

T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

**2MASS FOTOMETRİSİ KULLANILARAK BAZI GALAKTİK AÇIK
YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Proje No: FBY-10-3296

Tez Projesi, Yüksek Lisans

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
İbrahim Küçük
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Araştırmacı: Özgün Arslan
Fen Fakültesi / Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

Ağustos 2012

KAYSERİ



**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ASTRONOMİ ve UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**2MASS KATALOĞUNDAKİ VERİLER KULLANILARAK
AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL FİZİKSEL
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**Hazırlayan
Özgün ARSLAN**

**Danışman
Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2012
KAYSERİ**

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

**2MASS KATALOĞUNDAKİ VERİLER KULLANILARAK
AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL FİZİKSEL
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Özgün ARSLAN**

**Danışman
Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
tarafından FBY-10-3296 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Haziran 2012
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Özgün ARSLAN

İmza :

YÖNERGEYE UYGUNLUK

2MASS Kataloğundaki Veriler Kullanılarak Açık Yıldız Kümelerinin Temel Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Özgün ARSLAN

Danışman

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

Astronomi ve Uzay Bilimleri ABD Başkanı

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK danışmanlığında **Özgün ARSLAN** tarafından hazırlanan **“2MASS Kataloğundaki Veriler Kullanılarak Açık Yıldız Kümelerinin Temel Fiziksel Parametrelerinin Belirlenmesi”** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

22 /06 / 2012

JÜRİ:

Danışman : Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK
 Üye : Prof. Dr. S. Coşkun ÖNEM
 Üye : Yrd. Doç. Dr. Ferhat Fikri ÖZEREN

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun **07/08/2012** tarih ve **2012/34-07** sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Necmettin MARAŞLI

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım boyunca ihtiyacım olan her türlü desteği veren sayın hocam Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK'e teşekkürü bir borç bilirim.

2 MASS fotometrisinin açık yıldız kümelerine uygulanması konusunda ve tez kapsamında incelenen kümelerin temel ve yapısal parametrelerinin elde edilmesi için kullanılan kaynak kodlarının çalıştırılmasıyla ilgili bana ayırdıkları zaman ve paylaştıkları değerli bilgiler için sayın Doç. Dr. Yüksel KARATAŞ'a ve Araş. Gör. Orhan Güneş'e teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FBY-10-3296) teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek her şeye rağmen beni desteklemeye çalışan aileme de içten teşekkürlerimi sunarım.

Özgün ARSLAN

Kayseri, Haziran 2012

2MASS KATALOĞUNDAKİ VERİLER KULLANILARAK AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Özgün ARSLAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2012

Danışman: Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

KISA ÖZET

Açık kümelerin temel fiziksel parametrelerinin doğru belirlenmesi galaktik diskin kimyasal ve dinamik evrimini anlamak için önemlidir. Galaktik diskte bulunan açık yıldız kümelerinin uzaklıklarının, yaş, metal bolluğu ve kızarma değerlerinin doğru olarak belirlenmesi yıldız oluşum ve evrimini için daha gerçekçi modeller elde edilmesini sağlar.

Bu tez çalışmasında bazı Galaktik açık yıldız kümelerinin temel parametreleri elde edildi.

Çalışmada incelenen Tr 32 için 2 Gyr, NGC6802 için 1.1 Gyr, NGC6811 için 1.8 Gyr, Be89 için 2.5 Gyr ve [KGZ2008]53 için 1.3 Gyr yaş değerleri belirlendi. Ayrıca bu kümelerin yapısal parametreleri de incelenerek çekirdek yarıçapı, üye yıldızların merkezi yoğunluğu ve alan yıldızı yoğunluğu belirlendi.

0.2 kadirten küçük hatalar ile J, H, K_s filtrelerinde 2MASS fotometrik verileri renk-parlaklık diyagramları ve radyal yoğunluk profilleri oluşturmak için kullanıldı. Oluşturulan renk-parlaklık filtreleriyle olası küme üyesi yıldızları izole etmek için kullanıldı. Ayrıca alan yıldızı temizlemesi işlemi adı geçen beş açık kümeye uygulandı.

Anahtar Kelimeler: Açık Küme Renk-Parlaklık Diyagramları, Padova Eş Yaş Çizgileri, Radyal Yoğunluk Profilleri, Galaktik Disk, 2MASS Fotometresi.

DETERMINATION OF BASIC PHYSICAL PARAMETERS OF OPEN STAR CLUSTERS USING 2MASS CATALOGUE

Özgün ARSLAN

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M. Sc. Thesis, June 2012

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim KÜÇÜK

ABSTRACT

Accurate determination of physical parameters of open clusters is important to understand the chemical and dynamic evolution of galactic disk. To determine the parameters such as, distance, age, metallicity and reddening value on the disk provides to obtain accurate definition of star formation and evolution which ensures more realistic models.

In this thesis work basic parameters of some galactic open clusters are determined. An age of 2 Gyr for Tr32, 1.1 Gyr for NGC6802, 1.8 Gyr for NGC6802, 2.5 Gyr for Be89 and 1.3 Gyr for [KGZ2008]53 are determined. Additionally the structural parameters of these clusters are also examined the core radius, central density of member stars and density of field star are determined.

With errors smaller than 0.2 magnitude J, H and K_s 2MASS photometry were used to create colour-magnitude diagrams, radial density profiles. In addition, field star decontamination were applied to five open clusters.

Keywords: Open cluster, Colour-magnitude Diagrams, Padova Isochrons, Radial Density Profiles, Galactic Disk, 2MASS Photometry.

İÇİNDEKİLER

**2MASS KATALOĞUNDAKİ VERİLER KULLANILARAK AÇIK
YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL FİZİKSEL
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Sayfa

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
KISA ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

YILDIZ KÜMELERİN YAPISAL ve DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

1. Küresel ve Açık Yıldız Kümelerinin Genel Özellikleri.....	2
1.1. Yıldız Kümelerinin Uzay Hızı Bileşenleri.....	2
1.2. Çift Yıldız Sistemlerinin Etkisi	3
1.2.1. Mavi Mücadeleci Yıldızlar	4
1.3. Yıldız Kümelerinin Sınıflandırılmaları ve Kataloglandırılmaları	4
1.3.1. Trumpler Sınıflandırması	4
1.3.2. Kümelerin Kataloglandırılmaları	5
1.4. Halo Kümeleri.....	5
1.5. Metalce Zengin Yıldız Kümeleri.	6

1.6. Açık Yıldız Kümelerinin Kütle ve Işınım gücü Fonksiyonları.....	9
1.7. Yıldız Kümelerinin Dinamik Özellikleri.....	10
1.7.1. Zamana Bağlı Çarpışmasız Boltzmann Eşitliği.....	111
1.7.2. Çarpışmasız Sistemlerde Viryel Teoremi	12
1.7.3. Dinamik Evrimin Sonuçları	14
1.7.4. Galaksimizin Modellenmesinde Yıldız Kümelerinin Rolü.....	14

2. BÖLÜM

AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL ve YAPISAL PARAMETRELERİNİN ELDE EDİLMESİNDE İZLENİLEN YÖNTEM

2.1. 2MASS Fotometrisi.....	18
2.1.1. Kümelerin Renk-Parlaklık Diyagramlarından Alan Yıldızlarının Temizlenmesi	19
2.1.2. Alan Yıldızlarından Temizlenmiş Renk-parlaklık Diyagramları....	20
2.1.3. Kümelerinin Renk-Parlaklık Diyagramlarındaki Fotometrik Limitler	21
2.1.4. Renk-Parlaklık Filtreleri.....	22
2.2. Kümelerin Radyal Yoğunluk Profilleri.....	22
2.2.1. Üç Parametrelili King Profil Fiti	23
2.2.2. Küme Üyesi yıldızların Uzaysal Dağılımlarının Modellenmesi	24
2.2.3. King Modelinin Doğruluk Derecesi	27

3. BÖLÜM

ANALİZ SONUÇLARI

3.1. Kümelerin Merkezi Koordinatları.....	28
3.2. Kümelerin Temel Parametreleri	28

3.3. Kümelerin Yapısal Parametreleri	29
3.4. Analiz Sonuçları.....	331
3.4.1. Tr 32 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri.....	331
3.4.2. NGC 6802 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri	36
3.4.3 .NGC6811 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri.	441
3.4.4.[KGZ2008] 53 ‘ün Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri.....	46
3.4.5.Be89 ‘un Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri	551

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1 Tartışma	56
4.2 Sonuç ve Öneriler	57
KAYNAKÇA	59
ÖZGEÇMİŞ.....	62

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması.	31
Tablo 3.2. Tr 32'in elde edilen temel Parametreleri ($R_0=7.22$ kpc için)	34
Tablo 3.3. Tr 32 'in yapısal parametreleri.....	35
Tablo 3.4. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması	36
Tablo 3.5. NGC6802'in elde edilen temel parametreleri ($R_0=7.22$ kpc için).....	39
Tablo 3.9. NGC6802 'in yapısal parametreleri	40
Tablo 3.7. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması	41
Tablo 3.8. NGC6811'in elde edilen temel parametreleri ($R_0=7.22$ kpc için).	44
Tablo 3.9. NGC6811 'in yapısal parametreleri	45
Tablo 3.10. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması	46
Tablo 3.11. [KGZ2008] 53 'ün elde edilen temel parametreleri ($R_0=7.22$ kpc için) ...	47
Tablo 3.12. [KGZ2008] 53 'ün yapısal parametreleri	48
Tablo 3.13. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması	51
Tablo 3.14. Be89 'un elde edilen temel parametreleri ($R_0=7.22$ kpc için).....	54
Tablo 3.9. Be89 'un yapısal parametreleri	55

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1. w ve θ açılarının şekilsel gösterimi. Sayfa düzlemi orta noktası galaksi merkezi olan gökyüzü düzlemini temsil etmektedir. Çizilmiş b ve l eksenleri galaktik enlem ve boylamdır. Şekilde C kümesinin galaksi merkeziden olan uzaklığı w açısıyla, kümenin açısal uzaklığı ve gökyüzü düzlemi arasındaki açıysa θ ile gösterilmektedir. 8
- Şekil 3.1. Üst Panel: Tablo 3.1 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan Tr 32 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: Tr 32’in isopleth yüzeyi .(Ham fotometri) 31
- Şekil 3.2. Üst Panel: Tablo 3.1 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan Tr 32 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: Tr 32’in isopleth yüzeyi (Temizlenmiş fotometri)..... 32
- Şekil 3.3 .Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal yoğunluk profili (RDP) Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 33
- Şekil 3.4 .Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP) Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 33
- Şekil 3.5. 2 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, Tr 32 ‘in alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk-parlaklık diyagramı. 2Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir 34
- Şekil 3.6. Siyah daireler; Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder. 35
- Şekil 3.7. Üst Panel :Tablo 4 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6802 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: NGC6802’in isopleth yüzeyi (Ham fotometri). 36
- Şekil 3.8. Üst Panel :Tablo 4 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6802 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: NGC6802’in isopleth yüzeyi (Temizlenmiş fotometri). 37

- Şekil 3.9 . NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP) Grafiğın x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 38
- Şekil 3.10. NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP). Grafiğın x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 38
- Şekil 3.11. 1.1 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, NGC6802 ‘in alan yıldızı temizlemesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.1Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[\text{Fe}/\text{H}]=0$) değerindedir 39
- Şekil 3.12. Siyah daireler; NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder. 40
- Şekil 3.13. Üst Panel: Tablo 7 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6811 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$). Alt Panel: NGC6811’in isopleth yüzeyi (Ham fotometri). 41
- Şekil 3.14. Üst Panel :Tablo 7 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6811 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu $\sigma(\text{yıldız}/\text{açı dk}^{-2})$. Alt Panel: NGC6811’in isopleth yüzeyi .(Temizlenmiş fotometri)..... 42
- Şekil 3.15. NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal yoğunluk profili (RDP). Grafiğın x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 43
- Şekil 3.16. NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP). Grafiğın x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 43
- Şekil 3.17.. 1.8Gyr eş yaş çizgisi fitli, NGC6811 ‘in alan yıldızı temizlemesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.8Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[\text{Fe}/\text{H}]=0$) değerindedir 44
- Şekil 3.18. Siyah daireler; NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder. 45

- Şekil 3.19. Üst Panel :Tablo 10 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan [KGZ2008] 53 ‘ün yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: [KGZ2008] 53 ‘ün isopleth yüzeyi (Ham fotometri). 46
- Şekil 3.20. Üst Panel :Tablo 10 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan [KGZ2008] 53 ‘ün yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: [KGZ2008] 53 ‘ün isopleth yüzeyi (Temizlenmiş fotometri)... 47
- Şekil 3.21. [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal yoğunluk profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, R(‘) ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 48
- Şekil 3.22. [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP).Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, R(‘) ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 48
- Şekil 3.23. 1.3 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, [KGZ2008] 53 ‘ün alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.3Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ([Fe/H]=0) değerindedir. 49
- Şekil 3.24. Siyah daireler; [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder..... 50
- Şekil 3.25. Üst Panel :Tablo 10 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan Be89 ‘un yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: Be89 ‘un isopleth yüzeyi (Ham fotometri). 51
- Şekil 3.26. Üst Panel :Tablo 10 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan Be89 ‘un yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: Be89 ‘un isopleth yüzeyi(Temizlenmiş fotometri). 52
- Şekil 3.27. Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal yoğunluk profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, R(‘) ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 53
- Şekil 3.28. Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal yoğunluk profili (RDP) Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, R(‘) ve $\sigma(\sigma_{\text{yıldız}}/\text{açı dk}^{-2})$ birimindedir. 53

- Şekil 3.29. 2.5 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, Be89 ‘un alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk-parlaklık diyagramı. 2.5Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir 54
- Şekil 3.30. Siyah daireler; Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder. 55

GİRİŞ

Açık yıldız kümelerinin temel fiziksel parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, galaktik diskin oluşumu evriminin anlaşılabilmesi oldukça büyük öneme sahiptir. Galaktik diskte bulunan açık yıldız kümelerinin üye sayısı, uzaklık, yaş, metal bolluğu, kızarma miktarı, radyal ve uzay hız dağılımı gibi parametrelerinin sağlıklı bir şekilde belirlenmesi daha gerçekçi yıldız oluşum ve evrim modelleri yapılmasını sağlar.

Açık yıldız kümeleri, Galaksimizin evrimsel ve dinamik özelliklerinin anlaşılması açısından büyük öneme sahip olmalarına rağmen, açık kümelerle ilgili yapılan gözlemler Galaksimize ait bu özelliklerin açığa çıkarılması için henüz yeterli seviyeye ulaşmamıştır. Fotometrik ve dinamik sınırlamalar nedeniyle pek çok açık küme gözlemi düşük çözünürlüklü hızlı alan taraması yöntemiyle yapılmıştır. Düşük çözünürlükler ve poz sürelerindeki yetersizlikler bu tür gözlem verilerinden elde edilen kümelere ait temel ve yapısal parametrelerin doğruluklarını sınırlandırır. Düşük çözünürlüklü hızlı alan taramalarıyla elde edilen gözlemsel verilerin birçoğu, kümelerin nükleer ve dinamik evrim durumlarını yansıtan kütle ve ışıma gücü fonksiyonlarının belirlenmesi için de uygun değildir. Bu nedenle farklı filtre sistemlerini kapsayan geniş uzaysal çözünürlüğe sahip detaylı gözlemler, galaktik diskteki açık kümelerin astrofiziksel parametrelerinin, kütle ve ışıma gücü fonksiyonlarının belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında amaçlanan, kümelerinin yakın komşuluğunda bulunan alan yıldızlarının etkilerinin elimine ederek, az çalışılmış veya daha hiç çalışmamış bazı açık yıldız kümelerinin olası üye sayısının ve yapısal parametrelerinin King profil fitti yöntemi kullanarak belirlenmesi ve literatüre olabildiğince çok yeni referans verisi kazandırmaktır.

1. BÖLÜM

YILDIZ KÜMELERİN YAPISAL ve DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

1. Küresel ve Açık Yıldız Kümelerinin Genel Özellikleri

Yıldız kümesi terimi literatürde genellikle, galaksimizin disk, kalın disk, galaksi merkezi (bulge) ve halo bölgelerindeki yıldız sistemlerini tanımlamak için kullanılır [1]. Yıldız kümeleri, aynı kimyasal ve dinamik süreçleri paylaşan gaz ve yıldızların karışımı olarak da tanımlanabilir. Farklı yıldız kümelerinin tanımlanmasında kullanılan en önemli iki kriter, kümelerin şekilsel özellikleri ve metal (ağır element) bolluğudur.

1.1. Yıldız Kümelerinin Uzay Hızı Bileşenleri

Her ne kadar, radyal ve teğetsel hızların vektörel toplamı bir yıldızın uzaysal hızını verse de, yıldız kümelerinin galaksi merkezi etrafındaki net sistemsel hızlarının daha doğru bir şekilde belirlenmesi için, galaktik düzlemi ve merkezi temel alan bir koordinat sisteminin kullanılması gerekir.

Bir yıldızın yada yıldız kümesinin uzay hızı W , V ve U olmak üzere üç alt bileşenden oluşur. Bu bileşenlerin özellikleri şöyle sıralanabilir.

- 1) W hız bileşeni; bir yıldızın ya da kümenin uzay hızının galaktik düzleme dik doğrultudaki bileşeni olarak tanımlanır. Bu bileşen kuzey galaktik kutup ($b = 90^\circ$) doğrultusu boyunca ölçülür.

- 2) V hız bileşeni; bir yıldızın ya da kümenin uzay hızının galaktik merkez doğrultusundaki bileşeni olarak tanımlanır. Bu bileşen galaktik anti-merkez ($b = 0^\circ, l = 180^\circ$) doğrultusunda ölçülür.
- 3) U hız bileşeni; bir yıldızın ya da kümenin galaktik merkez etrafındaki yörüngesel açısal momentum hız bileşeni olarak tanımlanır. Bu bileşen yerel durağanlık standarttı ($b = 0^\circ, l = 90^\circ$) doğrultusunda ölçülür [1].

1.2. Çift Yıldız Sistemlerinin Etkisi

Kümelerdeki birbirine yakın yıldızların etkileşimleri sonucunda yeni çift yıldız sistemleri oluşabilir, mevcut çift sistemler yok olabilir veya yapısal olarak değişebilir. Bu nedenle yıldız kümeleri, yıldızsal sistemlerin dinamik evrimlerinin test edilmesi için iyi birer laboratuvarlardır [1].

Anakol sonrası nükleer evrim süreçlerinin göreceli olarak daha kısa zaman ölçeklerine sahip olması nedeniyle, kümelerdeki çift sistem bileşenlerinin anakol sonrası yıldızlardan meydana gelme olasılığı daha azdır. Dolayısıyla da, renk-parlaklık diyagramının kırmızı dev kol gibi anakol sonrası evrimi yansıtan bölgelerinde, çift sistemlerdeki ikinci bileşenlerden kaynaklanan ilave ışığın yıldızların parlaklık ve ışınım güçlerine etkisi daha azdır.

