- Claria, J. J. 1982. Membership, basic parameters and luminosity function of the southern open cluster NGC 2547. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, 47, pp. 323–334.
- Clarke, C. J., Bell, C. P. M. and Mathieu, R. D. 2015. Dynamics of Young Star Clusters and Associations. Springer, Berlin, p. 348.
- Collinder, P. 1931. On structural properties of open galactic clusters and their spatial distribution: With an appendix containing a catalogue of 471 objects, PhD thesis. University of Lund, Sweden.
- de Bruijne, J. H. J. 1999. A refurbished convergent-point method for finding moving groups in the HIPPARCOS Catalogue. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 306.2, pp. 381–393.
- de Wit, W. J., Testi, L., Palla, F. and Zinnecker, H. 2005. The origin of massive O-type field stars: II. Field O stars as runaways. *Astronomy & Astrophysics*, 437.1, pp. 247–255.
- de Zeeuw, P. T., Hoogerwerf, R., de Bruijne, J. H. J., Brown, A. G. A. and Blaauw, A. 1999. A HIPPARCOS Census of the Nearby OB Associations. *Astronomical Journal*, 117.1, pp. 354–399.
- Dias, W. S., Alessi, B. S., Moitinho, A. and Lépine, J. R. D. 2002. New catalogue of optically visible open clusters and candidates. *Astronomy & Astrophysics*, 389, pp. 871–873.
- Dias, W. S., Monteiro, H., Caetano, T. C., Lépine, J. R. D., Assafin, M. and Oliveira, A. F. 2014. Proper motions of the optically visible open clusters based on the UCAC4 catalog. *Astronomy & Astrophysics*, 564, A79, p. 8.
- Dias, W. S. and Lépine, J. R. D. 2005. Direct Determination of the Spiral Pattern Rotation Speed of the Galaxy. *Astrophysical Journal*, 629.2, pp. 825–831.
- Dolan, C. J. and Mathieu, R. D. 2002. A Photometric Study of the Young Stellar Population throughout the λ Orionis Star-Forming Region. *Astronomical Journal*, 123.1, pp. 387–403.

- Dolphin, A. E. 2002. Numerical methods of star formation history measurement and applications to seven dwarf spheroidals. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 332.1, pp. 91–108.
- Dowler, P., Rixon, G. and Tody, D. 2010. Table Access Protocol Version 1.0. *IVOA Recommendation*, p. 327.
- Dreyer, J. L. E. 1888. A New General Catalogue of Nebulæ and Clusters of Stars, being the Catalogue of the late Sir John F. W. Herschel, Bart, revised, corrected, and enlarged. *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, 49, p. 1.
- Duong, T. 2007. ks: Kernel Density Estimation and Kernel Discriminant Analysis for Multivariate Data in R. *Journal of Statistical Software*, 21.7, pp. 1–16.
- Duong, T., Goud, B. and Schauer, K. 2012. Closed-form density-based framework for automatic detection of cellular morphology changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109.22, pp. 8382–8387.
- Eddington, A. S. 1910. Note on a Moving Cluster of Stars of the Orion type in Perseus. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 71, p. 43.
- Efron, B. and Tibshirani, R. 1986. Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. *Statistical Science*, 1, pp. 54–75.
- Ekström, S. et al. 2012. Grids of stellar models with rotation. I. Models from 0.8 to 120 $M_{\odot}$ at solar metallicity ($Z = 0.014$). *Astronomy & Astrophysics*, 537, A146, p. 18.
- Epchtein, N. et al. 1997. The deep near-infrared southern sky survey (DENIS). *Messenger*, 87, pp. 27–34.
- Fitzgerald, M. P., Harris, G. L. and Reed, B. C. 1990. The Moderately Young Open Cluster NGC 2353. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 102, p. 865.
- Fitzgerald, M. P. and Moffat, A. F. J. 1974. Haffner 20 and 21, Two Moderately Old Open Clusters in Puppis. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 86.512, p. 480.
- Frink, S., Röser, S., Neuhäuser, R. and Sterzik, M. F. 1997. New proper motions of pre-main sequence stars in Taurus-Auriga. *Astronomy & Astrophysics*, 325, pp. 613–622.
- Froebrich, D., Scholz, A. and Raftery, C. L. 2007. A systematic survey for infrared star clusters with $l < 20^{\circ}$ using 2MASS. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 374.2, pp. 399–408.
- Frolov, V. N., Ananjevskaja, J. K., Jilinski, E. G., Gorshanov, D. L. and Bronnikova, N. M. 2006. Proper motions and CCD-photometry of stars in the region of the open cluster Trumpler 2. *Astronomy & Astrophysics*, 451.3, pp. 901–907.