Bileşenlerinin her ikisinin de anakol olduğu çift sistemlerde, birinci ve ikinci bileşenden kaynaklanan kombine ışık etkisi anakol bandının şekilsel yapısını değiştirir. Örneğin birinci bileşenden daha sönük veya daha kırmızı bir ikinci bileşen içeren çift sistemdeki kombine ışığın etkisi, birinci bileşenle aynı parlaklığa veya renge sahip tek bir yıldız göre sistemi daha sönük veya daha kırmızı hale getirir [2].

Bu durum aynı parlaklık değerleri için renk ölçeğinde veya aynı renk ölçeği değerleri için parlaklıklarda ölçülen hataların büyümesine neden olur. Çift yıldız sistemlerinin etkisi sonucunda meydana gelen anakol bandındaki genişleme fotometrik, istatistiksel ve tayfsal yöntemlerle giderilmediğinde veya bu etki göz önüne alınmadığında, kümeler için elde edilen yaş ve uzaklık tahminlerinde sistematik hatalar ortaya çıkar.

Sistematik hataların önüne geçmek için, kümelerin renk-parlaklık diyagramlarına uygulanan eş yaş çizgisi fitleri anakol bantlarının mavi kenarlarından geçirilebilir.

Çünkü anakol bantlarının mavi kenarları, bantların orta kısımlarına göre çift sistemlerden daha az etkilenirler.

1.2.1. Mavi Mücadeleci Yıldızlar

Mavi Mücadeleci yıldızları (Blue Straggler) ilk kez, M3 küresel kümesindeki anakol dönüm noktasının altındaki bölgeyi fotometrik olarak incelenmesiyle tanımlanmıştır. [1]. Bazı Mavi Mücadeleci yıldızlar kümelerin anakol bölgelerinin içinde bulunsalar da, birçok Mavi Mücadeleci yıldızın parlaklığı anakol bantların yukarısına kadar uzanır. Bu tür yıldızların renk-parlaklık diyagramlarındaki konumları genellikle kararsızlık kuşağının içinde kalır. Kararsızlık kuşağının içinde kalan Mavi Mücadeleci yıldızlar yüksek yoğunluklarının bir göstergesi olarak kısa periyotlu pulsasyonlarla zamana bağlı parlaklık değişimi gösterirler.

Yıldız evrim modellerinin ve modellerden elde edilen eş yaş çizgisi yapılarının test edilmesinde büyük öneme sahip olan Mavi Mücadeleci yıldızlarının, yoğun yıldız bölgelerindeki çift sistemlere etki eden dinamik süreçler ve çift sistemlerin bileşenleri arasındaki kütle transferleri tarafından oluşturulduğu düşünülmektedir [3].

Kümelerin merkezi bölgelerinde yoğunlaşan Mavi Mücadeleci yıldızlarının anakol dönüm noktasından uzaklaştığı parlaklık seviyeleriyle kütle fazlalıkları arasında bir orantı bulunmaktadır [4]. Çoğu Mavi Mücadeleci yıldızın sahip olduğu kütle fazlalığı, çift sistemler için hesaplanan kütle transfer limitleriyle uyumludur.

1.3. Yıldız Kümelerinin Sınıflandırılmaları ve Kataloglandırılmaları

1.3.1. Trumpler Sınıflandırması

Açık kümeleri sınıflandırılması ilk kez Robert Trumpler (1886-1956) tarafından yapılmıştır. Trumpler sınıflaması kümelerin merkezi yoğunlukları, küme üyesi yıldızların parlaklık aralıklarını ve kümelerin üye sayılarını temel alır. Sınıflamada

kümelerin merkezi yoğunluk dereceleri I ile IV (I: en fazla; IV: en düşük) arasındaki rakamlarla temsil edilirken, küme üyesi yıldızların parlaklık aralıkları 1, 2 ve 3

(**1: en dar aralık, 3: en geniş aralık**) rakamlarıyla gösterilir.

Kümelerdeki toplam yıldız sayılarını tanımlarken **p (fakir bileşenli), m (orta bileşenli)** ve **r (zengin bileşenli)** harfleriyle tanımlanır. Etraflarında bulutsu yapılar bulunan kümeler içinse n harfi kullanılır.

1.3.2. Kümelerin Kataloglandırılmaları

WEBDA açık küme veri tabanına göre parametreleri bilinen (koordinat, yaş, güneşten olan uzaklık ve kırmızılaşma miktarı gibi) açık küme sayısı 700 civarındadır. Hazırlanan güncel kataloglara göreyse optik olarak görülebilen 1756 tane açık küme ve küme adayı bulunmaktadır. Galaksinin farklı doğrultularındaki gözlemsel belirlenebilirlik limitlerini modelleyen çalışmalardan da güneş komşuluğunda bulunan ($d \leq 1.3 \text{ kpc}$) I. ve III. Trumpler sınıfındaki açık kümelerinin yaklaşık %50' sinin belirlemediğini tahmin edilmektedir [5]. Bu tahmine göre, özellikle galaksi merkezi doğrultusundaki düşük popülasyonlu veya sönük açık kümelerin büyük bir kısmı alan yıldızı bölgelerinde kaybolmuş durumdadır.

1.4. Halo Kümeleri

Ortalama ağır element bolluğu evrimsel bir zaman ölçeğinde arttığı için, haloda bulunan kümelerin evrimsel süreçlerini tamamlamış yaşlı yıldızlardan oluştuğu sonucuna varılabilir.

Galaktik diskteki en yaşlı yıldızların halodakilerden daha genç oldukları kabul edilirse, halodaki yıldızların neden diskteki metalce fakir yıldızlardan daha düşük bolluk değerlerine sahip oldukları açıklanabilir. Ancak ortalama ağır element bolluğundaki farklılıklar kimyasal evrim faktörü dışında, dinamik süreçlerinde yıldız kümelerinin oluşumunda etkin rol oynadıklarını göstermektedir.

Halonun dinamik olarak kapalı bir sistem olmaması nedeniyle, sahip olduğu gazı belirli zaman ölçeğinde kaybetmesi, bu bölgedeki yeni yıldız oluşumu engellemiştir. Halodaki ortalama ağır element bolluğunun diğer galaktik bölgelere göre daha az

olmasının sebebiyse, meydana gelmiş söz konusu kütle kaybıdır. Halonun net açısal momentumunun çok küçük olması, halodan kaçmış serbest gazın farklı galaktik bölgeler(galaksi merkezi ve disk) tarafından yakalandığını düşündürmektedir[1]. Bu ön görünün iki temel dayanağı vardır.

Birincisi; $10^2 M_{\odot}$ olarak tahmin edilen galaksi merkezi kütesinin, halo için hesaplanan $10^3 M_{\odot}$ değerindeki gaz kütlesi kaybıyla uyumlu olmasıdır. İkinci dayanaksa; disk bölgesinin aksine halo ve galaksi merkezi bölgelerindeki küme üyesi yıldızların açısal momentum dağılımların benzer olmasıdır.

Galaksi merkezi bölgesinin güçlü bir çekimsel potansiyele sahip olması, etrafındaki serbest gazın kolayca muhafaza edilmesi sağlamıştır. Bu durum galaksi merkezideki yıldız oluşum oranını artırdığı için, galaksi merkezi haloya göre metalce daha zengindir. Galaksi merkezi, galaktik diskle daha karşılaştırılabilir bir ortalama ağır element bolluğuna sahiptir.

Ağır element dağılım fonksiyonuna göre, metalce zengin yıldız kümeleri genellikle kalın diskte bulunurken, metalce fakir kümelerin büyük kısmı disk düzleminin dışında bulunmaktadır [6]. Ancak bazı metalce fakir yıldız kümeleri disk düzleminde de bulunabilir. Bu durum, diskin çekimsel potansiyelinin yıldız kümelerinin dağılımında güçlü bir etkiye sahip olmasından, ya da bazı metalce fakir kümelerin kalın disk popülasyonu üyeleri olmalarından kaynaklanmaktadır.

Halo bölgesindeki küresel yıldız kümeleri genç ve yaşlı halo popülasyonları olmak üzere iki alt gruba ayrılır [7]. Bu alt sınıflandırma halo küresel kümelerinin yatay kol yapılarındaki renksel farklılıklara, radyal ağır element bolluğu gradientlerine, ortalama ağır element bolluklarına ve küme üyesi yıldızların galaksi merkezi etrafındaki yörünge doğrultularına göre yapılır.

1.5. Metalce Zengin Yıldız Kümeleri

Yıldız kümelerinin galaksi bölgelerindeki dağılımları ,dinamik özellikleri ve ağır element bollukları birbirleriyle ilişkili niceliklerdir. Örneğin iç galaksi merkezi bölgesinde bulunan yüksek ağır element bolluğuna sahip açık kümelerinin birçoğu,

galaktik düzleme olan uzaklığın bir fonksiyonu olarak metal bolluğu gradiyenti gösterirler [8].

Ayrıca metalce fakir kümeler, büyük ölçekli rastgele uzay hızlarına ve eliptik yörüngelere sahip dinamik olarak sıcak sistemlerken, metalce zengin kümeler küçük ölçekli rastgele uzay hızlarına ve dairesel yörüngelere sahip dinamik olarak daha soğuk sistemlerdir [1].

Metalce zengin açık yıldız kümeleri, galaksimizin merkezindeki küresel yapı bir şişim(yığın) bölgesinde ve galaksi merkezine kalın diskten daha yakın olan ince disk bölgesinde yoğunlaşmıştır [9].

İnce diskin ortalama ağır element bolluğunun, kalın disktekenden daha yüksek olmasının temel nedeni, genç ve büyük kütleli yıldız bileşenlerinden oluşan yıldız kümelerinin sayı yoğunluğunun ince diskte daha fazla olmasıdır.

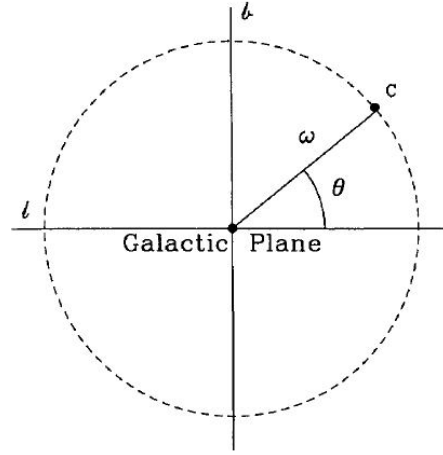
Metalce zengin ve fakir kümelerinin görelî sayı yoğunluğu oranı galaksi merkezine doğru gidildikçe kararlı bir şekilde artarken, kalın disk popülasyonlarında bu oran $R_{\text{galaksi merkezi}} \leq 2\text{kpc}$ koşulunu sağlayan uzaklıklar için sıfıra gider.

İnce diskte bulunan metalce zengin genç kümelerin nasıl bir uzaysal dağılıma sahip oldukları, bir kümenin galaksi merkezine göre gökyüzündeki konumunu tanımlayan w ve θ açıları kullanılarak daha net bir şekilde anlaşılabilir [10]. Galaksi merkeziden gökyüzüne hayali bir vektör olduğu kabul edildiğinde; w açısı bu vektörün açısal uzunluğunu, θ ise açısal uzunluk ve galaktik düzlem arasındaki açıyı tanımlar. Bu iki açının galaktik enlem (b) ve boylam (l) cinsinden ifadesi;

$$\cos w = \cos b \times \cos l \quad ; \quad \tan \theta = \tan b \times \frac{1}{\sin l} \quad (1.1)$$

şeklindedir. Azimutal θ açılara sahip küresel simetrik kümeler galaktik düzlem dışında ve heterojen bir uzaysal dağılım gösterirken, küçük θ sahip galaksi merkezi ve disk kümeleri galaktik düzlem üzerinde ve homojen bir dağılım gösterirler [11].

Metalce zengin yıldız kümeleri, dinamik özelliklerine göre iç ve dış alt grup olmak üzere iki farklı gruba ayrılabilirler. Galaksi merkezi ve ince disk bölgesinde bulunan kümeler iç alt grup sınıfına girerken, galaksi merkezine olan uzaklıkları göreceli olarak daha fazla olan metalce zengin kümelerde dış alt grup sınıfına girer [12]. Dış alt grup kümelerinin galaksi merkezi etrafındaki yörünge hızları, kalın disk popülasyonlarının yörünge hızlarından önemli derecede daha küçüktür [13]. Yörünge hızı ve doğrultusu gibi dinamik farklılıklardan, iki alt grubunda farklı dinamik süreçler tarafından meydana getirildiği sonucu çıkarılabilir. Dış alt grup kümelerinin, geniş ölçekli rastgele uzaysal hareketlere sahip kalın disk öncesi bir yapıda oluştukları düşünülmektedir [14].



Şekil 1.1. w ve θ açılarının şekilsel gösterimi. Sayfa düzlemi orta noktası galaksi merkezi olan gökyüzü düzlemini temsil etmektedir. Çizilmiş b ve l eksenleri galaktik enlem ve boylamdır. Şekilde C kümesinin galaksi merkeziden olan uzaklığı w ile, kümenin açısal uzaklığı ve gökyüzü düzlemi arasındaki açıysa θ ile gösterilmektedir.

Bazı metalce zengin kümelerin uzaysal dağılımları da birbirlerinden oldukça farklıdır. Örneğin, dış alt grup kümeleri genellikle disk benzeri bir uzaysal dağılıma sahipken, düşük ışınım güçlü iç alt grup kümeleri lineer bir dağılım sergiler [15]. Düşük ışınım güçlü iç alt grup kümeleri için yapılan uzaklık tahminleri, kırmızılaşma ve alan yıldızı kirlenmesi gibi etkilere karşı çok duyarlıdır. Dolayısıyla da kümelerin galaktik x eksenini boyunca sergiledikleri lineer uzaysal dağılım yapay olabilir. Bu tür kümeler için, özellikle yakın kırmızı öte bölgede yapılan daha iyi fotometrik gözlemler ve elde

edilen daha iyi temizlenmiş renk-parlaklık diyagramları durumum netleştirilmesine yardımcı olabilirler [16].

1.6. Açık Yıldız Kümelerinin Kütle ve Işınım gücü Fonksiyonları

Galaktik düzlemde bulunan açık yıldız kümelerinin ışıınım gücü ve kütle fonksiyonları hesaplanırken genellikle, integre edilmiş parlaklar ve çekimsel yarıçapı belirleyen kütle değerleri kullanılır [17]. Açık kümelerin ışıınım gücü fonksiyonu hesaplamalarında kullanılan integre edilmiş parlaklıklar, küme üyesi olduğu düşünülen yıldızların parlaklıklarının toplamı olarak tanımlanabilir. Bir kümenin integre edilmiş parlaklığı, tüm küme üyesi yıldızların parlaklık değerlerini olabildiğince iyi bir şekilde temsil etmelidir. [18]. Bu parlaklık değerinin formüsel gösterimi;

$$I_V = -2.5 \log \left(\sum_i^{N_i} 10^{-0.4V_i} + 10^{-0.4\Delta V} \right) \quad (1.2)$$

$$I_{M_V} = I_V - (V - M_V) \quad (1.3)$$

Şeklindedir. Eşitliklerdeki I_V integre edilmiş görülen parlaklığı, M_V integre edilmiş mutlak parlaklığı, N_i olası küme üyesi yıldızlarının sayısını, V_i küme üyesi yıldızların görülen parlaklıklarını, $(V-M_V)$ ise uzaklık modülünü ifade eder. Eşitlik 1.2 de verilen ΔI_V parametresiyse, belirlenen parlaklık aralığının dışındaki yıldızlarında integre edilmiş parlaklıkta temsil edilmesi için kullanılan düzeltme katsayısıdır.

Kümeler kütle ve toplam ışıınım gücü gibi yapısal parametrelerini değiştirerek evrimleştikleri için, kümelerin kütle ve ışıınım gücü fonksiyonları da belirli bir zaman ölçeğinde değişime uğrarlar. Kümelerin evrimi iki farklı zaman ölçeği tarafından kontrol edilir. İlk zaman ölçeği, kümelerdeki yıldızların evrimini yöneten nükleer zamandır. Nükleer zaman ölçeği, kümelerin ışıınım gücü fonksiyonlarının değişiminden sorumludur. İkinci zaman ölçeği ise, kümelerin dinamik evrimleri tarafından belirlenen dinamik genişleme ölçeğidir. Bu ölçek kümelerin kaybettiği kütleyle ilişkilidir ve kütle fonksiyonunun zamanla değişmesine neden olur. Bir

kümenin nükleer zaman ölçeği kümenin toplam kütesinden bağımsızken, dinamik zaman ölçeği ve küme kütlesi arasında çok sıkı bir ilişki vardır.

Kütle ve ışıınım gücü fonksiyonlarının karakteristik özellikleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Örneğin, ışıınım gücü fonksiyonu büyük kütleli küme üyesi yıldızlardaki evrimsel değişimlere karşı daha duyarlıyken, kütle fonksiyonu dinamik evrimden daha kısa sürede etkilenen küçük kütleli üye yıldızların küme içindeki sayısal ağırlıklarından daha çok etkilenir.

Küme üye yıldızlarını oluşturan serbest gazı kaybettikten ve kümede viryel denge sağlandıktan sonra geriye kalan toplam küme kütlesi(başlangıç kütlesi) kütle fonksiyonun eğimini belirleyen en önemli parametredir. Bir kümenin başlangıç kütlesi ne kadar fazlaysa, dinamik etkiler sonucunda meydana gelen kütle kayıplarına küme o kadar uzun süre dayanabilir. Bu nedenle, büyük kütleli ve genç açık kümelerin küçük kütleli yıldızlarının kütle fonksiyonlarının eğimleri, küçük kütleli ve yaşlı kümelere göre daha düzdür [18]. Kümelerinin zamanla dağılmalarına neden olan bozucu çekimsel etkiler galaktik diskte daha yoğundur. Bu nedenle, galaktik diskteki açık kümelerin kütle ve ışıınım gücü fonksiyonlarının belirlenmesi, galaksimizin nükleer ve dinamik evriminin anlaşılabilmesi için oldukça büyük öneme sahiptir.

1.7. Yıldız Kümelerinin Dinamik Özellikleri

Yıldız kümelerinin dinamik yapıları, üye yıldız sayısı, oluşum zamanı ve galaktik konuma bağlı olarak değişim gösteren harici çekimsel kararsızlık kuvvetleri gibi birçok farklı parametre tarafından belirlenir. Oluşum sürecini tamamlamış yıldız kümeleri, küme üyesi yıldızlar tarafından oluşturulan ortalama bir çekimsel potansiyelin etkisi altında hareket eden, çarpışmasız sistemler olarak tanımlanabilirler [19]. Bu tür sistemlerde yaş ve yıldız yoğunluğuna bağlı olarak, küme içi bileşenler arasındaki çarpışmalar ihmal edilebilir.

Çarpışmasız sistemleri temel alan küme modelleri için, zamandan bağımsız Boltzmann eşitliği ileri düzeyde evrimleşmiş sistemlerin dinamik yapısını tam olarak temsil edemediğinden, kümelerin faz uzayındaki dağılım fonksiyonu zamana bağlı olarak

ifade edilmelidir. Ancak pek çok farklı değişken içeren zaman bağımlı fonksiyonun analitik çözümü oldukça zordur. Bu durum küresel simetrik küme modellerini önemli ölçüde sınırlandırır.

1.7.1. Zamana Bağlı Çarpışmasız Boltzmann Eşitliği

Herhangi bir çarpışmasız sistemin herhangi bir t anındaki durumunun tam olarak tanımı, bir dağılım fonksiyonu ya da sistemin faz-uzay yoğunluğu belirlenerek yapılabilir. Çok sayıda yıldızdan oluşan sistemler için dağılım fonksiyonun en basit hali;

$$f(\vec{x}, \vec{v}, t) d^3x d^3v \quad (1.4)$$

şeklindedir [19]. Bu fonksiyon, x koordinatına göre merkezlenmiş d^3x hacmindeki ve v hızı merkezli d^3v hız aralığındaki yıldız sayısını verir. Temsil edilen sistemin geometrik yapısına göre dağılım fonksiyonu, küresel veya silindirik koordinat sistemleri kullanılarak da tanımlanabilir. Faz uzayı noktalarındaki her yıldızın başlangıç koordinatlarını ve hızlarını bildiğimizde, klasik mekanik kanunlarını kullanarak yıldızların herhangi bir t zamanındaki konum ve hızlarını hesaplayabiliriz. Faz uzayındaki noktaların, yıldızların yörünge hareketleriyle birlikte hareket ettikleri kabul edilirse, faz uzayındaki koordinat ve hız vektörleri;

$$(\vec{x}, \vec{v}) \equiv \vec{w} \equiv (w_1 \dots w_6) \quad (1.5)$$

$$\dot{\vec{w}} = (\dot{\vec{x}}, \dot{\vec{v}}) = (\vec{v}, -\nabla \phi) \quad (1.6)$$

şeklinde yazılabilir [19].

Altı boyutlu konum ve hız vektörleri arasındaki ilişki, tek boyutlu konum ve hız vektörü $(\vec{x}, \vec{v})$ için tanınmış sıradan bir akışkan sistemininkiyle aynıdır.

Çarpışmasız sistemlerdeki yıldızların hareketleri temel akışkan mekaniği prensiplerine uyar. Yani, her hangi bir çarpışma olmadığında yıldızlar faz uzayında bir noktadan başka bir noktaya geçemezler. Bu tür bir sistemde, yıldızların uzaysal hareketleri sıradan bir akışkanın içindeki parçacıkların sürüklenmesine benzer. Dolayısıyla da sistemdeki yıldızların yoğunluğu,

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \sum_{\alpha=1}^6 \frac{\partial (f w_{\alpha})}{\partial w_{\alpha}} = 0 \quad (1.7)$$

Eşitliğiyle gösterilebilir[19]. Bu eşitliğin fiziksel karşılığı, faz uzayının belirli bir hacmi üzerinden integral alınarak anlaşılabilir. Eşitlikteki ilk terim hacim içerisinde toplanan yıldız oranını verirken, ikinci terim hacimden kaçan yıldız oranını gösterir.

Yıldız Çarpışmasız Boltzmann eşitliği vektörel olarak:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{\nabla} f - \vec{\nabla} \phi \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{v}} = 0 \quad (1.8)$$

Eşitliğiyle gösterilir [19]. Eşitliğinin fiziksel anlamı, belirli bir yıldızın faz noktası yakınlarında f faz-uzay yoğunluğunun her zaman aynı kalmasıdır.

Bir yıldız kümesi, dev ve anakol gibi birçok farklı türdeki yıldız bileşenlerinden oluşur. Böyle bir kümede, kütle veya ışıma gücü yoğunluğu çarpışmasız Boltzmann eşitliğiyle yeterli bir şekilde temsil edilebiliyorsa, f dağılım fonksiyonunun her bir alt yıldız türü için Boltzmann eşitliğini sağlaması gerekir.

Faz uzayını oluşturan hacimsel bölgeler, yeterince yıldız içerecek kadar büyük olduklarında, hacimsel bölgelerdeki yıldızlar sayılarak kümelerindeki yıldız yoğunluğu belirlenebilir. Ancak, sadece bir veya iki yıldız içermesi beklenen bir hacim içersin de hızlı değişimler gösteren bir dağılım fonksiyonunu sayım yöntemiyle tanımlamak oldukça zordur. Böyle bir fiziksel durumda, f fonksiyonu olasılık yoğunluğu olarak yorumlanabilir. Bu yorum sayesinde f dağılım fonksiyonu kuantum mekaniğindeki dalga fonksiyonuna benzer bir nitelik kazanır. Yani, f fonksiyonun kendisi doğrudan ölçülmez fakat belirli bir faz-uzayındaki beklenen değeri hesaplanabilir [20].

1.7.2. Çarpışmasız Sistemlerde Viryel Teoremi

Çarpışmasız sistemlerin toplam kinetik enerji ve ortalama yayılma hızı gibi niteliklerini belirlemek için, sistemlerin dağılım fonksiyonunu tanımlayan Boltzmann eşitliğinin (1.8) hız ve konum parametreleri üzerinden integre edilmesi gerekir. İntegre edilmiş Boltzmann eşitliği;

$$\int x_k \frac{\partial(\rho \bar{v}_j)}{\partial t} d^3x = - \int x_k \frac{\partial(\rho \bar{v}_i \bar{v}_j)}{\partial x_i} d^3x - \int \rho x_k \frac{\partial \phi}{\partial x_j} d^3x \quad (1.9)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terim W potansiyel enerji tensörü şeklinde tanımlanır. Eşitliğin sağ tarafındaki birinci terim ise diverjans teoreminden faydalanarak yeniden yazılırsa;

$$\int x_k \frac{\partial(\rho \bar{v}_i \bar{v}_j)}{\partial x_i} d^3x = - \int \delta_{ij} \rho \bar{v}_i \bar{v}_j d^3x = -2K_{kj} \quad (1.10)$$

formunu alır. ρ kütle yoğunluğunun artan yarıçapla birlikte azaldığı kabul edilirse, (1.10) eşitliği kinetik enerji tensörü olarak tanımlanır. Herhangi bir çarpışmasız sistemin kinetik enerji tensörü, belirli bir doğrultuda ve rastgele hareket eden bileşenlerin kinetik enerji tensörlerinin toplamı olarak yazılabilir. T_{ik} belirli bir doğrultuda hareket eden, Π_{jk} ise rastgele hareket eden parçacıkların kinetik enerji tensörü ise K_{ik} ;

$$K_{ik} = T_{jk} + \frac{1}{2} \Pi_{jk} \quad (1.10-a)$$

$$T_{jk} \equiv \int \rho \bar{v}_i \bar{v}_j d^3x \quad ; \quad \Pi_{jk} \equiv \int \rho \sigma_{jk}^2 d^3x \quad (1.10-b)$$

şeklinde tanımlanır. İntegre edilmiş Boltmann eşitliği (1.9), potansiyel ve kinetik enerji tensörleri yardımıyla;

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} \int \rho (x_k \bar{v}_j + x_j \bar{v}_k) d^3x = 2T_{jk} + \Pi_{jk} + W_{jk} \quad (1.11)$$

formunda yeniden yazılabilir.

Sitemin eylemsizlik momenti ve momentin zamana bağlı türevi;

$$I_{jk} \equiv \int \rho x_i x_j d^3x \quad (1.12-a)$$

$$\frac{1}{2} \frac{dI_{jk}}{dt} = \frac{1}{2} \int \frac{\partial \rho}{\partial t} x_j x_k d^3x \quad (1.12-b)$$

eşitlikleriyle düzenlendiğinde, çarpışmasız bir sistem için viryel tensör teoremi;

$$\frac{1}{2} \frac{d^2 I_{jk}}{dt^2} = 2T_{jk} + \Pi_{jk} + W_{jk} \quad (1.13)$$

şeklinde tanımlanır. Eşitlik (1.13), yıldız kümelerin kinematik ve şekilsel özelliklerini ilişkilendirmemizi sağlar ve kümelerin oluşumunu en temel biçimde açıklar [19].

Eylemsizlik momentinin zamandan bağımsız olduğu kararlı yapıdaki bir sistem için Viryel teoremi;

$$2K + W = 0 \quad (1.14)$$

eşitliğini sağlar. Toplam kütlesi M ve kinetik enerjisi $K = \frac{1}{2}M\langle v^2 \rangle$ olan bir sistemde Viryel denge sağlanıyorsa, sistemin çekimsel yarıçapı;

$$r_G = \frac{|W|}{M} = \frac{GM}{\langle v^2 \rangle} \quad (1.15)$$

eşitliğiyle belirlenebilir.

Sonsuz bir yarıçapta durağan parçacıkların bir araya gelmesiyle oluşan bir sistemin toplam enerjisi Viryel teoremine göre; $E=K+W=0$ şeklinde tanımlanır. Bu tür bir sistemde, sistemi oluşturan parçacıkların çökmesiyle oluşan çekimsel enerjinin yarısı kinetik enerjiye, geriye kalan enerjiye bağlanma enerjisine dönüşür [22].

1.7.3. Dinamik Evrimin Sonuçları

- 1) Bir yıldız kümesi üyelerinden bazılarını dinamik evrimle birlikte kaybeder. Bunun sonucunda da kümenin toplam kütlesi, limit yarıçapı ve çekimsel potansiyel enerjisi azalır.
- 2) Bir kümedeki yıldız kaybı kökenli limit yarıçap azalması toplam kütlenin üssel bir fonksiyonudur.
- 3) Yıldız kaybı kümenin merkezi yoğunluğunu değiştirdiğinden belirli bir zaman ölçeğinde kümedeki dinamik denge bozulur. Dinamik dengenin yeniden sağlanması içinse küme çekirdeği çökmeye başlar. Çekirdek çökmesi oldukça ileri bir dinamik evrim aşamasıdır.
- 4) Kümeye ek enerji kaynakları sağlayan yıldız evrimleşmesi kökenli kütle kayıpları ve galaksi merkezi doğrultusundan gelen çekimsel şok dalgaları çökme sürecini yavaşlatabilir [19].

1.7.4. Galaksimizin Modellenmesinde Yıldız Kümelerinin Rolü

Güneş komşuluğundaki yıldızların kinematiği ve nötr hidrojen atomunun 21-cm ışıması verilerine dayanarak oluşturulan standart modellerle göre, galaksimiz oldukça yüksek derecede basılaşmaya uğramış dört farklı küresel galaktik bileşenin

birleşmesi sonucunda meydana gelmiştir. Daha güncel bazı modeller ise galaksimizi, spiral kollarının sınırları diske kadar uzanan bir **Sbc** sistemi olarak tanımlar [19]. Spiral kollu galaksilerin bir alt türü olan **Sbc** sistemlerinde, disk bileşenlerinin yüzey parlaklık dağılımları eksponansiyel yapıdayken, galaksi merkezi bölgesinin yüzey parlaklık dağılımları küresel simetriktr.

Samanyolu galaksisinin modellenmesi için farklı galaktik bölgelerin boyutlarının ve yoğunluklarının olabildiğince doğru şekilde belirlenmesi gerekir. Galaksinin farklı bölgelerini tanımlayan yıldız sayı yoğunluğu, anisotropi derecesi ve galaktik düzlemde olan uzaklığa göre ortalama radyal hız dağılımındaki değişim gibi parametrelerin belirlenmesinde küresel ve açık yıldız kümeleri etkin bir rol oynar.

Yıldız kümelerinden gelen verilerden yararlanılarak yapılan modellemeler, fotometrik ve dinamik olmak üzere iki farklı yöntemle oluşturulabilirler. Fotometrik yöntemin temelinde, çözümlenmemiş yıldızlarından gelen integre edilmiş ışık ölçümlerinden ya da farklı galaktik bölgelerdeki yıldız sayımlarından ışıyım gücü yoğunlukları ve uzunluk ölçeklerinin tahmin edilmesi vardır. Bu tür modelleme yöntemlerinde her bir bileşen için bağımsız bir kütle-ışık oranı belirlenir ve bileşenlerin kütle yoğunluklarını belirlemek için kütle-ışık oranları her bir bileşenin ışıyım gücü yoğunluğuyla çarpılır [19]. Fotometrik modelleri sınırlayan en önemli etkenler, kümelerin alan yıldızları tarafından kirletilmesi ve dinamik evrim sonucunda kümelerinin üyelerinin önemli bir kısmını kaybetmesidir. Dinamik modelleme yöntemlerindeyse, bileşenlerin konumları kütle-ışık oranından bağımsız bir şekilde seçilirler. Bu tür yöntemlerde bileşenlerin ölçek uzunlukları ve kütle fonksiyonları genellikle, güneş komşuluğundaki kaçış hızı, güneşin galaktik yörünge yarıçapı içindeki ve dışındaki dairesel yörünge hızı değerleri ve haloda bulunan küresel yıldız kümelerinin radyal grup hızları gibi niteliklerden belirlenir [19]. Dinamik modelleri sınırlayan en önemli etkenlerse, dış halonun sınırlarının ve galaktik yarıçapa göre karanlık madde dağılımının nasıl değiştiğinin tam olarak belirlenememesidir [1].

Galaksimizin yerel grubundaki yıldız kümelerinin kinematik özelliklerini ve halodaki karanlık madde dağılımını göz önüne alan dinamik modeller de bulunmaktadır.

Farklı galaktik bölgelerde, olabildiğince çok yıldız kümesinin üye sayısı, ışıyım gücü fonksiyonu ve kinematik özellikleri doğru bir şekilde belirlenebilirse, tüm doğrultular boyunca her bir parlaklık aralığında gözlenmesi gereken yıldız sayısını tahmin edebiliriz [1]. Bu nedenle galaksimizin disk ve galaksi merkezi bölgelerindeki açık kümelerin temel parametrelerinin belirlenmesi gerçekçi modellerin oluşturulmasında kritik bir öneme sahiptir.

2. BÖLÜM

AÇIK YILDIZ KÜMELERİNİN TEMEL ve YAPISAL PARAMETRELERİNİN ELDE EDİLMESİNDE İZLENİLEN YÖNTEM

Açık kümeler, moleküler bulut parçalanması, yıldız oluşumu, yıldız evrimi ve dinamik evrim modellerin test edilmesinde kullanılabilir. Bu tür kümeler, galaktik disk yapısının incelenmesi için mükemmel kaynaklardır [24]. Pek çok açık yıldız kümesinin renk-parlaklık diyagramları, kümelerin kırmızılaşma miktarını, yaşını ve güneşten olan uzaklığını elde etmek için temel veriler sağlayan, ana-kol, dönüm noktası ve dev kolu gibi yaşa bağımlı bölgeler içerir. Bu nedenle açık yıldız kümeleri, galaktik disk özelliklerinin incelenmesinde kullanılabilirler. Ancak, açık kümelerin çekirdek ve limit yarıçapı gibi parametrelerinin teorik modellerle sınırlandırılması gerekir.

Çalışılmamış veya az çalışılmış açık yıldız kümelerinin temel parametreleri, güneş komşuluğundaki açık yıldız kümelerin nadir oluşunun, yoğun yıldız bölgelerindeki gözlemsel sınırlamalardan mı yoksa, moleküler bulutlarla daha yüksek oranlardaki çarpışmalar veya galaksi merkezi bölgesine yakınlık nedeniyle artan çekimsel karasızlıklardan mı kaynaklandığının araştırılmasında kullanılabilir [23].

Parlak kümeler için yaş ve uzaklık tahmini yapmak görece olarak daha kolay olsa da, birçok açık kümenin galaktik diske yakın konumlarda bulunması, kümelerin kırmızılaşma ve alan yıldızı kirlenmesinden daha çok etkilenmesine yol açar.

Yeterli bir gözlemsel çözünürlüğe sahip olunmadığında, kırmızılaşma ve alan yıldızı kirlenmesi gibi olumsuz etkiler analizlerin, yoğun popülasyonlu veya güneşten birkaç parsek uzaklıkta bulunan açık kümelerle sınırlandırılmasına neden olur

Optik veya IR fotometrisine, renk-parlaklık diyagramlarına ve eş yaş çizgisi veri setlerine bağlı olarak değişen analitik yöntemler arasındaki farklıklar nedeniyle de, aynı küme için farklı çalışmalarda elde edilen parametreler arasında uyumsuzluklar bulunmaktadır.

2.1. 2MASS Fotometrisi

Yakın kırmızı öte fotometrisiyle açık kümelerinin temel ve yapısal parametrelerini belirlemek için bu tez çalışmasında kullanılan yöntem, renk-parlaklık diyagramındaki alan yıldızı kirlenmesini en düşük seviyeye indirmek için geliştirilmiş bir analitik prosedür serisinden oluşur. Kullanılan yöntem, geniş parlaklık aralığına sahip açık kümelerin parametrelerinin etkin bir şekilde belirlenmesine olanak sağlar. Yöntemde, uzaysal ve fotometrik homojenliğin sağlanması için J, H ve K_s 2MASS fotometrisi kullanılmaktadır.

2MASS (The Two Micron All Sky Survey) nokta kaynak katalogu, neredeyse tüm gökyüzünü kaplayan görelî olarak sönük parlaklıklara homojen bir şekilde ulaşma imkanı verir. Bu imkan sayesinde, geniş açısall boyutlu kümeler için daha net bir arka alan tanımlaması yapılabilir [25]. İstatistiksel alan yıldızı temizleme yönteminin ve renk-parlaklık filtrelerinin kullanılması, küme parametrelerinin daha doğru bir şekilde elde edilmesini sağlar. Özellikle düşük galaktik enlemlerde bulunan açık kümelerin yaşları, alan yıldızlarının etkilerinin elimine edilmesiyle daha kesin bir şekilde tahmin edilebilir.

Bu tez çalışmasında incelenen kümelerinin J, H ve K_s filtrelerindeki fotometrik verilerine ulaşmak için *VizieR* veritabanı kullanılmıştır. Kümelerinin fotometrik verileri ve sağ açıklık, dik açıklık, galaktik enlem ve boylam gibi parametreleri yaklaşık olarak $R=60'$ yarıçaplı dairesel bölgeler göz önüne alınarak indirilmiştir. Fotometrik verilerin J, H, K_s filtrelerindeki hata aralığıysa 0.2 kadir olarak seçilmiştir.

0.2 kadirden daha küçük hatalarla alınan fotometrik veriler, kümelerin renk parlaklık diyagramlarını, radyal yoğunluk profillerini, elde etmek ve diferansiyel kırmızılaşma katsayısını düzeltmek için kullanılmıştır. Alan yıldızı temizleme tekniği kümelerinin

gerçek renk parlaklık diyagramlarını ortaya çıkarmakta kullanılırken, renk-parlaklık filtreleri küme üyesi olma olasılığı yüksek olan yıldızları izole etmek için kullanılmıştır.