- Gaia Collaboration et al. 2016. Gaia Data Release 1. Summary of the astrometric, photometric, and survey properties. *Astronomy & Astrophysics*, 595, A2, p. 23.
- Gaia Collaboration et al. 2018. Gaia Data Release 2. Summary of the contents and survey properties. *Astronomy & Astrophysics*, 616, A1, p. 22.
- Gaia Collaboration et al. 2022. Gaia Data Release 3: Summary of the content and survey properties. *arXiv e-prints*, arXiv:2208.00211, p. 23.
- Galli, P. A. B., Teixeira, R., Ducourant, C., Bertout, C. and Benevides-Soares, P. 2012. A new method for calculating the convergent point of a moving group. *Astronomy & Astrophysics*, 538, A23, p. 15.
- Garmany, C. D. and Stencel, R. E. 1992. Galactic OB associations in the Northern Milky Way Galaxy. I. Longitudes 55 to 150. *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, 94, pp. 211–244.
- Garmany, C. D. 1994. OB Associations: Massive Stars in Context. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 106, p. 25.
- Ghez, A. M., Neugebauer, G. and Matthews, K. 1993. The Multiplicity of T Tauri Stars in the Star Forming Regions Taurus-Auriga and Ophiuchus-Scorpius: A 2.2 Micron Speckle Imaging Survey. *Astronomical Journal*, 106, p. 2005.
- Glushkova, E. V., Zabolotskikh, M. V., Rastorguev, A. S., Uglova, I. M. and Fedorova, A. A. 1997. Absolute proper motions of 181 young open clusters. *Astronomy Letters*, 23.1, pp. 71–78.
- Gouliermis, D. A. 2018. Unbound Young Stellar Systems: Star Formation on the Loose. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 130.989, p. 25.
- Gutermuth, R. A. R. 2005. The initial configuration of young stellar clusters. PhD thesis. University of Rochester, New York.
- Haffner, H. 1957. Neue galaktische Sternhaufen in der südlichen Milchstraße. *Zeitschrift für Astrophysik*, 43, p. 89.
- Hardorp, J. 1960. Dreifarben-Photometrie einer Sternhaufengruppe in der Cassiopeia (NGC 103, NGC 129, NGC 136, NGC 146, K 14, und K 16). *Astronomische Abhandlungen der Hamburger Sternwarte*, 5.7, pp. 215–261.
- Hasan, P. 2019. GAIA: The 3D Milky Way Mapper. *Resonance*, 24, pp. 433–444.
- Hensberge, H. et al. 2007. The eclipsing double-lined binaries V883Cen and η Mus. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 379.1, pp. 349–356.
- Hillenbrand, L. A., Bauermeister, A. and White, R. J. 2008. An Assessment of HR Diagram Constraints on Ages and Age Spreads in Star-Forming Regions and Young Clusters. 14th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun. Ed. by G. van Belle. Vol. 384. Astronomical Society of the Pacific Conference Series, p. 200.