2.1.1. Kümelerin Renk-Parlaklık Diyagramlarından Alan Yıldızlarının Temizlenmesi

Galaktik diskte bulunan alçak galaktik enlemlerdeki kümelerin renk-parlaklık diyagramlarında önemli derecede alan yıldızı kirlenmesi vardır. Alan yıldızı kirlenmesi kümelerin merkezlerine doğru gidildikçe genellikle arttığı için, küme merkezlerinin belirlenmesini oldukça zorlaştırır [25]. Alan yıldızlarının temizlenmesi, kümelerin temel ve yapısal parametrelerinin daha doğru bir şekilde belirlenmesini sağlar. Özellikle yoğun alan bölgeleri ve fakir popülasyonlu kümeler göz önüne alındığında, alan yıldızlarını temizlemek zorlaşır.

Tez çalışmasında kümelerin gerçek renk-parlaklık şekillerini ortaya çıkarmak için, küme bölgesi ve mukayese alanındaki yıldızların görelî sayı yoğunlarını hesaplayan istatistiksel bir algoritma kullanılmıştır. Algoritma 2MASS filtrelerindeki belirsizlikleri hassas bir şekilde göz önüne alarak, J parlaklığı, (J-H) ve (J-K) renkleri olmak üzere üç boyutta çalışır. Temelde algoritma;

- i) Analiz edilen renk-parlaklık diyagramının parlaklık ve renk serilerini, eksenleri J, (J-H) ve (J-K) doğrultusunda olan kübik hücrelerden oluşan üç boyutlu aralıklara böler.
- ii) Hücreninkiyile kıyaslanabilir parlaklık ve renklere sahip mukayese alan yıldızların sayısını temel alarak her bir hücredeki alan yıldızı sayı yoğunluğunu(beklenen değeri) hesaplar.
- iii) Her bir hücreden beklenen alan yıldız sayısını rastgele çıkarır.

Sonuç olarak bu yöntem, parlaklık ve renklere göre alan yıldızı kirlenmesindeki yerel değişimlere karşı hassastır. Hücre boyutları, her bir hücrede yeterli yıldız-sayım istatistiğine izin verecek büyük ve renk-parlaklık diyagramının farklı evrim düzeyindeki bilişenlerin şekillerini koruyacak kadar küçük olmalıdır.

Tez çalışmasında incelenen kümelerdeki üye yıldızların büyük çoğunluğu için, 2MASS fotometrik belirsizlikleri kabul edilen hücre boyutlarından önemli derecede daha küçüktür

Yöntemde kullanılan algoritma, yüksek yıldız yoğunlukları söz konusu olduğunda hücrelerdeki alan yıldızların kesirsel sayısı en yakın tam sayı değerine yuvarlar. Ancak, hücrelerde bulunabilecek yıldız sayısının belirli bir limiti vardır. Renk-parlaklık hücrelerdeki limit yıldız sayısı, her bir hücre için beklenen alan yıldız sayısı ve hücrelerden çıkarılan yıldızların gerçek sayısı arsasındaki fark tarafından belirlenir [23]. Tüm hücreler üzerinden alınan farkların toplamı, temizleme etkinliği sürecinin bir ölçüsü olduğu gibi, çıkarılmamış alan yıldızlarının toplam sayının da bir tahminini verir. Toplam alan yıldız sayısı, tüm hücrelerdeki yıldız kesirlerinin toplamı üzerinden elde edildiği için, hücrelerden çıkarılmamış alan yıldızları renk-parlaklık diyagramından silinemez. Ancak temizleme etkinliği parametresi, küme üyesi yıldızların düzeltilmiş kesirsel sayılarının hesaplanması için kullanılabilir. Prensip olarak, hücrelere H ve K_s parlaklıkları gibi ilave boyutlar eklenerek daha kesin sonuçlar elde edilebilir. Bu durumdaysa çok boyutlu hücrelerin içindeki yıldız sayısı, dolayısıyla da temizleme etkinliği önemli derecede azalır.

Küme bölgesindeki alan yıldızlarının etkin bir şekilde temizlenip temizlenemeyeceğini belirleyen iki kriter vardır. Birinci kriter alan yıldızlarının ve küme üyelerinin parlaklıkları arasındaki yakınlık derecesidir. İkinci kriterse, alan yıldızlarının küme merkezinden olan uzaklıklarıdır.

2.1.2. Alan Yıldızlarından Temizlenmiş Renk-parlaklık Diyagramları

Alan yıldız temizleme algoritması renk-parlaklık hücrelerindeki beklenen alan yıldız sayısını hesaplarken, yıldızların sadece parlaklık ve renk özelliklerini göz önüne aldığı için hücrelerdeki benzer parlaklık ve renge sahip küme üyesi ve alan yıldızlarını aynı silinme olasılığına sahiptir. Dolayısıyla da hücrelerden rastgele yıldız çıkarma işlemi, kümelerdeki yıldızların gerçek radyal dağılım istatistiğinde yapay bir değişime neden olur. Bu nedenle, yıldızlarından temizlenmiş fotometriden yıldızların radyal dağılım özellikleri değil, yalnızca renk-parlaklık bilgileri elde edilebilir. Yani alan yıldız

temizleme algoritması yalnızca, renk-parlaklık diyagramlarının gerçek şekillerinin elde edilmesinde kullanılır [26].

2.1.3. Kümelerinin Renk-Parlaklık Diyagramlarındaki Fotometrik Limitler

Kümelerin renk-parlaklık diyagramlarındaki fotometrik limitleri belirleyen parametreler şöyle sıralanabilir;

- i) **Önemli derece diferansiyel soğurma:** Renk boyutları $\Delta(J - H) = \Delta(J - K_s) = 0.3$ olan bir renk-parlaklık hücresinde bulunan küme ve alan yıldızları arasındaki soğurma farkı, $A_V \approx 2$ kadirden büyük ise renkteki fark (özellikle (J-H) renginde) hücrenin boyutu kadar büyük olabilir. Bu durumda algoritma, hücreden çıkarılacak alan yıldızı olarak yanlış tipteki (ve sayı yoğunluğundaki) yıldızları seçer [26].
- ii) **Büyük fotometrik belirsizlikler:** Algoritma hücre sayı yoğunluğunu hesaplarken, fotometrik hatalar bir Gauss olasılık dağılımı fonksiyonuyla tam olarak temsil edilemezse, hem hücre kesirlerinde hem de yıldız sayı kesirlerinde büyük belirsizlikler meydana gelir. Bu durum temizleme etkinliğini dolayısıyla da alan yıldızı temizleme oranını azaltır [26].
- iii) **Küme yıldızlarının az sayıda olması:** Fakir popülasyonlu kümelerin renk-parlaklık hücrelerinde az sayıda yıldız bulunması, sayı istatistiği verilerini dolayısıyla da temizleme etkinliğini azaltır.
- iv) **Uzak ve galaksi merkezine yakın kümeler:** Bu tür kümelerdeki temel problem, alan yıldızı kirlenmesinin görünen parlaklıkla birlikte eksponansiyel olarak artmasıdır. Çok uzak ve galaksi merkezine yakın kümelerin yıldız kesri, 2MASS seçilebilirlik limitinden çok daha düşük düzeylerde olabilir [26].
- v) **Galaksi merkezi etrafındaki yığılma:** Zengin popülasyonlu kümeler özellikle galatik merkez yakınlarında yoğun bir yıldız yığılması etkisine maruz kalırlar. Bir açı saniyesinden daha küçük açısal ayırlıklar 2MASS tarafından ayırt edilemez. Alan yıldızları yığılma

etkisinden küme yıldızlarına göre daha az etkilendiklerinden alan yıldızı kirlenmesi özellikle sönük yıldızlar için tahmin edilenden fazla olabilir.

- vi) **Renk-parlaklık hücre boyutları:** Büyük renk-parlaklık hücreleri I. ve III. etkileri minimize etmek için kullanılabilir. Ancak renk-parlaklık hücrelerin boyutlarını büyütmek diyagramın çözünürlüğünü azaltır. Renk-parlaklık hücrelerindeki küçük fotometrik belirsizlikler muhtemelen, hücrelerdeki kesirsel yıldız sayısını azaltıp, elinasyon etkinliğini artıracaktır.
- vii) Ancak herhangi bir alan yıldızı temizleme algoritmasının etkin olabilmesi ve istatistiksel olarak örneklenebilmesi için, 2MASS 'in sağladığı gibi geniş alan yıldızı bölgelerinin kullanılması gerekir [26].

2.1.4. Renk-Parlaklık Filtreleri

Tez çalışmasında arka alan alanıyla mukayese edilebilir renklerdeki yıldızları temizlemek için, renk-parlaklık filtreleri kullanılmıştır. Oluşturulan filtreler sayesinde küme üyesi yıldızları uzaysal dağılımları daha doğru bir şekilde belirlenmiştir.

Kullanılan filtreler, ana-kol ve evrimleşmiş yıldızların renk dağılımlarını hatalarıyla birlikte alacak kadar geniş bir yapıda seçilmiştir. İstatistiksel olarak alan yıldızlarından temizlenmiş renk-parlaklık diyagramlarının aksine, kümelerle benzer parlaklılara sahip artık alan yıldızlarının renk-parlaklık filtrelerinden geçmesi beklenir. Bu durum, kümelerin radyal yoğunluk profillerinde görülen alan yıldızı temizlemesine bağlı yapay değişimlerin ortadan kalkmasını sağlar. Ayrıca renk-parlaklık filtreleri, kümelerin merkezine doğru çift sistemlerinin oranlarının artması gibi dinamik evrimle ilişkili etkileri göz önüne kadar da geniş yapıdadır. Çünkü çift veya çoklu sistemler, kümelerin anakol badını genişletme eğilimindedir [26].

2.2. Kümelerin Radyal Yoğunluk Profilleri

Yıldız kümelerin radyal yoğunluk profilleri, küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımlarının temsil ederler. Radyal yoğunluk profili, belirli bir uzaysal bölge içindeki yıldız yoğunluğunu tanımlar. Küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımları

belirlenirken yoğunluk profillerinin kullanılmasının nedeni, küme merkezleri yakınlarındaki veri yığılmasının ve merkezden uzak bölgelerdeki veri azlığının önüne geçmektir.

Bu tez çalışmasındaysa yoğunluk profilleri elde edilirken, küme merkezinden uzaklaştıkça genişliği artan dairesel bölgeler içindeki yıldızların sayısı yoğunluğunu veren bir algoritma kullanılmıştır. Yarıçap birimleri parsek veya açı dakikası olan dairesel bölgelerin sayıları ve genişlikleri kümelerin üye yoğunluklarına ve galaktik konumlarına göre farklılık gösterebilir. Dairesel bölgelerin sayıları ve genişliklerini değiştirerek, küçük Poisson hatalarına sahip yüksek uzaysal çözünürlüklü radyal yoğunluk profilleri elde edilebilir. Her radayal yoğunluk profilinin artık arka alan kirlenme seviyesi, mukayese alanında ölçülen filtrenmiş yıldızların ortalama sayısına karşılık gelir.

Kümelerinin limit yarıçapları ve yarıçaplardaki belirsizler, arka alan yoğunluk dağılımlarıyla radyal yoğunluk dağılımı seviyelerinin görsel olarak mukayese edilmesiyle tahmin edilir. Limit yarıçap tahminleri radyal yoğunluk dağılımlarındaki değişimler göz önüne alınarak yapılır. Kümelerin radyal yoğunluk profillerinin arka alan bölgelerinden görsel olarak ayırt edilemediği yarıçap değeri limit yarıçap değeri olarak tanımlanır [25]. Pratikte, küme yıldızlarının büyük bir kısmının limit yarıçap değeri tarafından belirlenen bölge içinde kaldıkları kabul edilebilir. Ancak, her zaman kümelerin limit ve çekimsel yarıçap değerleri birbirlerine eşit değildir. Kümelerin çekimsel yarıçapları, üye yıldızların uzaysal dağılımlarını temsil eden radyal yoğunluk profillerine üç parametrelili King profil fitinin uygulanmasıyla elde edilir [26].

2.2.1. Üç Parametrelili King Profil Fiti

Tez çalışmasında kümelerinin yapısal parametreleri küme üyesi yıldızların radyal sayı yoğunlarını modelleyen üç parametrelili King profil fitiyle belirlenir. King profil fiti;

$$\sigma(R) = \sigma_{bg} + \sigma_{ok} / (1 + (R/R_{core})^2) \quad (2.1)$$

eşitliğiyle tanımlanır [27]. Eşitlikteki σ_{bg} , σ_{ok} ve R_{core} parametreleri sırasıyla arka alan yıldız sayı yoğunluğunu, kümenin merkezi yüzey sayı yoğunluğunu ve kümenin

çekirdek yarıçapını tanımlar. $\bar{\sigma}_c = \sigma_{ok} / \sigma_{bg}$ oranıysa küme/arka alan belirlenebilirlik (kontrast) parametresidir [26].

Çalışmada kullanılan yöntemde, yapısal parametreler parlaklıktan bağımsız olarak göz önüne alınan dairesel bölgeler içindeki yıldız sayısını temsil eden sayı yoğunluğu profillerinden elde edilir. King profilili küme üyesi yıldızları belirlemez sadece, farklı miktarda alan yıldızı kirlenmesine maruz kalan küme bileşenlerinin temizlenmiş radyal yoğunluk profillerinden kümelerinin limit ve çekirdek yarıçaplarını ölçülmesini sağlar.

Açık kümelerin yapılarının daha iyi belirlenebilmesi için, kümelerin çekirdek ve limit yarıçap ölçümlerine etki eden arka alan kirlenme seviyesi değişimlerinin de incelenmesi gerekir. R_{lim} değerinin belirlenmesi, kümelerin radyal yoğunluk profillerinin arka alan yıldız yoğunluğundan ayırt edilemez hale geldiği bölgenin tanımlanabilirliğine doğrudan bağlı olduğundan, özellikle galaksinin merkezi kısımlarına doğru düşük popülasyonlu açık kümelerin sayılarının tahmin edilenden daha fazla olması beklenebilir [26].

2.2.2. Küme Üyesi yıldızların Uzaysal Dağılımlarının Modellenmesi

Yıldız kümelerinin dinamiği, hız ve uzaysal yoğunluk dağılımları kullanılarak yörüngesel olmayan tekniklerle çalışılabilir. Küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımlarını temsil eden modeller oluştururken, küme evrimini kontrol eden dinamik gevşeme zamanı ve kümenin bulunduğu galaktik konuma göre etkinliği değişen çekimsel kararsızlık kuvvetleri göz önüne alınmalıdır. Ancak kümelerin dinamik olarak modellenmesinde üç temel problem vardır. İlk problem, gerçek kümleri temsil eden yarı-kararlı modellerin oluşturulmasıdır. İkincisi, modellerin dinamik evrim zamanını hesaplama yöntemlerinin farklı olmasıdır. Modellerin gerçekçiliğini sınırlayan üçüncü problem ise çekimsel kararsızlık kuvvetlerinin etkinliklerinin tam olarak belirlenememesidir [27].

Küme üyesi yıldızlar arasındaki rastgele enerji değişimleri nedeniyle kümelerin hız dağılımları Gauss dağılımına benzerlik gösterir. Hesaplamalarda küme kaçış hızından daha yüksek hızlara sahip yıldızlar da göz önüne alınacağı için, dinamik gevşemeye

bağlı hız dağılımı tam olarak belirlenemez. Bu nedenle kümelerdeki, dinamik gevşeme kararlı bir düzeyde uzaysal dağılımı kontrol ederken, yıldızların kümeden kaçabilecek uygun hız dağılımlarına sahip oldukları kabul edilir. Bu kabullenme yapılarak bir kümenin yıldız kaybetme oranı

$$\frac{1}{n} \frac{dn}{dt} = -\frac{\lambda}{\tau} \quad (2.2)$$

eşitliğiyle belirlenebilir [28]. Eşitlikteki n kümedeki yıldız sayısı, τ karakteristik dinamik gevşeme zamanı, λ ise birim gevşeme zamanında kaçan yıldız kesridir. τ zamanını yıldız yoğunluğuna ve belirli bir doğrultudaki hız dağılımına bağlıyken, λ parametresi kaçış hızının ortalama hıza oranına çok hassas bir şekilde bağlıdır. Yıldız kaçış hızı oranları seçilen modellerle göre büyük değişimler gösterir. Bunun ilk nedeni, kaçış hızlarının farklı modellerde oldukça farklı değerlerde olmasıdır. İkinci nedense, etkin kaçış oranının tüm küme üzerinden ortalama alınarak hesaplanmasıdır. Gerçek bir kümedeki yıldız kaçış oranının sayısal olarak hesaplanabilmesi için kümenin yapısal durumu tanımlayan belirli kabullenmeler yapılmalıdır.

Küme modelleri, belirli bir uzaysal dağılımına karşılık gelen yoğunluk dağılımını hesaplayan algoritmalar kullanılarak oluşturulur. Küme modeli oluşturma prosedürü, küme üyesi yıldızlar çarpışma süreçlerinin kümeyi çok yavaş bir şekilde etkilediği kabulüne dayanır.

Farklı dinamik durumlardaki kümeleri temsil etmek için farklı uzaysal dağılımlarının kullanılması gerekir. Uzaysal dağılım seçimini belirleyen iki temel kriter vardır. Birinci kriter, küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımının hangi limit değerinde sonlandırılacağı (kesileceğinin) belirlenmesidir. İkincisiyse, modelin anisotropi derecesidir [27].

Uzaysal dağılımındaki azalma ani veya kademeli olabilir. Kararlı bir dinamik durumda uzaysal dağılımındaki kesilme kademelidir. Dağılım fonksiyonun şekli, gözlem yapmanın zor olduğu kümenin en dış bölgelerindeki yoğunluk dağılımlarının temsil edilmesi açısından önemlidir. Teorik modellerle gözlemler arasında ki

karşılaştırılmalar, bir kümenin radyal yoğunluk dağılımında ani(keskin) bir azalmanın meydana gelme olasılığının düşük olduğunu göstermektedir.

Küme modeli oluşturulurken verilmesi gereken ikinci önemli karar ise uzaysal dağılımın anisotropik olup olmayacağıdır. Belirli bir zaman ölçeğinde, merkezlerinden halolarına doğru kümelerin üye yıldızlarını kaybetmeleri, radyal yörüngelerde hareket eden üye yıldızların sayılarının azalmasına neden olur. Bu süreç küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımlarının isotropikliğini (eş dağılımlılığını) artırır. Dağılımının yapısı belirlendikten sonra, küme modelleri için uzaysal bir sınırlamada yapılmalıdır. Bir modelin limit yarıçapı sınırlı bir değerde alınabileceği gibi, $R_{\text{lim}} \rightarrow \infty$ koşulu içinde modeller oluşturulabilir. Gerçek kümeleri modellerken $R_{\text{lim}} \rightarrow \infty$ koşulu fiziksel olarak anlamsızdır. Ancak bu koşul Samanyolu'nun bozucu çekimsel gücüne karşın, bir kümenin yıldızlarını çekimsel olarak bir arada tutamadığı teorik limit yarıçap değerinin hesaplanmasında kullanılabilir. Modellerdeki başlangıç limit yarıçapı değeri için gözlemsel limitler kullanılır.

Farklı tür seçimlerle oluşturulan modellerin çoğu bir kümenin merkezi bölgesi için aynı yoğunluk dağılımını verir. Modellerden elde edilen merkezi yoğunluk profilleri gözlemlerle de uyumludur. Ancak modellerin dış kısımları birbirlerinden farklıdır. Çekimsel tedirginlik limitindeki belirsizlikler ve sayılan yıldız yoğunluklarındaki istatistiksel dalgalanmalar nedeniyle, kümenin dış kısımlarını temsil eden model bölgelerini gözlemlerle mukayese etmek oldukça zordur. Birçok açık yıldız kümesi, modellerle yeterince doğru mukayese olanağı sağlamaz. Galaktik kümeler için çekimsel kararsızlık limitleri oldukça kesin bir şekilde hesaplanabilir fakat bu tür kümelerin dış kısımlarındaki yıldız sayısı o kadar azdır ki, yoğunluk dağılımlarının modellenmesi oldukça zordur [26].

Modellerdeki belirsizliklerin iki temel nedeni vardır. Birinci neden, Samanyolu çekimsel alanın tam olarak bilinmemesidir. İkincisiyse, çekimsel tedirginlik kuvvetlerinin kümelerin bulundukları galatik koordinatlara göre farklılık göstermeleridir. Galaksi merkezine yaklaştıkça, çekimsel tedirginlik kuvvetlerinin gücü artar [27].

2.2.3. King Modelinin Doğruluk Derecesi

King, tarafından geliştirilen küme modelleme yöntemi kullanışlı olmasına rağmen, model için seçilen yoğunluk dağılımı profilinin gerçek kümelerle uygulanmasında iki temel sorun bulunmaktadır [28]. Birinci sorun, King modelinde göz önüne alınan merkezi yoğunluk dağılımları kümelerin dış kısımlarındaki üye yıldızların anisotropik uzaysal dağılımları hakkında herhangi bir bilgi vermez. İkincisi sorsa, gerçek kümelerin farklı kütlelere ve uzaysal dağılımlara sahip yıldız popülasyonları içermesidir. Hem anisotropi, hem de yıldız popülasyonundaki çeşitlilik küme modellerin detaylarını etkiler [29]. Dinamik bir modelde, farklı tipteki yıldız türlerinin oranları gerçeğe ne kadar yakın olursa hesaplanan radyal yoğunluk dağılımı o kadar doğru olur.

Olumsuzluklara rağmen, kümelerin merkezi bölgelerindeki dinamik gevşemenin diğer bölgelerden daha hızlı olduğunu kabul eden King modelleri, yıldız kümelerinin fiziksel özelliklerini uzaysal olarak belirli limitlere sahip yoğunluk dağılımlarıyla oldukça iyi bir şekilde temsil edilebilir.

King modellerinde kümeyi oluşturan tüm yıldızlar aynı kütleyle sahiptir ve radyal yoğunluk dağılımları her yerde isotropiktir. Ayrıca modellerde, kümelerin şekillerindeki çekimsel tedirginlik sonucunda oluşan bozulmalar ihmal edilir [29]. Çünkü bu tür dış dinamik etkiler bir kümenin sadece dış bölgelerinde etkindir.

3. BÖLÜM

ANALİZ SONUÇLARI

3.1. Kümelerin Merkezi Koordinatları

Açık yıldız kümelerinin temel ve yapısal parametreleri belirlenmeden önce yapılması gereken ilk iş, kümelerin merkezi koordinatlarının olabildiğince doğru bir şekilde belirlenmesidir. Küme merkezlerinin sağ açıklık ve dik açıklık değerlerinin doğruluk derecesi analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkiler. Tez çalışmasındaki kümelerin belirlenen merkezi koordinatların doğruluk dereceleri, yıldız yüzey sayı yoğunluğunu σ (yıldız/açı-dk⁻²) veren üç boyutlu grafiklerden ve iki boyutlu isopleth (eş alan) yüzeylerinden belirlenmiştir. [KGZ2008] 53 (Koposov+Glushkova+Zolotukhin, 2008) dışında tez çalışmasında incelenen tüm kümelerin merkezi koordinatları, literatür verileri referans alınarak en iyi yıldız yüzey yoğunluğu ve isopleth pik noktasını verecek şekilde yeniden belirlenmiştir.

3.2. Kümelerin Temel Parametreleri

İncelenen kümelerin yaşları, 2MASS J, H, Ks filtreleri için oluşturulan ortalama güneş metal bolluğuna sahip Padova eş yaş çizgileri kullanılarak elde edilmiştir. Kümelerin eş yaş çizgisi fitlerinden elde edilen parametreleriye, alan yıldızı kirlenmesinden ve diferansiyel kırmızılaşmadan önemli ölçüde etkilenen, uzaklık modülleri ve renk artıklarıdır.

Kümelerin alan yıldızlarından temizlenmiş renk-parlaklık diyagramları, yaşlarının güvenilebilir bir şekilde belirlenmesini sağlayacak kadar çok veriye sahiptirler. Padova eş yaş çizgilerinden elde edilen küme yaşları sırasıyla TR32: **2 Gyr**, NGC6802: **1.1 Gyr**, NGC6802: **1.8 Gyr**, [KGZ2008] 53: **1.3 Gyr** ve Be89: **2.5 Gyr** değerlerindedir.

Bica,2006 tarafından güncellenen küresel küme parametrelerini temel alınarak elde edilen verilere göre, güneş ile galaksi merkezi arasındaki uzaklık 7.2 kpc kadardır. Bu hesaplamaya göre çalışmada incelenen kümelerin güneşten olan uzaklıkları, TR32: **1.49 kpc**, NGC6802: **2.04 kpc**, NGC6802: **1.28 kpc**, [KGZ2008] 53: **3.54 kpc** ve Be89: **3.34 kpc** değerlerindedir.

İncelenen kümelerin uzaklık değerlerini ve renk-parlaklık diyagramlarındaki renk dağılımlarını önemli ölçüde etkilen diferansiyel kırmızılaşma için kullanılan lineer dönüşüm eşitliğiye;

$$E(J - H) \approx 0.3 \times E(B - V) \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilir [26]. Yakın kırmızı ötedeki diferansiyel kırmızılaşma optik bölgeden daha küçüktür. Bu nedenle J, H, K_s, filtreleriyle yapılan gözlemler kümelerin temel parametrelerinin daha doğru bir şekilde belirlenmesi açısından oldukça kullanışlıdır.

Kümelerin yakın kırmızı öte ve optik bölgede farklı miktarlarda sönmülemeye maruz kalmaları ve alan yıldızlarının istatistiksel sayısını veren mukayese bölgelerindeki diferansiyel kırmızılaşma hesaplanan E(B-V) değerlerindeki hataları artırabilir.

Tez çalışmasında Bu etkinin önüne geçmek için, küme üyesi olma olasılığı yüksek yıldızların renklerindeki hataların büyük bir kısmını içine alacak kadar geniş renk-parlaklık filtreleri kullanılmıştır.

3.3. Kümelerin Yapısal Parametreleri

Yapısal parametreler, kümelerinin orta ve merkezi bölgelerini tanımlayan iki King profil parametresiyle, filtrelenmiş radyal yoğunluk profillerinin fit edilmesiyle elde edilir.[28]. Fitler, hataları ağırlık olarak kullanan lineer olamayan en küçük kareler yaklaşımı ile çizilir. Fitlerdeki serbestlik derecesini minimuma indirmek için, mukayese alanında ölçülen artık yıldız değerlerine karşılık gelen arka alan kirlenme seviyesi sabit alınabilir. King fit parametreleri, yıldızların merkezi yıldız yoğunluğu ve çekirdek yarıçapıdır .

Tez çalışmasında incelenen açık kümelerin σ_{ok} merkezi yıldız yoğunluğu ve R_{core} çekirdek yarıçapı gibi yapısal parametreleri, küme üyesi olma olasılığı yüksek olan anakol ve evrimleşmiş yıldızların sayı yoğunlarını temsil eden renk-parlaklık filtrelemesi yapılmış radyal yoğunluk profillerine üç parametrelili King profil fiti uygulanarak belirlenmiştir. Kümelere uygulanan King profil fitleri, veri hatalarını istatistiksel ağırlık olarak kullanan bir tür en küçük kareler yöntemini temel almaktadırlar. Fitlerdeki serbestlik derecesini azaltmak içinse, σ_{bg} arka alan seviyeleri sabit olarak alınmıştır.

Kullanılan yöntemler ve veri setlerindeki farklılıklar, kümelerin çekirdek ve limit yarıçaplarının farklı değerlerde hesaplanmasına neden olabilir. Özellikle parlaklık limitlerindeki değişim, çekirdek yarıçapının değerini önemli ölçüde ettiler. Bu çalışmada incelenen beş cisim için King profili belirsizliklerle birlikte, kümelerin dış kısımlardan çekirdeğe doğru yıldızların radyal yoğunluk profilinin iyi bir analitik temsilini verir. Küme yıldızlarının radyal yoğunluk profiliyle King profilinin benzer yapıda olmasından, kümelerin özellikle çekirdek bölgelerinin önemli bir enerji paylaşım düzeyine ulaştığı sonucu çıkarılabilir. Bu durum, incelenen cisimler için elde edilen yaşlarla da uyumludur.

İncelenen cisimlerde, özellikle Tr 32 kümesinde açık bir şekilde görülen radyal yoğunluk profillerindeki düzensiz değişimlerin, en önemli nedeni, gözlemlenen radyal yoğunluk profillerindeki yoğun alan yıldızı kirlenmesidir.

Kümelerin filtrelenmiş radyal yoğunluk profilleri daha az istatistiksel dalgalanma göstermektedir. Dolayısıyla da bu tür profillerin, filtre uygulanmamış profillere göre kümelerin yapıları hakkında daha çok sağlıklı bilgiler verdikleri düşünülebilir.

Tahmin edilen limit yarıçap değerlerinin mutlak boyutlularda mukayesesini yapabilmek içinse, açı dakikası biriminde belirlenen yarıçap değerleri parsek değerlerine dönüştürmüştür. Aynı amaçla kümelerin bir açı dakikalık dairesel alan başına düşen yıldız sayı yoğunlukları da, analizler sonucunda elde edilen uzaklıklar kullanılarak 1 parseklik alan başına düşen yıldız sayısına (pc^{-2}) dönüştürülmüştür.

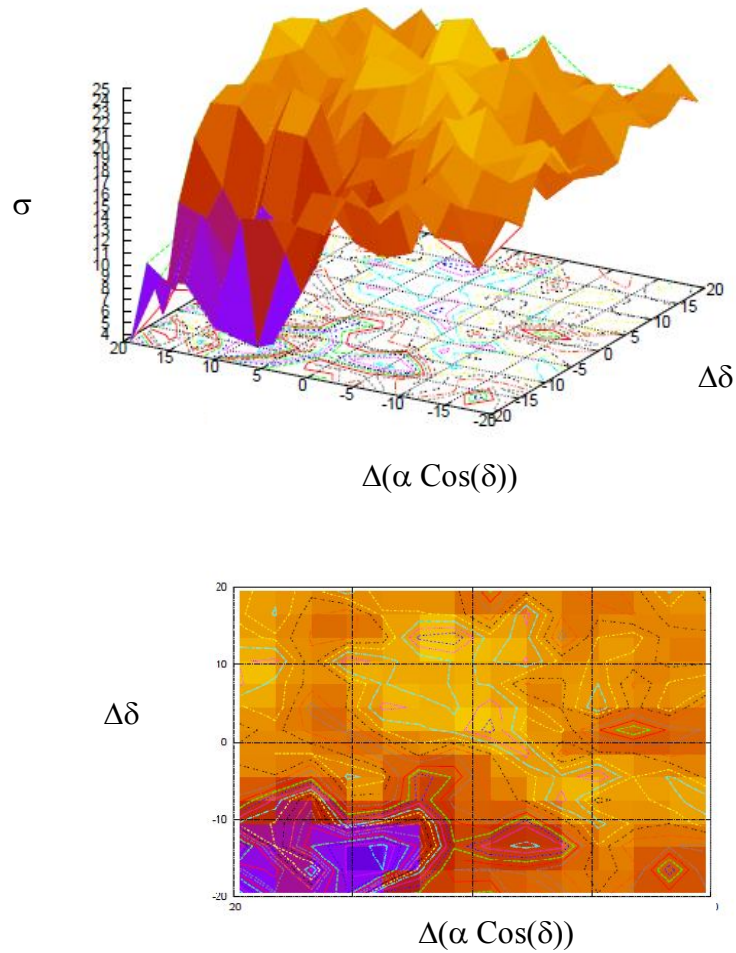
3.4. Analiz Sonuçları

3.4.1. Tr 32 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri

Tablo 3.1. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması.

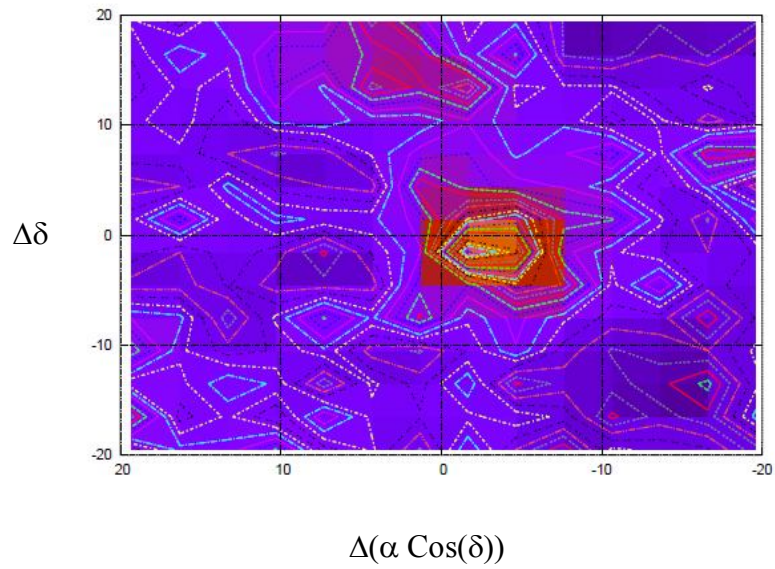
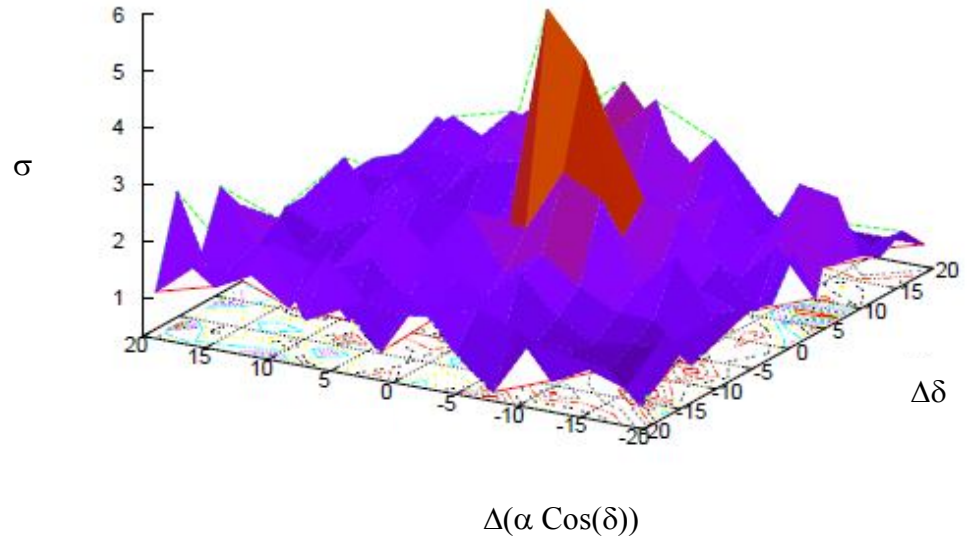
Literatür				Tez Çalışması			
$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b
18 17 30	-13 21 00	17.206	1.287	18:17:22.25	-13:20:2.25	17.205	1.323

Tr 32 Temizlenmemiş Dns

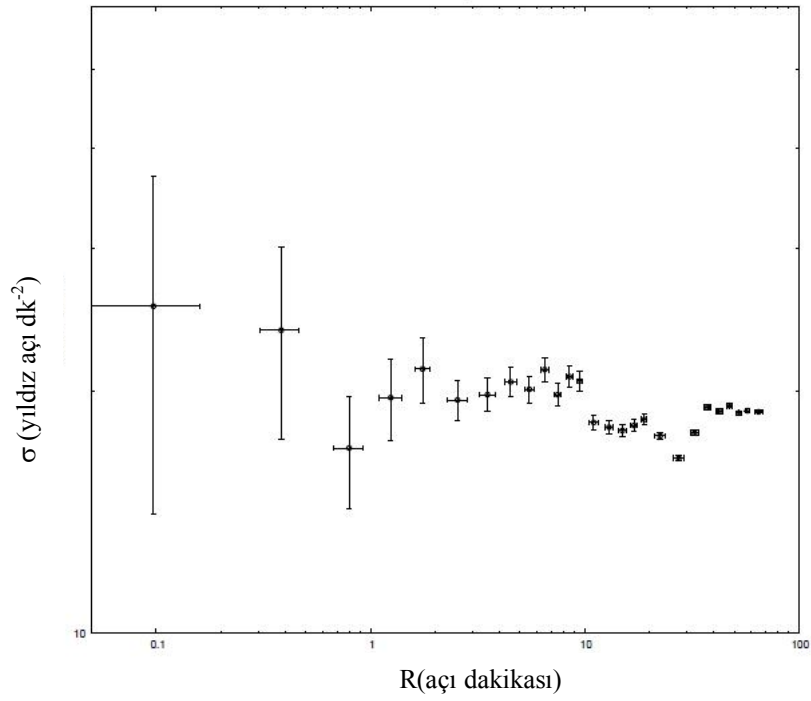


Şekil 3.1. Üst Panel: Tablo 3.1 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan Tr 32 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$). Alt Panel: Tr 32’in isopleth yüzeyi (ham fotometri).