- Hoag, A. A., Johnson, H. L., Iriarte, B., Mitchell, R. I., Hallam, K. L. and Sharpless, S. 1961. Photometry of stars in galactic cluster fields. *Publications of the U.S. Naval Observatory Second Series*, 17, pp. 344–542.
- Hoag, A. A. and Applequist, N. L. 1965. Distance Moduli of Open Clusters. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 12, p. 215.
- Hodapp, K.-W. 1994. A K Imaging Survey of Molecular Outflow Sources. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 94, p. 615.
- Ivanov, V. D., Borissova, J., Peshev, P., Ivanov, G. R. and Kurtev, R. 2002. Discovery of new Milky Way star clusters candidates in the 2MASS point source catalog. *Astronomy & Astrophysics*, 394, pp. L1–L4.
- Jasevicius, V. 1964. Three colour photometry and spectral classification of stars in the region of NGC133, NGC146, and K-14. *Vilnius Astronomijos Observatorijos Biuletenis*, 13, p. 1.
- Jeffries, R. D. 1999. X-rays from Open Clusters. Solar and Stellar Activity: Similarities and Differences. Ed. by C. J. Butler and J. G. Doyle. Vol. 158. Astronomical Society of the Pacific Conference Series, p. 75.
- Jeffries, R. D. et al. 2014. The Gaia-ESO Survey: Kinematic structure in the Gamma Velorum cluster. *Astronomy & Astrophysics*, 563, A94, p. 15.
- Johnson, H. L., Hoag, A. A., Iriarte, B., Mitchell, R. I. and Hallam, K. L. 1961. Galactic clusters as indicators of stellar evolution and galactic structure. *Lowell Observatory Bulletin*, 5.113, pp. 133–147.
- Kapteyn, J. C. 1914. On the individual parallaxes of the brighter galactic helium stars in the southern hemisphere, together with considerations on the parallax of stars in general. *Astrophysical Journal*, 40, pp. 43–126.
- Kapteyn, J. C. 1918a. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes 150° and 216° . *Astrophysical Journal*, 47, p. 104.
- Kapteyn, J. C. 1918b. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes 150° and 216° - Continued. *Astrophysical Journal*, 47, p. 146.
- Kapteyn, J. C. 1918c. On Parallaxes and Motion of the Brighter Galactic Helium Stars Between Galactic Longitudes 150° and 216° – Concluded. *Astrophysical Journal*, 47, p. 255.
- Kerr, R. M. P., Rizzuto, A. C., Kraus, A. L. and Offner, S. S. R. 2021. Stars with Photometrically Young Gaia Luminosities Around the Solar System (SPYGLASS). I. Mapping Young Stellar Structures and Their Star Formation Histories. *Astrophysical Journal*, 917.1, p. 23.

- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E. and Scholz, R. D. 2005. Astrophysical parameters of Galactic open clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 438.3, pp. 1163–1173.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S. and Scholz, R. D. 2012. Global survey of star clusters in the Milky Way. I. The pipeline and fundamental parameters in the second quadrant. *Astronomy & Astrophysics*, 543, A156, p. 13.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S. and Scholz, R. D. 2013. Global survey of star clusters in the Milky Way. II. The catalogue of basic parameters. *Astronomy & Astrophysics*, 558, A53, p. 8.
- Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Schilbach, E., Röser, S. and Scholz, R. D. 2016. Global survey of star clusters in the Milky Way. V. Integrated JHK_S magnitudes and luminosity functions. *Astronomy & Astrophysics*, 585, A101, p. 10.
- King, I. 1962. The structure of star clusters. I. an empirical density law. *Astronomical Journal*, 67, p. 471.
- Kos, J. et al. 2019. Discovery of a 21 Myr old stellar population in the Orion complex. *Astronomy & Astrophysics*, 631, p. 166.
- Kounkel, M. and Covey, K. 2019. Untangling the Galaxy. I. Local Structure and Star Formation History of the Milky Way. *Astronomical Journal*, 158.3, p. 122.
- Kounkel, M., Deng, T. and Stassun, K. G. 2022. Dynamical Star-forming History of Per OB2. *Astronomical Journal*, 164.2, p. 57.
- Kounkel, M. et al. 2018. The APOGEE-2 Survey of the Orion Star-forming Complex. II. Six-dimensional Structure. *Astronomical Journal*, 156.3, 84, p. 22.
- Kouwenhoven, M. B. N., Brown, A. G. A., Portegies Zwart, S. F. and Kaper, L. 2007. The primordial binary population. II.. Recovering the binary population for intermediate mass stars in Scorpius OB2. *Astronomy & Astrophysics*, 474.1, pp. 77–104.
- Kroupa, P. 2001. On the variation of the initial mass function. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 322.2, pp. 231–246.
- Kroupa, P. 2002. The Initial Mass Function of Stars: Evidence for Uniformity in Variable Systems. *Science*, 295.5552, pp. 82–91.
- Kruijssen, J. M. D. 2012. On the fraction of star formation occurring in bound stellar clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426.4, pp. 3008–3040.
- Kuhn, M. A., Getman, K. V., Feigelson, E. D., Sills, A., Gromadzki, M., Medina, N., Borissova, J. and Kurtev, R. 2017. The Structure of the Young Star Cluster NGC 6231. II. Structure, Formation, and Fate. *Astronomical Journal*, 154.6, 214, p. 214.

- Kumar, M. S. N., Keto, E. and Clerkin, E. 2006. The youngest stellar clusters. Clusters associated with massive protostellar candidates. *Astronomy & Astrophysics*, 449.3, pp. 1033–1041.
- Lada, C. J. and Lada, E. A. 1991. The Nature, Origin and Evolution of Embedded Star Clusters. The Formation and Evolution of Star Clusters. Astronomical Society of the Pacific Conference Series. Ed. by K. Janes. Vol. 13, pp. 3–22.
- Lada, C. J. and Lada, E. A. 2003. Embedded Clusters in Molecular Clouds. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 41, pp. 57–115.
- Lada, E. A. 2007. Embedded Clusters: Laboratories for Star Formation. Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica Conference Series. Ed. by R. Guzmán. Vol. 29, pp. 43–47.
- Landsman, W. B. 1993. The IDL Astronomy User's Library. Astronomical Data Analysis Software and Systems II. Astronomical Society of the Pacific Conference Series. Ed. by R. J. Hanisch, R. J. V. Brissenden and J. Barnes. Vol. 52, p. 246.
- Lata, S., Pandey, A. K., Panwar, N., Chen, W. P., Samal, M. R. and Pandey, J. C. 2016. Variable stars in young open star cluster NGC 7380. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 456.3, pp. 2505–2517.
- Leinert, C., Zinnecker, H., Weitzel, N., Christou, J., Ridgway, S. T., Jameson, R., Haas, M. and Lenzen, R. 1993. A systematic search for young binaries in Taurus. *Astronomy & Astrophysics*, 278, pp. 129–149.
- Leisawitz, D., Bash, F. N. and Thaddeus, P. 1989. A CO Survey of Regions around 34 Open Clusters. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 70, p. 731.
- Li, C. Y., Esamdin, A., Zhang, Y., Song, F. F., Zeng, X. Y., Chen, L., Niu, H. B., Bai, J. Y. and Liu, J. H. 2021. Investigating variable stars in the open cluster NGC 1912 and its surrounding field. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 21.3, 068, p. 17.
- Lindgren, L. et al. 2021. Gaia Early Data Release 3. The astrometric solution. *Astronomy & Astrophysics*, 649, A2, p. 35.
- Lucas, P. W. et al. 2008. The UKIDSS Galactic Plane Survey. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 391.1, pp. 136–163.
- Lucke, P. B. and Hodge, P. W. 1970. A catalogue of stellar associations in the Large Magellanic Cloud. *Astronomical Journal*, 75, pp. 171–175.
- Luri, X., Brown, A. G. A., Sarro, L. M., Arenou, F., Bailer-Jones, C. A. L., Castro-Ginard, A., de Bruijne, J., Prusti, T., Babusiaux, C. and Delgado, H. E. 2018. Gaia Data Release 2. Using Gaia parallaxes. *Astronomy & Astrophysics*, 616, A9, p. 19.
- Maciejewski, G. and Niedzielski, A. 2007. CCD BV survey of 42 open clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 467.3, pp. 1065–1074.