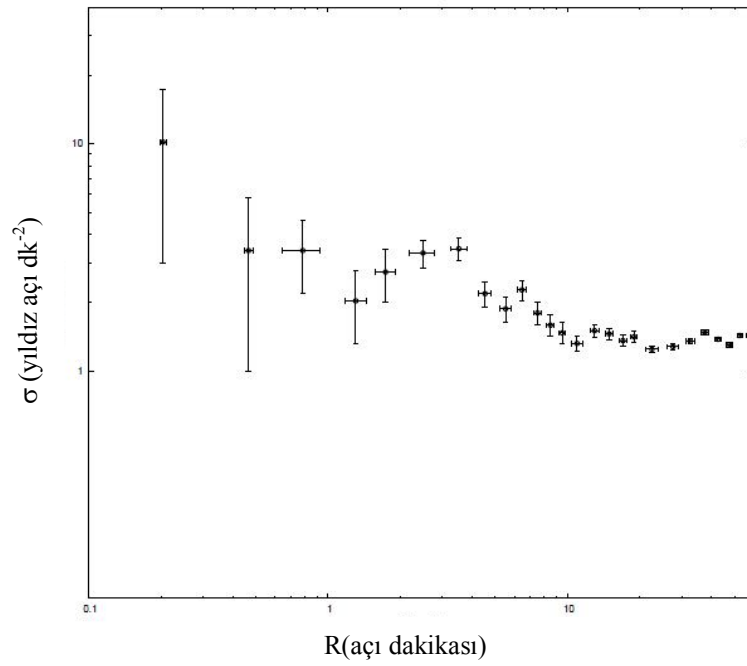
Tr 32 Temizlenmiş Dns



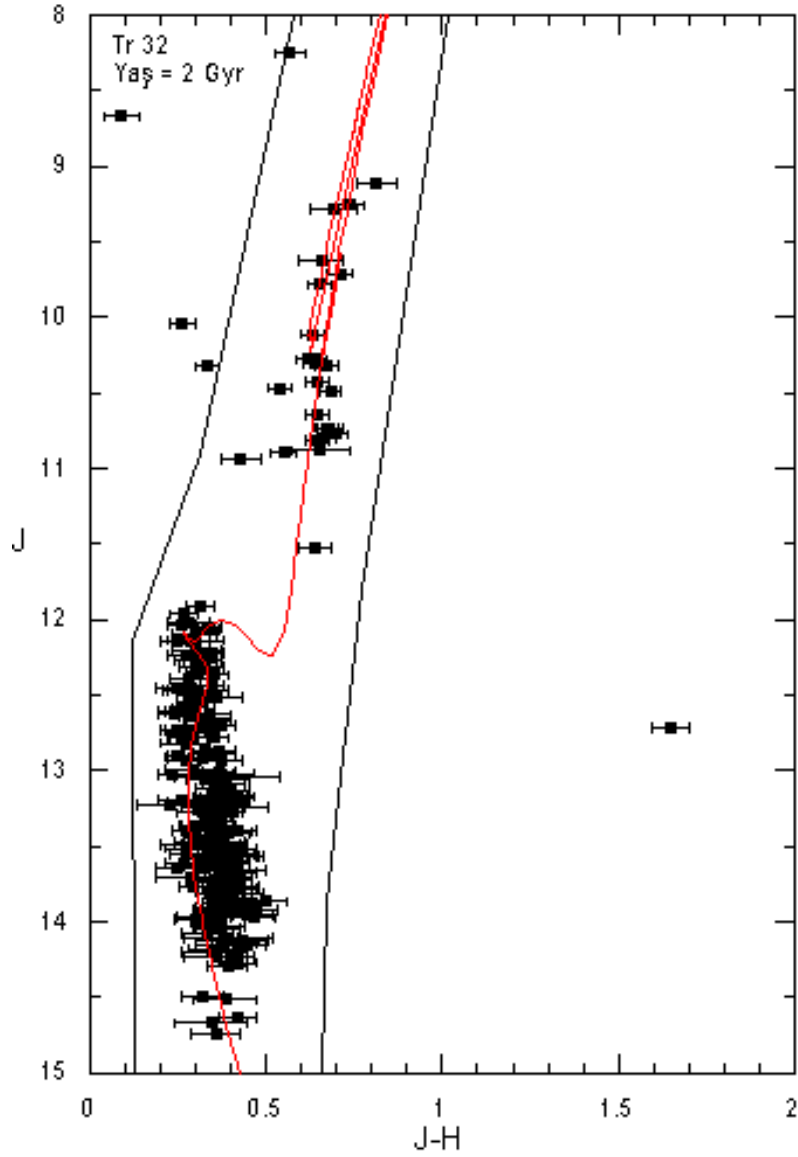
Şekil 3.2. Üst Panel: Tablo 3.1 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan Tr 32 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ aç i dk $^{-2}$). Alt Panel: Tr 32’in isopleth yüzeyi (temizlenmiş fotometri).



Şekil 3.3. Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç} \text{ } dk^{-2})$ birimindedir.



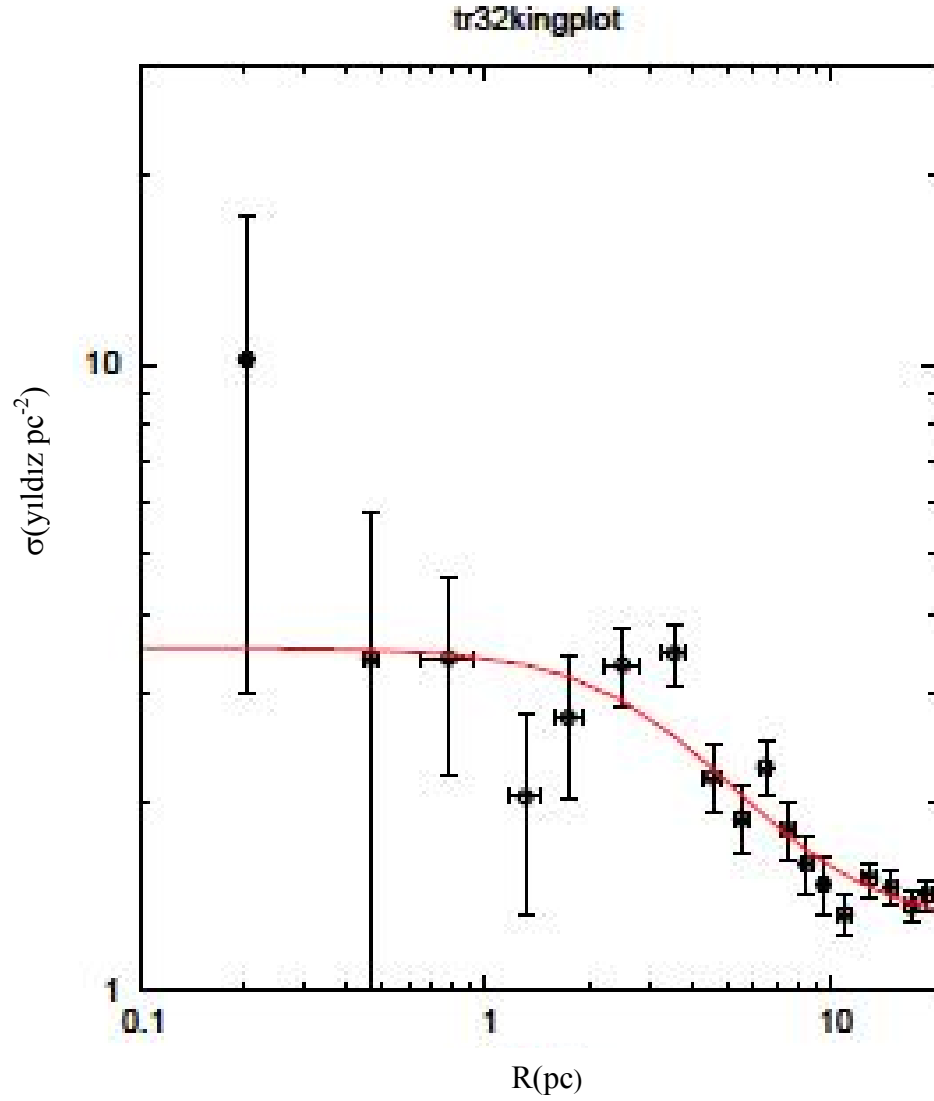
Şekil 3.4. Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç} \text{ } dk^{-2})$ birimindedir



Şekil 3.5. 2 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, Tr 32 ‘in alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk-parlaklık diyagramı. 2Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir

Tablo 3.2. Tr 32’in elde edilen temel parametreleri ($R_{\odot}=7.22$ kpc için)

E(J-H)	E(B-V)	(m-M)_j	AV (mag)	Yaş (Gyr)	dsun(kpc)	Rgc(kpc)
0.09+/-0.02	0.29+/-0.06	11.11+/- 0.25	0.89+/- 0.20	2+/-0.5	1.49+/-0.18	5.82+/-0.17



Şekil 3.6. Siyah daireler; Tr 32 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder.

Tablo 3.3. Tr 32 ‘in yapısal parametreleri.

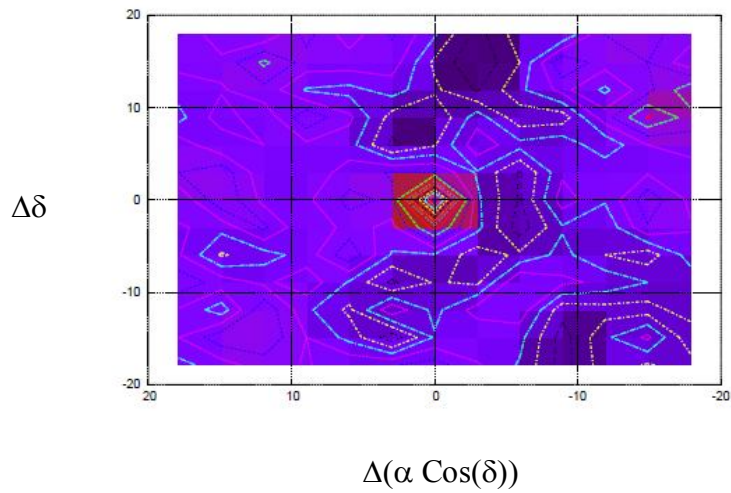
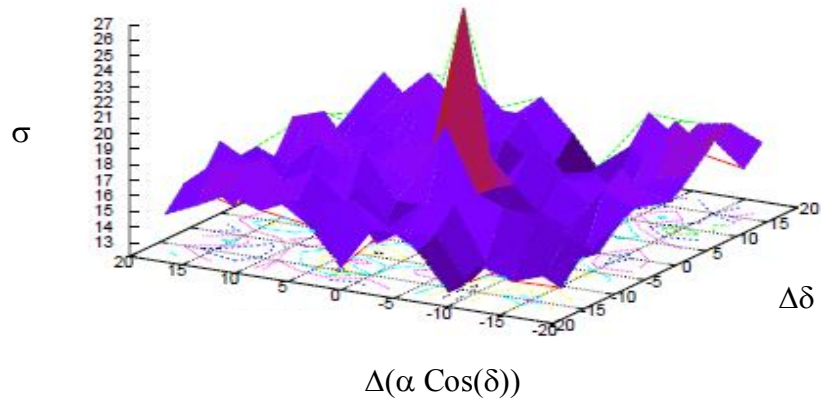
(l') pc	σ_{bg} (* pc^{-2})	σ_{ok} (* pc^{-2})	R_{core} (pc)	R_{lim} (pc)	σ_{bg} (* l'^2)	σ_{ok} (* l'^2)	R_{core} (l')	R_{lim} (l')	ΔR (l')	CC
0.431	6.68 ± 0.43	12.00 ± 2.97	1.76 ± 0.49	4.12 ± 1.14	1.26 ± 0.08	2.26 ± 0.56	4.05 ± 1.14	9.5 ± 0.28	40-55	0.86

3.4.2. NGC 6802 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri

Tablo 3.4. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması.

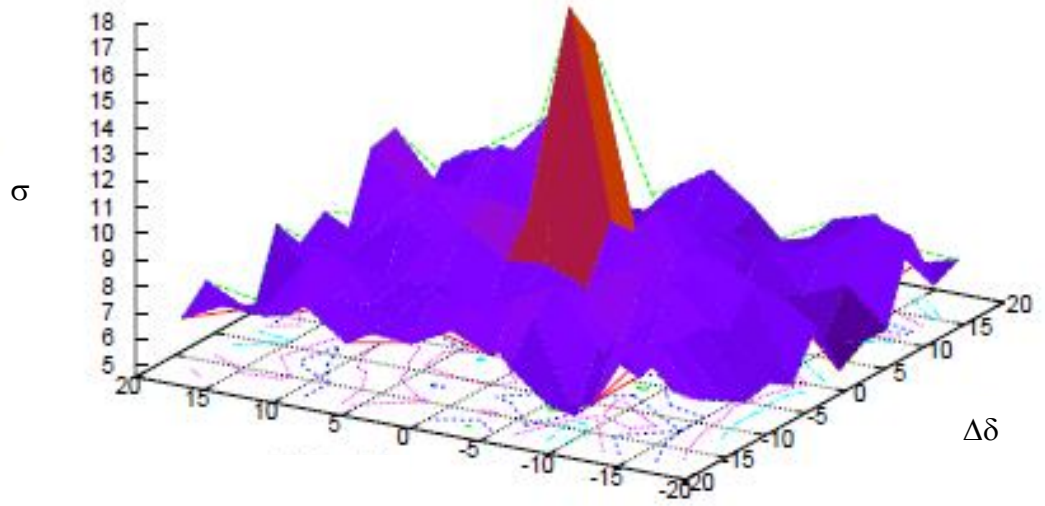
Literatür				Tez Çalışması			
$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b
19:30:35.0	20:15:42.0	55.325	0.916	19:30:35.02	20:14:26.25	55.307	0.906

NGC 6802 Temizlenmemiş Dns

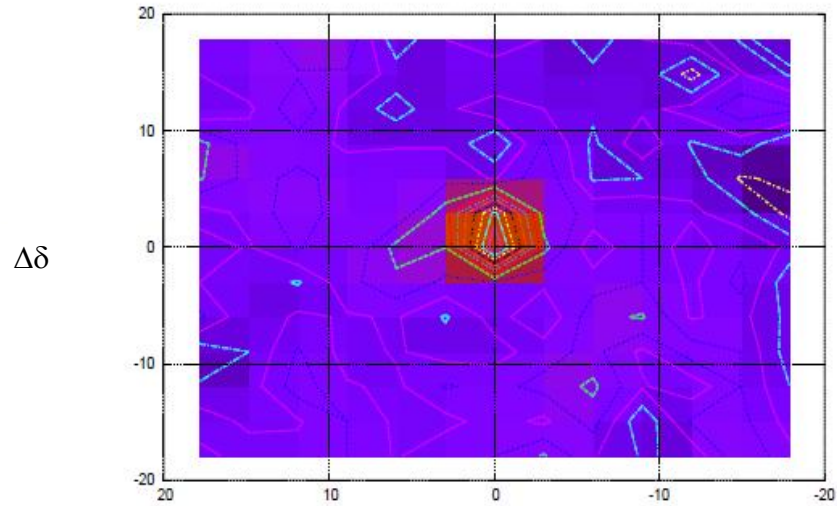


Şekil 3.7. Üst Panel :Tablo 4 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6802 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk -2). Alt Panel: NGC6802’in isopleth yüzeyi (ham fotometri).