- Makarov, V. V. 2006. Precision Kinematics and Related Parameters of the α Persei Open Cluster. *Astronomical Journal*, 131.6, pp. 2967–2979.
- Makarov, V. V. 2007. Unraveling the Origins of Nearby Young Stars. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 169.1, pp. 105–119.
- Malchenko, S. L. and Tarasov, A. E. 2009. Spectroscopy of B and Be stars in the diffuse stellar clusters NGC 6871 and NGC 6913. *Astrophysics*, 52.2, pp. 235–250.
- Marco, A. and Negueruela, I. 2016. Open clusters in Auriga OB2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 459.1, pp. 880–901.
- Maryeva, O., Bicz, K., Xia, C., Baratella, M., Čechvala, P. and Vida, K. 2021. Flare stars in nearby Galactic open clusters based on TESS data. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 51.1, pp. 78–97.
- Mathieu, R. D. 1986. The dynamical evolution of young clusters and associations. *Highlights of Astronomy*, 7, pp. 481–488.
- McKee, C. F. and Williams, J. P. 1997. The Luminosity Function of OB Associations in the Galaxy. *Astrophysical Journal*, 476.1, pp. 144–165.
- Mel’Nik, A. M. and Dambis, A. K. 2009. Kinematics of OB-associations and the new reduction of the Hipparcos data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 400.1, pp. 518–523.
- Mel’nik, A. M. and Dambis, A. K. 2017. Kinematics of OB-associations in Gaia epoch. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 472.4, pp. 3887–3904.
- Mel’nik, A. M. and Efremov, Y. N. 1995. A new list of OB associations in our galaxy. *Astronomy Letters*, 21.1, pp. 10–26.
- Melnik, A. M. and Dambis, A. K. 2020. Internal motions in OB associations with Gaia DR2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 493.2, pp. 2339–2351.
- Mermilliod, J. C. 1995. The Database for Galactic Open Clusters (BDA). Information & On-Line Data in Astronomy. Ed. by D. Egret and M. A. Albrecht. Vol. 203, p. 127.
- Messier, C. 1781. Catalogue des Nébuleuses et des Amas d’Étoiles (Catalog of Nebulae and Star Clusters). *Connaissance des Temps ou des Mouvements Célestes*, pp. 227–267.
- Michalik, D., Lindegren, L. and Hobbs, D. 2015. The Tycho-Gaia astrometric solution . How to get 2.5 million parallaxes with less than one year of Gaia data. *Astronomy & Astrophysics*, 574, A115, p. 8.
- Miller, G. E. and Scalo, J. M. 1978. On the birthplaces of stars. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 90, pp. 506–513.
- Miller, G. E. and Scalo, J. M. 1979. The Initial Mass Function and Stellar Birthrate in the Solar Neighborhood. *Astrophysical Journal Supplement Series*, 41, p. 513.

- Mills, G. A. 1967. Proper motions in the region of the galactic cluster NGC 1912. *Journal des Observateurs*, 50, pp. 179–195.
- Minniti, D. et al. 2010. VISTA Variables in the Via Lactea (VVV): The public ESO near-IR variability survey of the Milky Way. *New Astronomy*, 15.5, pp. 433–443.
- Moffat, A. F. J. 1971. Photometry and structure of the young open cluster NGC 7380. *Astronomy & Astrophysics*, 13, p. 30.
- Monteiro, H., Dias, W. S. and Caetano, T. C. 2010. Fitting isochrones to open cluster photometric data. A new global optimization tool. *Astronomy & Astrophysics*, 516, A2, p. 17.
- Morales, E. F. E., Wyrowski, F., Schuller, F. and Menten, K. M. 2013. Stellar clusters in the inner Galaxy and their correlation with cold dust emission. *Astronomy & Astrophysics*, 560, A76, p. 38.
- Morgan, W. W., Whitford, A. E. and Code, A. D. 1953. Studies in Galactic Structure. I. a Preliminary Determination of the Space Distribution of the Blue Giants. *Astrophysical Journal*, 118, p. 318.
- Naylor, T., Totten, E. J., Jeffries, R. D., Pozzo, M., Devey, C. R. and Thompson, S. A. 2002. Optimal photometry for colour-magnitude diagrams and its application to NGC 2547. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 335.2, pp. 291–310.
- Netopil, M., Maitzen, H. M., Paunzen, E. and Claret, A. 2006. Photometric survey of marginally investigated open clusters. I. Basel 11b, King 14, Czernik 43. *Astronomy & Astrophysics*, 454.1, pp. 179–184.
- Netopil, M. and Paunzen, E. 2013. Towards a photometric metallicity scale for open clusters. *Astronomy & Astrophysics*, 557, A10, p. 19.
- Ortiz-León, G. N. et al. 2018. The Gould’s Belt Distances Survey (GOBELINS). V. Distances and Kinematics of the Perseus Molecular Cloud. *Astrophysical Journal*, 865.1, 73, p. 12.
- Pannekoek, A. 1929. Researches on the structure of the universe. 2 The space distribution of stars of classes A, K and B, derived from the Draper catalogue. *Publications of the Astronomical Institute of the University of Amsterdam*, 2, pp. 1–70.
- Panwar, N., Pandey, A. K., Samal, M. R., Battinelli, P., Ogura, K., Ojha, D. K., Chen, W. P. and Singh, H. P. 2018. Young Cluster Berkeley 59: Properties, Evolution, and Star Formation. *Astronomical Journal*, 155.1, p. 44.
- Perren, G. I., Giorgi, E. E., Moitinho, A., Carraro, G., Pera, M. S. and Vázquez, R. A. 2020. Sixteen overlooked open clusters in the fourth Galactic quadrant. A combined analysis of UBVI photometry and Gaia DR2 with ASteCA. *Astronomy & Astrophysics*, 637, A95, p. 39.

- Perren, G. I., Piatti, A. E. and Vázquez, R. A. 2017. Astrophysical properties of star clusters in the Magellanic Clouds homogeneously estimated by ASteCA. *Astronomy & Astrophysics*, 602, A89, p. 42.
- Perren, G. I., Vázquez, R. A. and Piatti, A. E. 2015. ASteCA: Automated Stellar Cluster Analysis. *Astronomy & Astrophysics*, 576, A6, p. 29.
- Perryman, M. A. C. et al. 1997. The HIPPARCOS Catalogue. *Astronomy & Astrophysics*, 323, pp. L49–L52.
- Piecka, M. and Paunzen, E. 2021. Aggregates of clusters in the Gaia data. *Astronomy & Astrophysics*, 649, A54, p. 12.
- Poleski, R. 2013. Transformation of the equatorial proper motion to the Galactic system. *arXiv e-prints*, arXiv:1306.2945, p. 3.
- Porras, A., Christopher, M., Allen, L., Di Francesco, J., Megeath, S. T. and Myers, P. C. 2003. A Catalog of Young Stellar Groups and Clusters within 1 Kiloparsec of the Sun. *Astronomical Journal*, 126.4, pp. 1916–1924.
- Portegies Zwart, S. F., McMillan, S. L. W. and Gieles, M. 2010. Young Massive Star Clusters. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 48, pp. 431–493.
- Racine, R. 1968. Stars in reflection nebulae. *Astronomical Journal*, 73, pp. 233–245.
- Racine, R. and van den Bergh, S. 1970. Reflection Nebulae and Spiral Structure. *The Spiral Structure of our Galaxy*. Ed. by W. Becker and G. I. Kontopoulos. Vol. 38, p. 219.
- Rasmuson, N. H. 1921. A research on moving clusters. *Meddelanden fran Lunds Astronomiska Observatorium Serie II*, 26, pp. 3–74.
- Reddy, A. B. S. and Lambert, D. L. 2019. Comprehensive abundance analysis of red giants in the open clusters Stock 2, NGC 2168, 6475, 6991, and 7762. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485.3, pp. 3623–3641.
- Ruprecht, J. 1966. Classification of open star clusters. *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*, 17, p. 33.
- Ruprecht, J., Balazs, B. and White, R. E. 1983. Catalogue of star clusters and associations. II. Globular clusters. *Soviet Astronomy*, 27, p. 358.
- Ruprecht, J., Balázs, B. and White, R. E. 1981. Catalogue of Star Clusters and Associations. Supplement 1. *Akadémiai Kiadó*, p. 109.
- Sacco, G. G. et al. 2015. The Gaia-ESO survey: Discovery of a spatially extended low-mass population in the Vela OB2 association. *Astronomy & Astrophysics*, 574, L7, p. 5.
- Salpeter, E. E. 1955. The Luminosity Function and Stellar Evolution. *Astrophysical Journal*, 121, p. 161.