NGC 6802 Temizlenmiş Dns

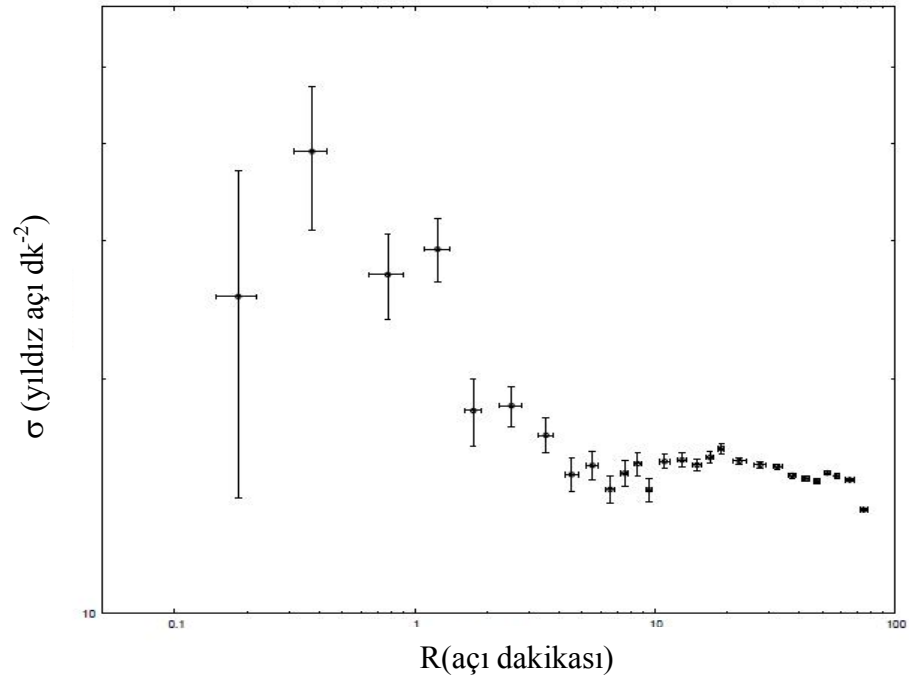


$\Delta(\alpha \cos(\delta))$

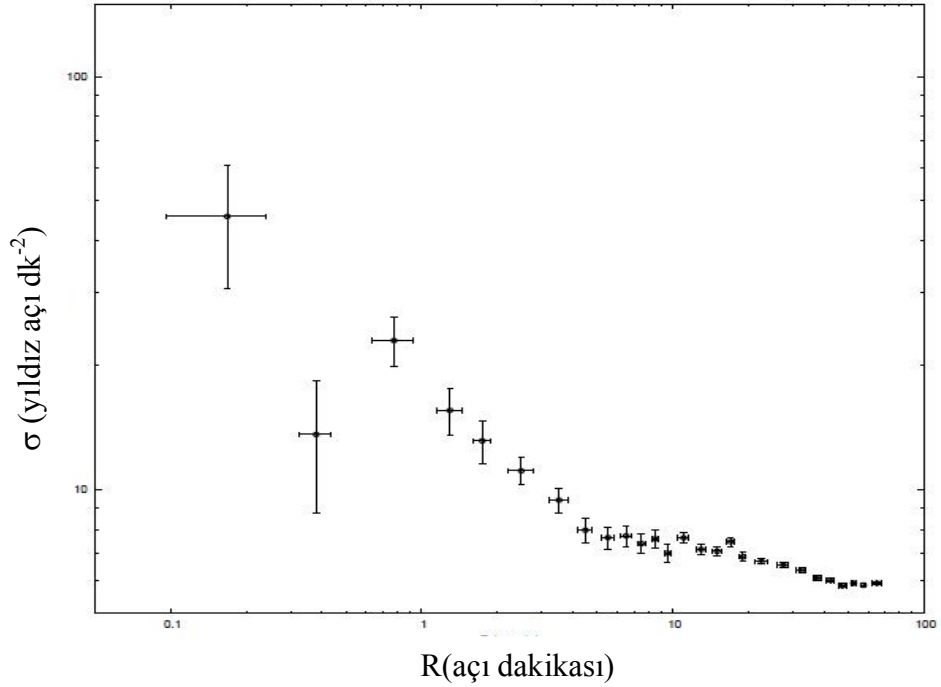


$\Delta(\alpha \cos(\delta))$

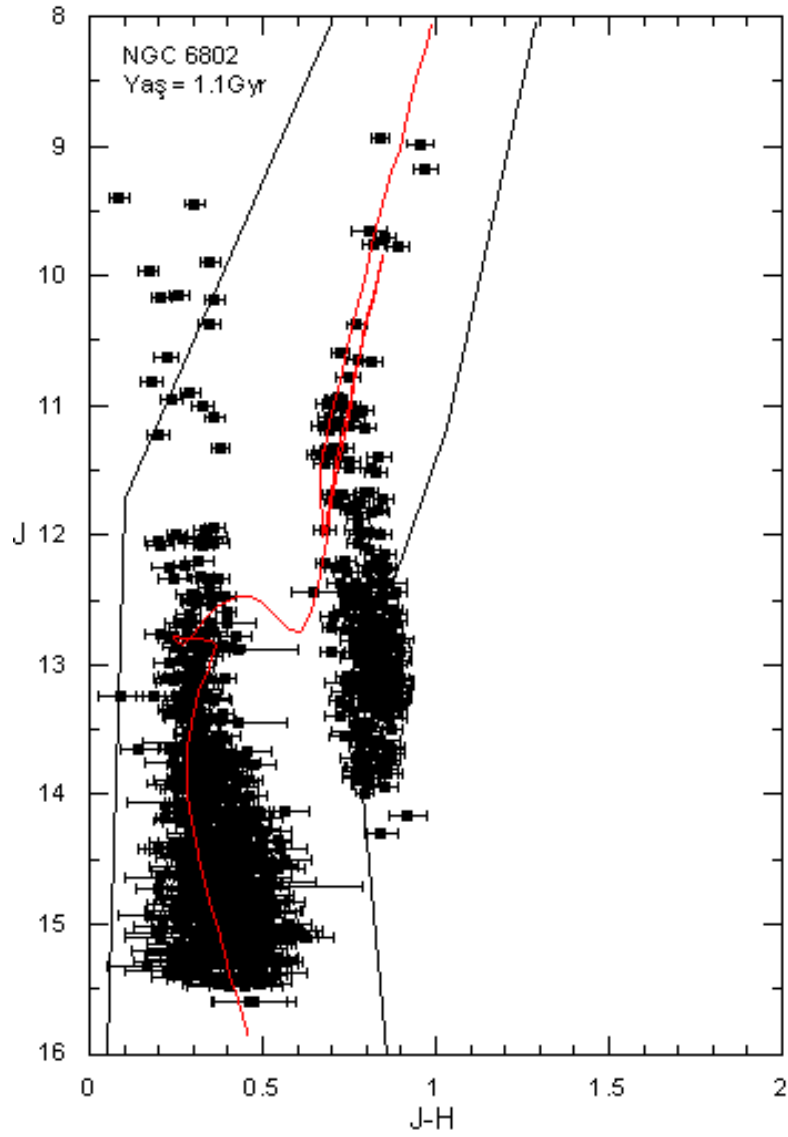
Şekil 3.8. Üst Panel :Tablo 4 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6802 'in yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$). Alt Panel: NGC6802'in isopleth yüzeyi (temizlenmiş fotometri).



Şekil 3.9 . NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal Yoğunluk Profil(RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç1 dk}^{-2})$ birimindedir.



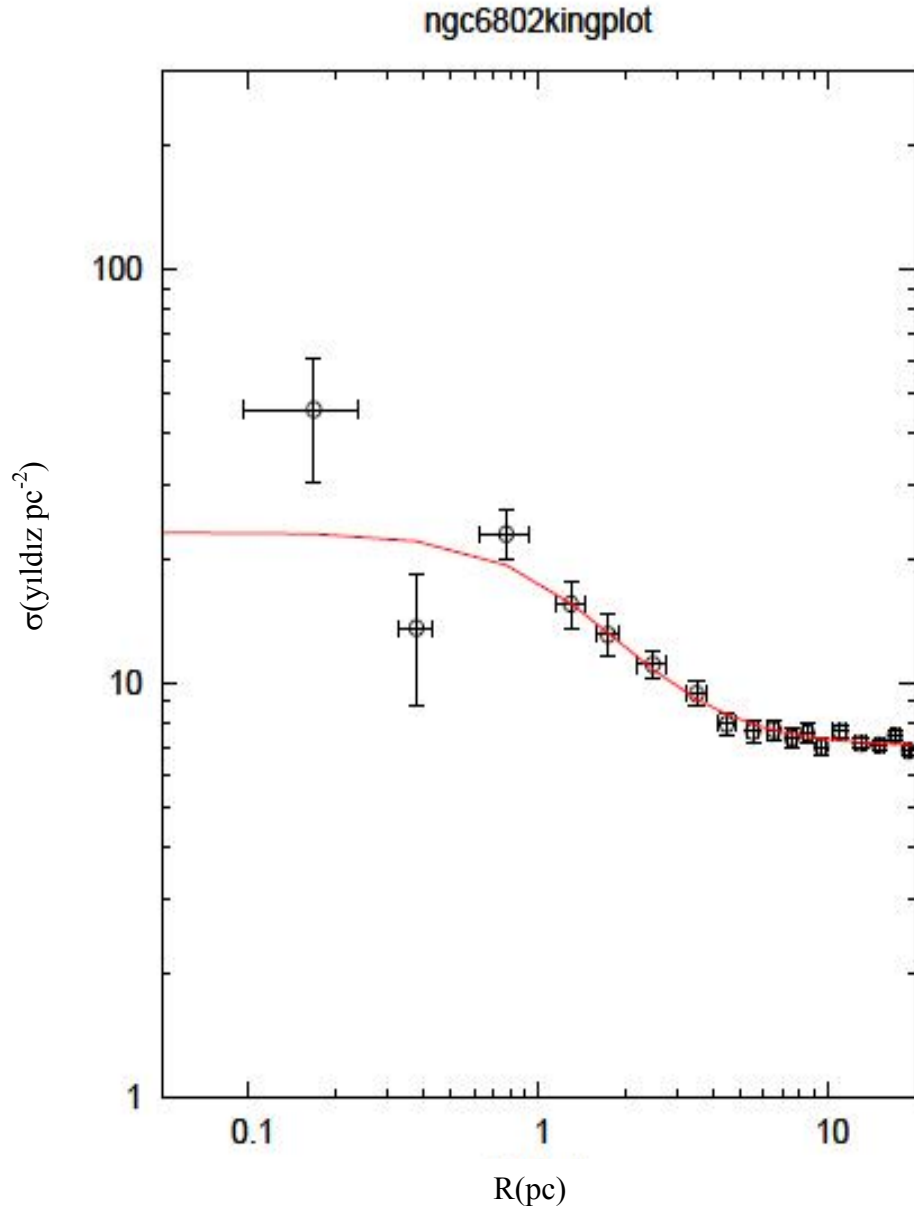
Şekil 3.10. NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç1 dk}^{-2})$ birimindedir



Şekil 3.11. 1.1 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, NGC6802 ‘in alan yıldızı temizlemesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.1Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir

Tablo 3.5. NGC6802’in elde edilen temel parametreleri ($R_{\odot}=7.22$ kpc için).

E(J-H)	E(B-V)	(m-M)_j	AV(mag)	Yaş (Gyr)	dsun(kpc)	Rgc(kpc)
0.18+/-0.02	0.58+/-0.06	12.04+/- 0.20	1.79 +/- 0.20	1.1+/-0.3	2.04+/-0.19	6.29+/-0.11



Şekil 3.12. Siyah daireler; NGC6802 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder.

Tablo 3.6. NGC6802 ‘in yapısal parametreleri

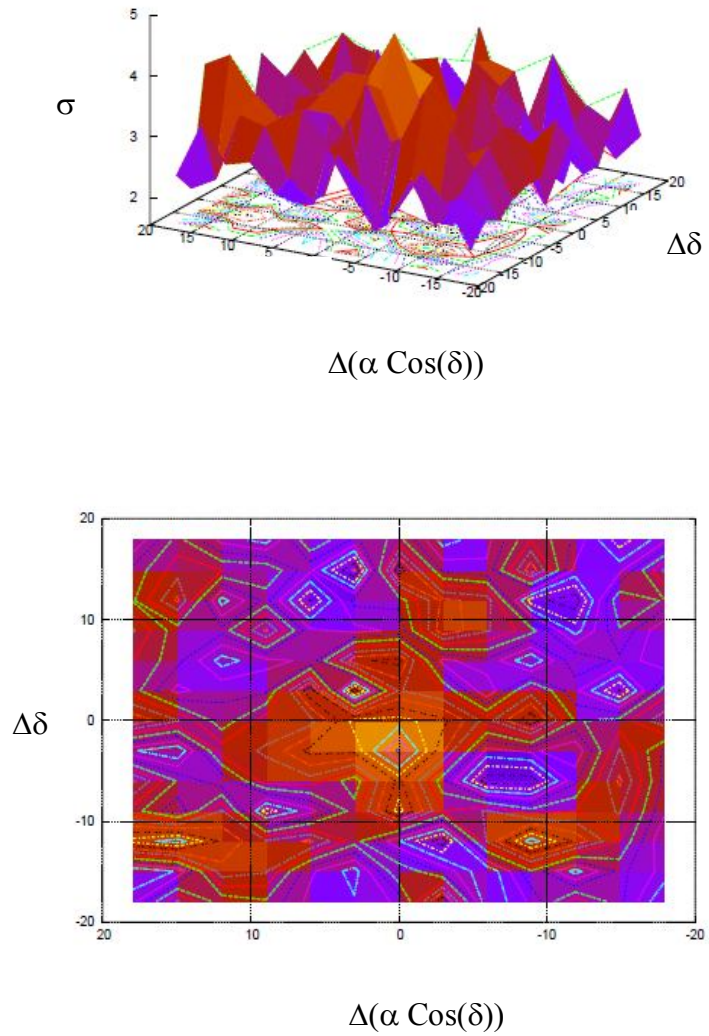
(l') pc	σ_{bg} (*pc ⁻²)	σ_{ok} (*pc ⁻²)	R_{core} (pc)	R_{lim} (pc)	σ_{bg} (*r ⁻²)	σ_{ok} (*r ⁻²)	R_{core} ($^{\circ}$)	R_{lim} ($^{\circ}$)	ΔR ($^{\circ}$)	CC
0.59	19.93±0.2	45.97±11	0.81±0.1	5.04±0.30	7.02±0.1	16.17±3.9	1.38±0.2	8.5±0.2	35-50	0.91

3.4.3 .NGC6811 ‘in Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri.

Tablo 3.7. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması.

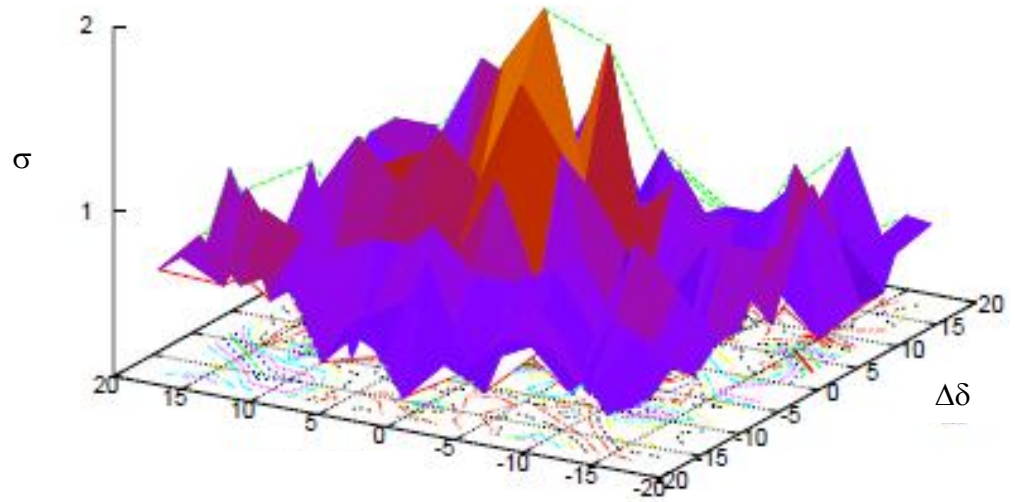
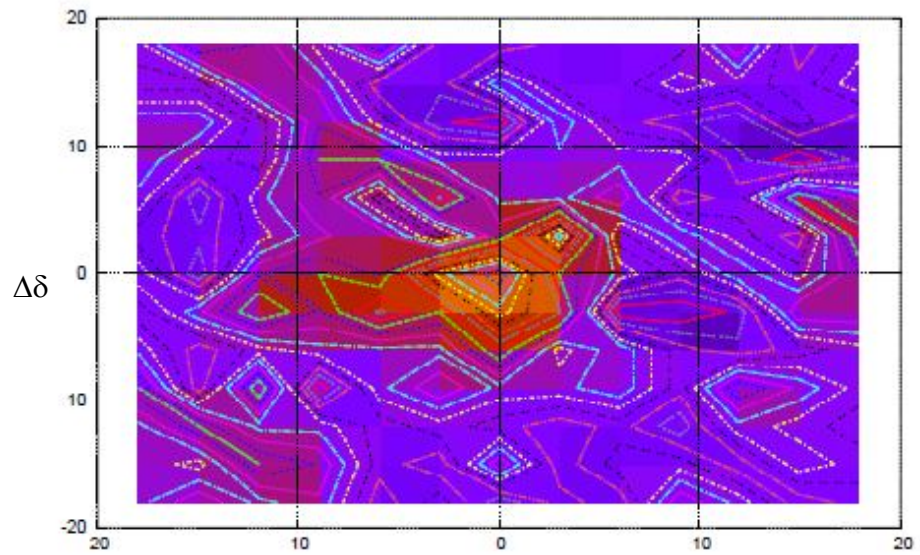
Literatür				Tez Çalışması			
$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b
19:37:17.0	46:23:18.0	79.210	12.014	19:37:21.36	46:22:01.15	79.196	11.994

NGC 6811 Temizlenmemiş Dns

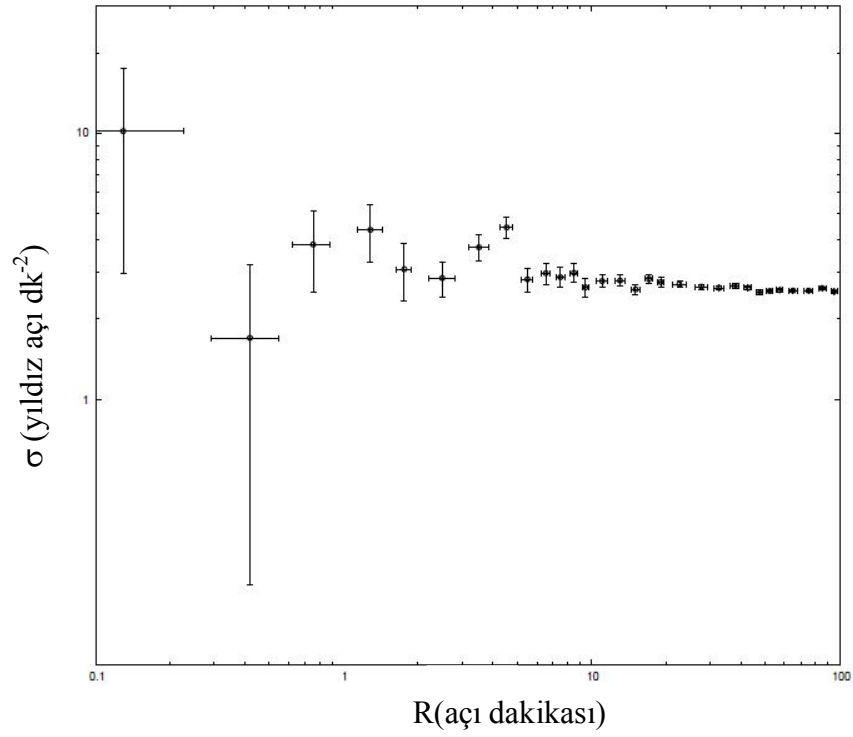


Şekil 3.13. Üst Panel: Tablo 7 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6811 ‘in yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ aç i dk $^{-2}$). Alt Panel: NGC6811’in isopleth yüzeyi (ham fotometri).

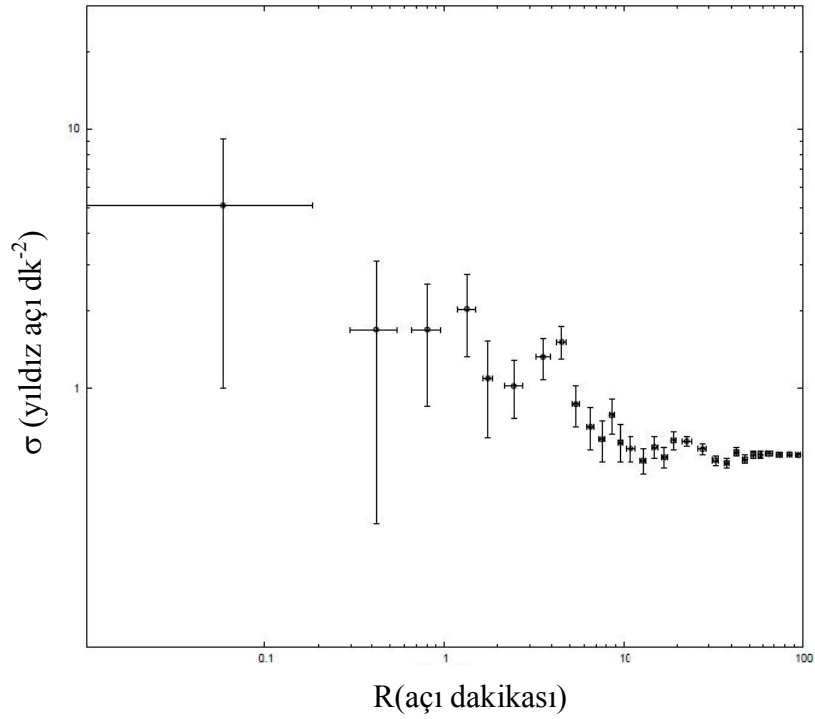
NGC 6811 Temizlenmiş Dns


 $\Delta(\alpha \cos(\delta))$

 $\Delta(\alpha \cos(\delta))$

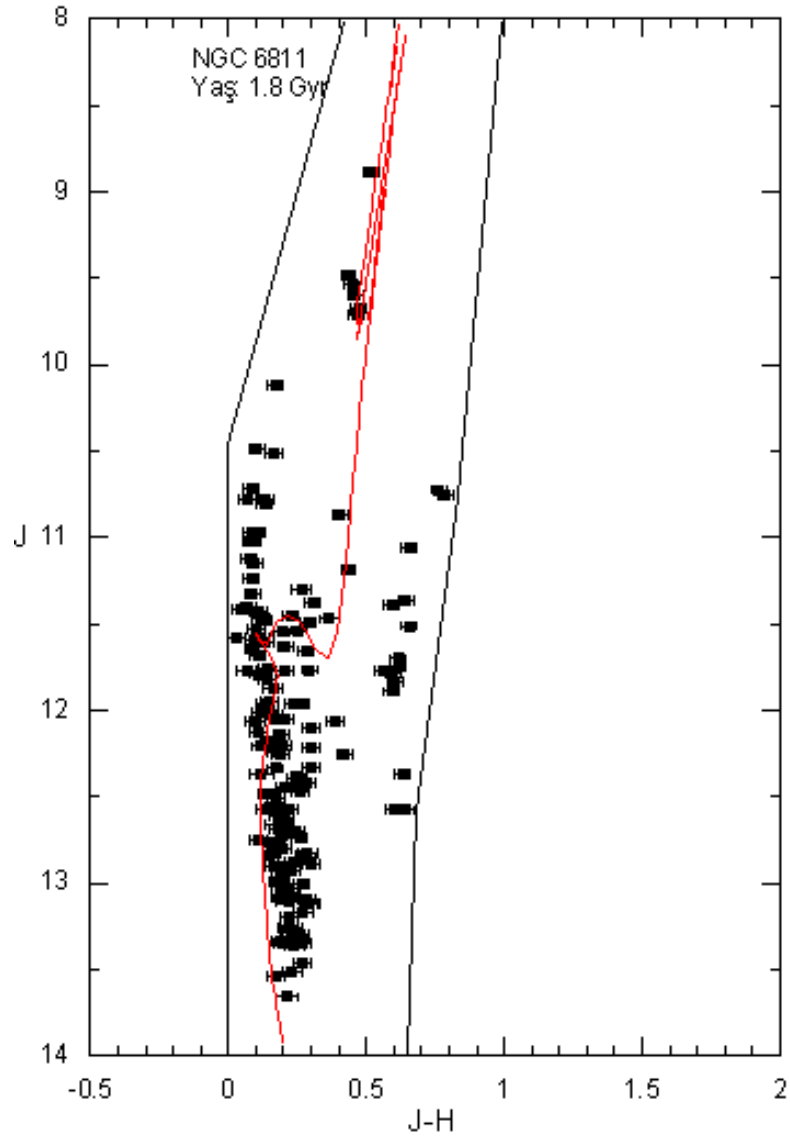
Şekil 3.14. Üst Panel :Tablo 7 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan NGC6811 'in yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$). Alt Panel: NGC6811'in isopleth yüzeyi (temizlenmiş fotometri).