- Sampedro, L., Dias, W. S., Alfaro, E. J., Monteiro, H. and Molino, A. 2017. A multimembership catalogue for 1876 open clusters using UCAC4 data. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 470.4, pp. 3937–3945.
- Schmeja, S., Kharchenko, N. V., Piskunov, A. E., Röser, S., Schilbach, E., Froebrich, D. and Scholz, R. D. 2014. Global survey of star clusters in the Milky Way. III. 139 new open clusters at high Galactic latitudes. *Astronomy & Astrophysics*, 568, A51, p. 9.
- Scott, D. W. 1992. Multivariate Density Estimation. Wiley, New York, 1992, p. 317.
- Silverman, B. W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis. Chapman & Hall, London, p. 190.
- Skrutskie, M. F. et al. 2006. The Two Micron All Sky Survey (2MASS). *Astronomical Journal*, 131.2, pp. 1163–1183.
- Soubiran, C. et al. 2018. Open cluster kinematics with Gaia DR2. *Astronomy & Astrophysics*, 619, A155, p. 11.
- Spitzer Lyman, J. 1958. Disruption of Galactic Clusters. *Astrophysical Journal*, 127, p. 17.
- Stahler, S. 2018. The Birth of Star Clusters. Astrophysics and Space Science Library, Springer. Vol. 424, p. 199.
- Stevenson, D. 2015. The Complex Lives of Star Clusters. Springer, International Publishing Switzerland, p. 343.
- Subramaniam, A., Gorti, U., Sagar, R. and Bhatt, H. C. 1995. Probable binary open star clusters in the Galaxy. *Astronomy & Astrophysics*, 302, p. 86.
- Subramaniam, A. and Sagar, R. 1999. Multicolor CCD Photometry and Stellar Evolutionary Analysis of NGC 1907, NGC 1912, NGC 2383, NGC 2384, and NGC 6709 Using Synthetic Color-Magnitude Diagrams. *Astronomical Journal*, 117.2, pp. 937–961.
- Tetzlaff, N., Neuhäuser, R., Hohle, M. M. and Maciejewski, G. 2010. Identifying birth places of young isolated neutron stars. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 402.4, pp. 2369–2387.
- Tian, K. P., van Leeuwen, F., Zhao, J. L. and Su, C. G. 1996. Proper motions of stars in the region of the Orion Nebula cluster (C 0532-054). *Astronomy & Astrophysics Supplement Series*, 118, pp. 503–515.
- Torres, C. A. O., Quast, G. R., Melo, C. H. F. and Sterzik, M. F. 2008. Young Nearby Loose Associations. Handbook of Star Forming Regions, Volume II. Ed. by B. Reipurth. Vol. 5, p. 757.
- van den Bergh, S. 1958. Old Galactic Clusters. With 1 figure in the text. *Zeitschrift fuer Astrophysik*, 46, p. 176.

- van den Bergh, S. 1966. A study of reflection nebulae. *Astronomical Journal*, 71, pp. 990–998.
- van Leeuwen, F. 2009. Parallaxes and proper motions for 20 open clusters as based on the new Hipparcos catalogue. *Astronomy & Astrophysics*, 497.1, pp. 209–242.
- Ward, J. L. and Kruijssen, J. M. D. 2018. Not all stars form in clusters - measuring the kinematics of OB associations with Gaia. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 475.4, pp. 5659–5676.
- Ward, J. L., Kruijssen, J. M. D. and Rix, H. W. 2020. Not all stars form in clusters - Gaia-DR2 uncovers the origin of OB associations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495.1, pp. 663–685.
- Williams, J. P. and McKee, C. F. 1997. The Galactic Distribution of OB Associations in Molecular Clouds. *Astrophysical Journal*, 476.1, pp. 166–183.
- Wright, E. L. et al. 2010. The Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE): Mission Description and Initial On-orbit Performance. *Astronomical Journal*, 140.6, pp. 1868–1881.
- Wright, N. J. 2020. OB Associations and their origins. *New Astronomy Reviews*, 90, 101549, p. 53.
- Wright, N. J., Drew, J. E. and Mohr-Smith, M. 2015. The massive star population of Cygnus OB2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 449.1, pp. 741–760.
- Wright, N. J., Goodwin, S., Jeffries, R. D., Kounkel, M. and Zari, E. 2022. OB Associations. *arXiv e-prints*, arXiv:2203.10007, p. 22.
- Yadav, R. K. S., Saria, D. P. and Sagar, R. 2013. Proper motions and membership probabilities of stars in the region of open cluster NGC 3766. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 430.4, pp. 3350–3358.
- Yalyalieva, L., Carraro, G., Vazquez, R., Rizzo, L., Glushkova, E. and Costa, E. 2020. A new look at Sco OB1 association with Gaia DR2. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495.1, pp. 1349–1359.
- Zari, E., Brown, A. G. A. and de Zeeuw, P. T. 2019. Structure, kinematics, and ages of the young stellar populations in the Orion region. *Astronomy & Astrophysics*, 628, A123, p. 17.
- Zari, E., Rix, H. W., Frankel, N., Xiang, M., Poggio, E., Drimmel, R. and Tkachenko, A. 2021. Mapping luminous hot stars in the Galaxy. *Astronomy & Astrophysics*, 650, A112, p. 16.
- Zinnecker, H. and Yorke, H. W. 2007. Toward Understanding Massive Star Formation. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 45.1, pp. 481–563.

Zuckerman, B. and Palmer, P. 1974. Radio radiation from interstellar molecules. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 12, pp. 279–313.



ÖZ GEÇMİŞ

Efecan TUNÇ

ÖĞRENİM BİLGİLERİ:

Doktora 2015 - 2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Antalya
Yüksek Lisans 2014 - 2015	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Antalya
Yüksek Lisans 2012 - 2014 (Ders Aşaması Tamamlandı)	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Anabilim Dalı Çanakkale
Lisans 2006 - 2011	Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü Ankara

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER:

Araştırma Görevlisi 2014 - Devam Ediyor	Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü Antalya
--	--

ESERLER:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1- Bakış, V., Eker, Z., Bakış, H., Kayacı, S., Yücel, G., Tunç, E., Taşpınar, Ö., Yalçın, T., Melnik, A. and Esendağlı, Ç. 2022. Orbital Period Changes in IO Cep, IM Cep and TX Ari: Path to Masses of Distant Components. *New Astronomy*, 93, 101754.

2- Bakış, V., Mikulášek, Z., Janík, J., Zejda, M., Tunç, E., Nitschelm, C., Bilir, S., Liška, J. and Bakış, H. 2019. Study of Eclipsing Binary and Multiple Systems in OB Associations V: MQ Cen in Crux OB2. *Astrophysics and Space Science*, 364, 9, article id. 162, 10 pp.

3- Tunç, E. and Bakış, V. 2019. Investigating the OB Associations in CMa Using Eclipsing Binary Systems: Preliminary Results on LV CMa. *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 49, 2, p. 430-433.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1- Ivantsov, A., Bakış, V., Eker, Z. and Tunç, E. 2018. Atmospheric Seeing Measurements Using Observations at Different Telescopes in Antalya Region. *Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi*, ss. 197, 5 - 9 Eylül, Bodrum, Muğla.

2- Ivantsov, A., Kaplan, M., Bakış, V., Eker, Z., Tunç, E. and Aslan, G. 2018. First Astrometric Observations of Near-Earth Asteroids at the UBT60 Telescope of Akdeniz University. *Türk Fizik Derneği 34. Uluslararası Fizik Kongresi*, ss. 204, 5 - 9 Eylül, Bodrum, Muğla.