Şekil 3.15. NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız} / \text{aç}^2 \text{dk}^{-2})$ birimindedir



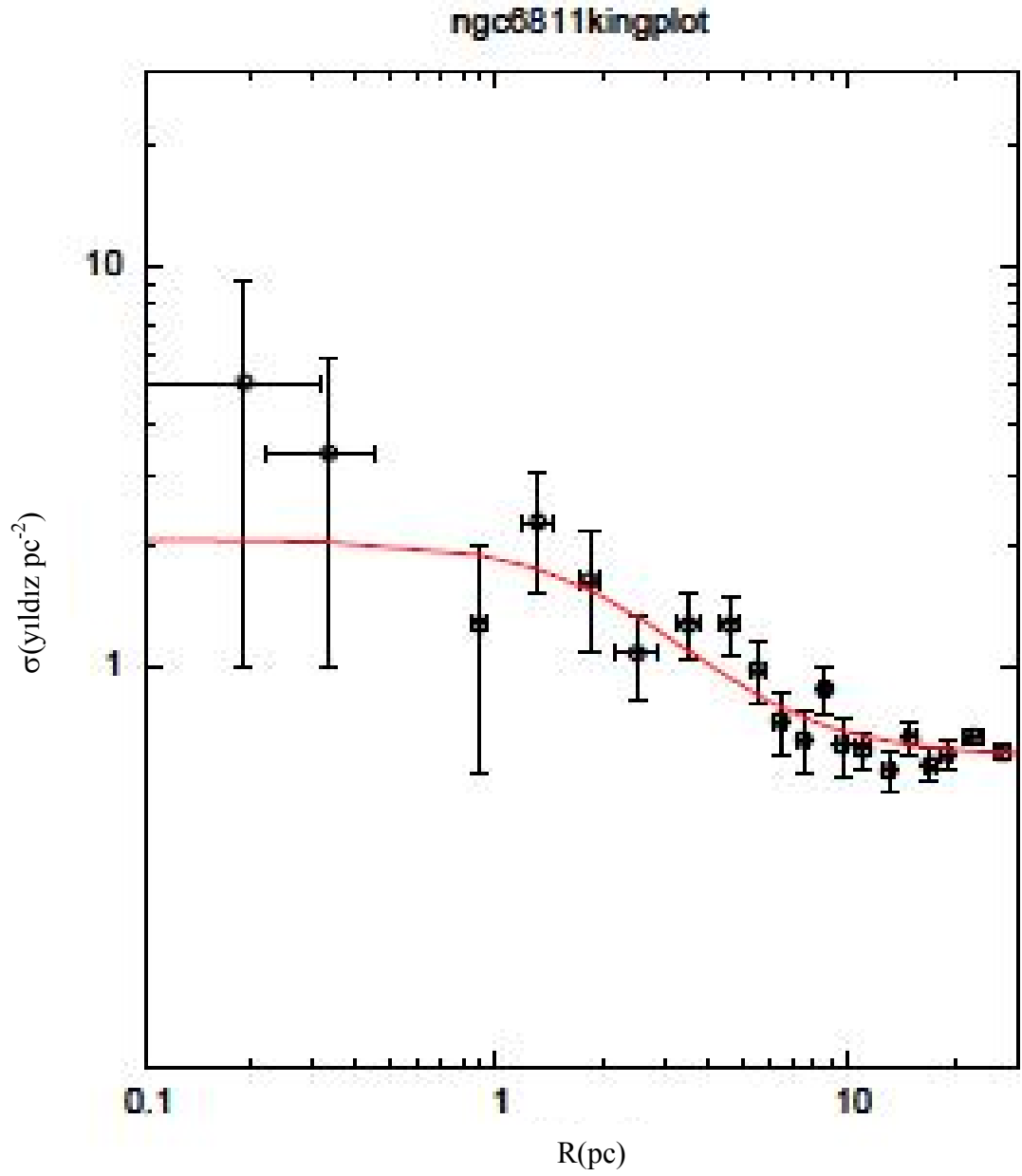
Şekil 3.16. NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız} / \text{aç}^2 \text{dk}^{-2})$ birimindedir



Şekil 3.17. 1.8Gyr eş yaş çizgisi fitli, NGC6811'in alan yıldızı temizlemesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.8Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir

Tablo 3.8. NGC6811'in elde edilen temel parametreleri ($R_{\odot}=7.22$ kpc için)

E(J-H)	E(B-V)	(m-M)_j	AV(mag)	Age(Gyr)	dsun(kpc)	Rgc(kpc)
0.06+/-0.02	0.19+/-0.06	10.70+/- 0.20	0.60+/-0.20	1.8+/-0.4	1.28+/-0.12	7.10+/-0.33



Şekil 3.18. Siyah daireler; NGC6811 ‘in renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder.

Tablo 3.9. NGC6811 ‘in yapısal parametreleri

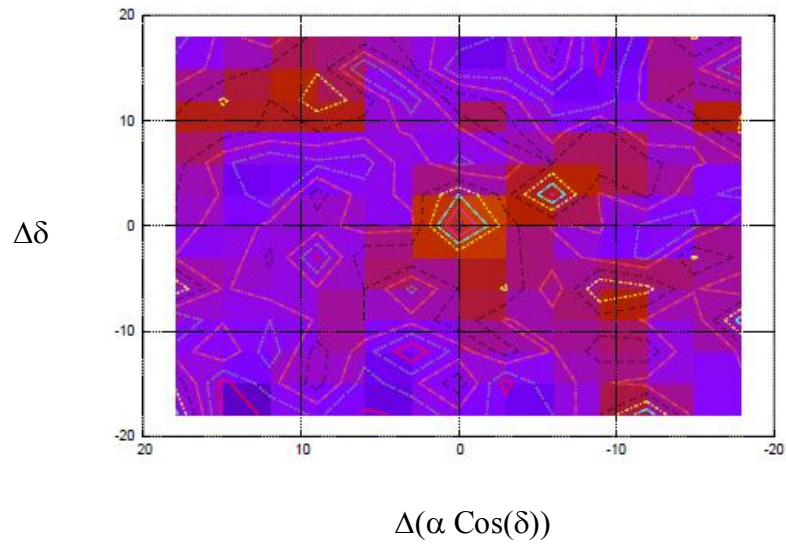
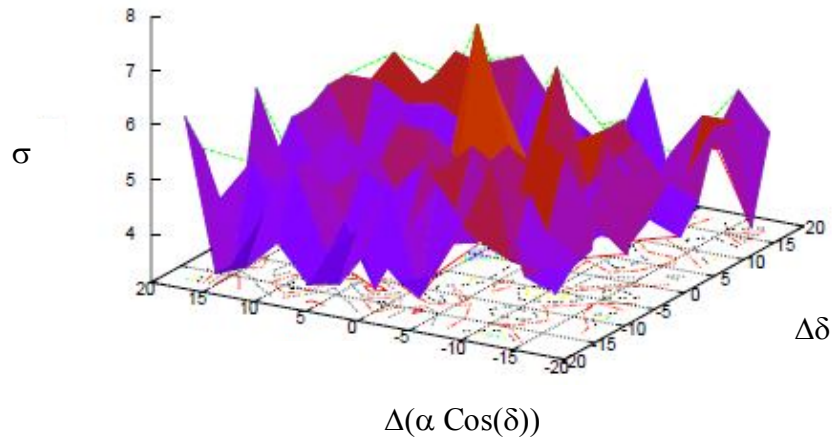
(1') pc	σ_{bg} (*pc ⁻²)	σ_{ok} (*pc ⁻²)	R_{core} (pc)	R_{lim} (pc)	σ_{bg} (*r ⁻²)	σ_{ok} (*r ⁻²)	R_{core} (')	R_{lim} (')	ΔR (')	CC
0.37	4.32±0.1	10..40±4.4	0.95±0.3	4.11±0.2	0.60±0.0	1.47±0.6	2..51±0.9	11.5±0.	42-65	0.78

3.4.4.[KGZ2008] 53 ‘ün Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri

Tablo 3.10. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması

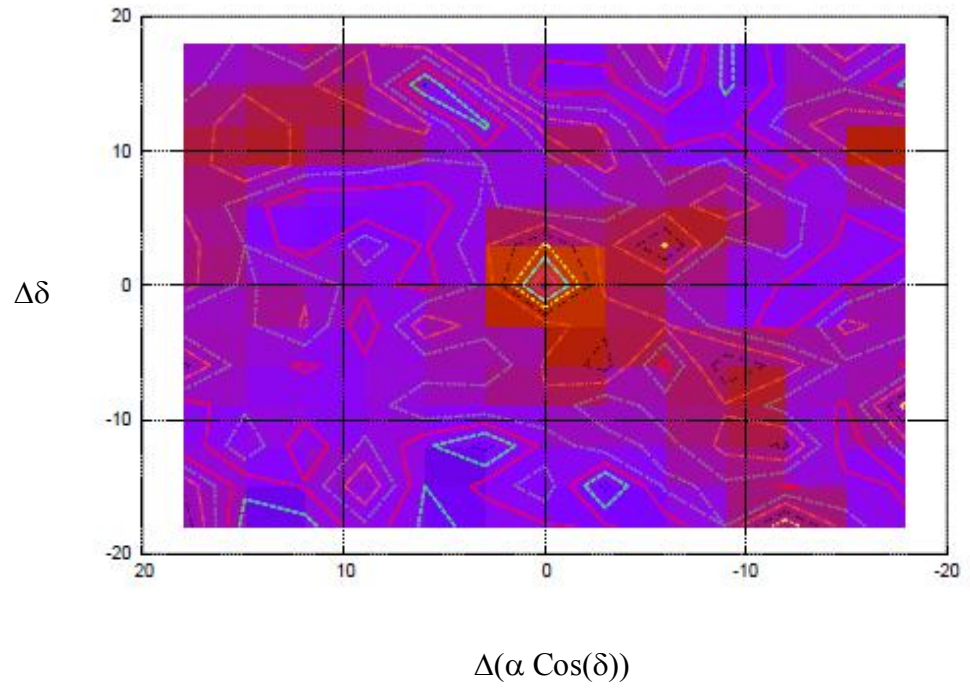
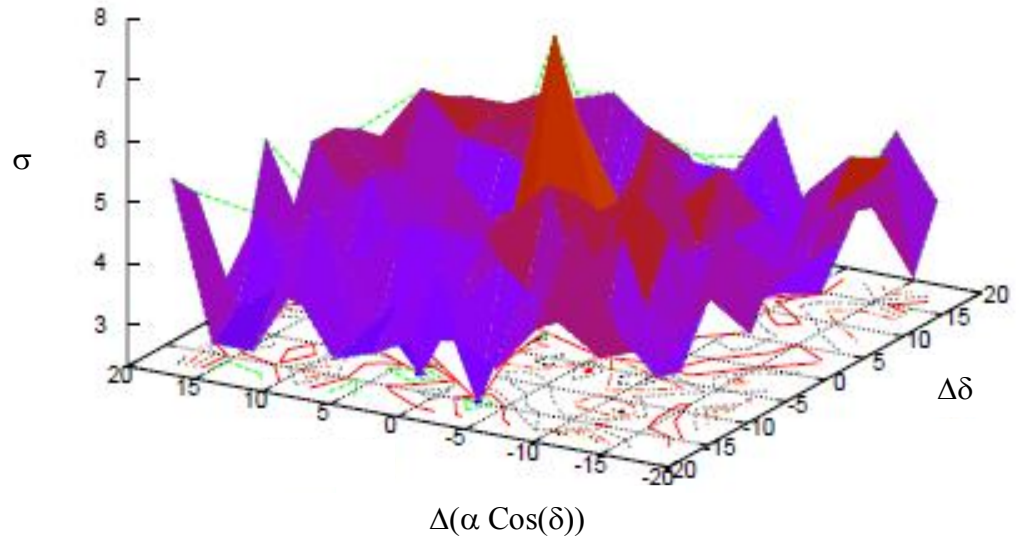
Literatür				Tez Çalışması			
$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b
06:08:56.2	26:15:49.0	184.902	3.131	06:08:56.2	26:15:49.0	184.902	3.131

KGZ 53 Temizlenmemiş Dns

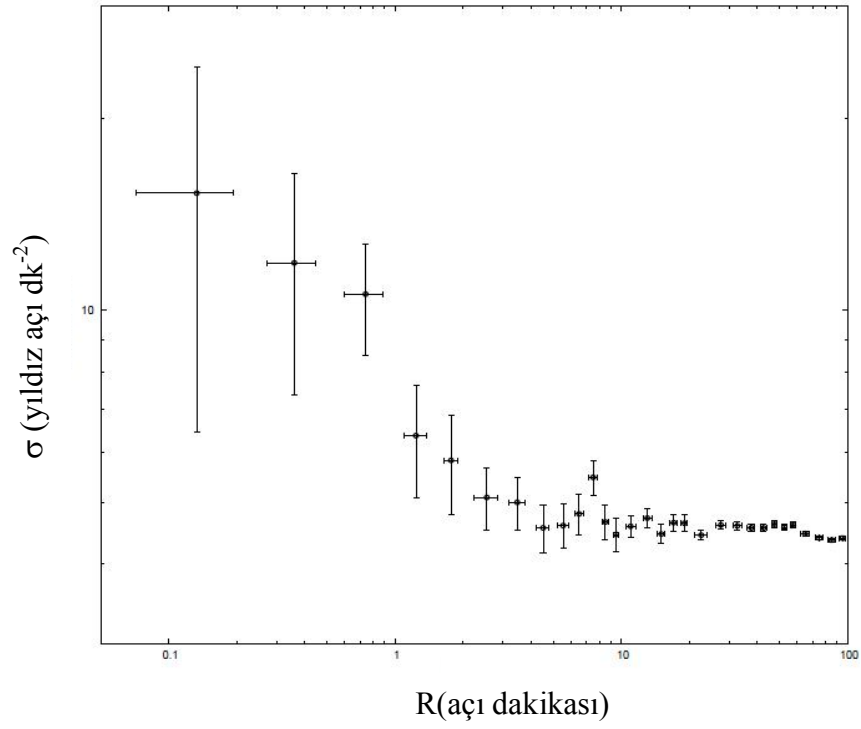


Şekil 3.19. Üst Panel :Tablo 10 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan [KGZ2008] 53 ‘ün yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ açı dk⁻²). Alt Panel: [KGZ2008] 53 ‘ün isopleth yüzeyi (ham fotometri).

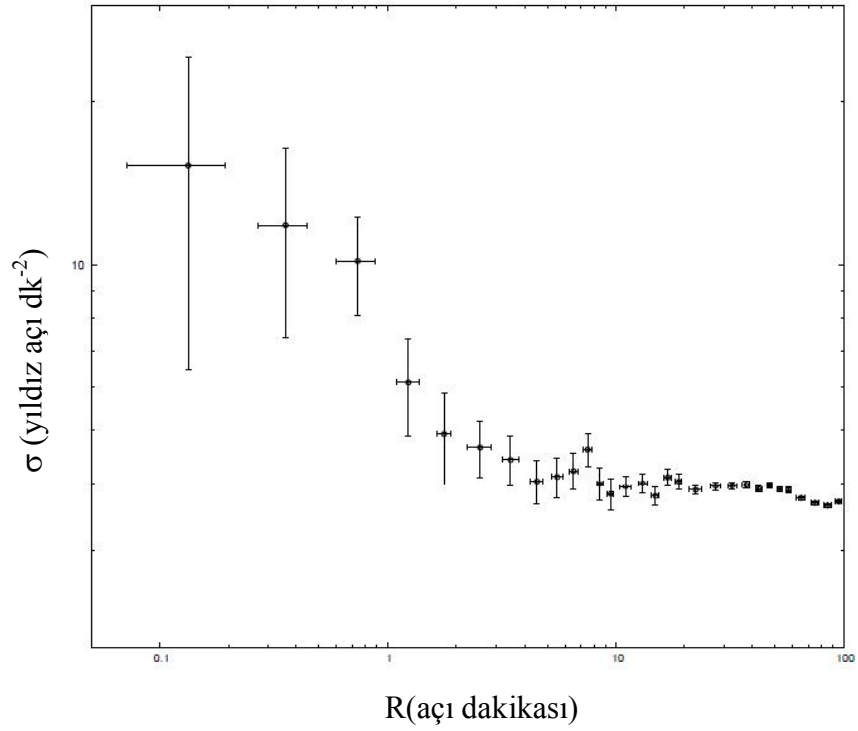
KGZ 53 Temizlenmiş Dns



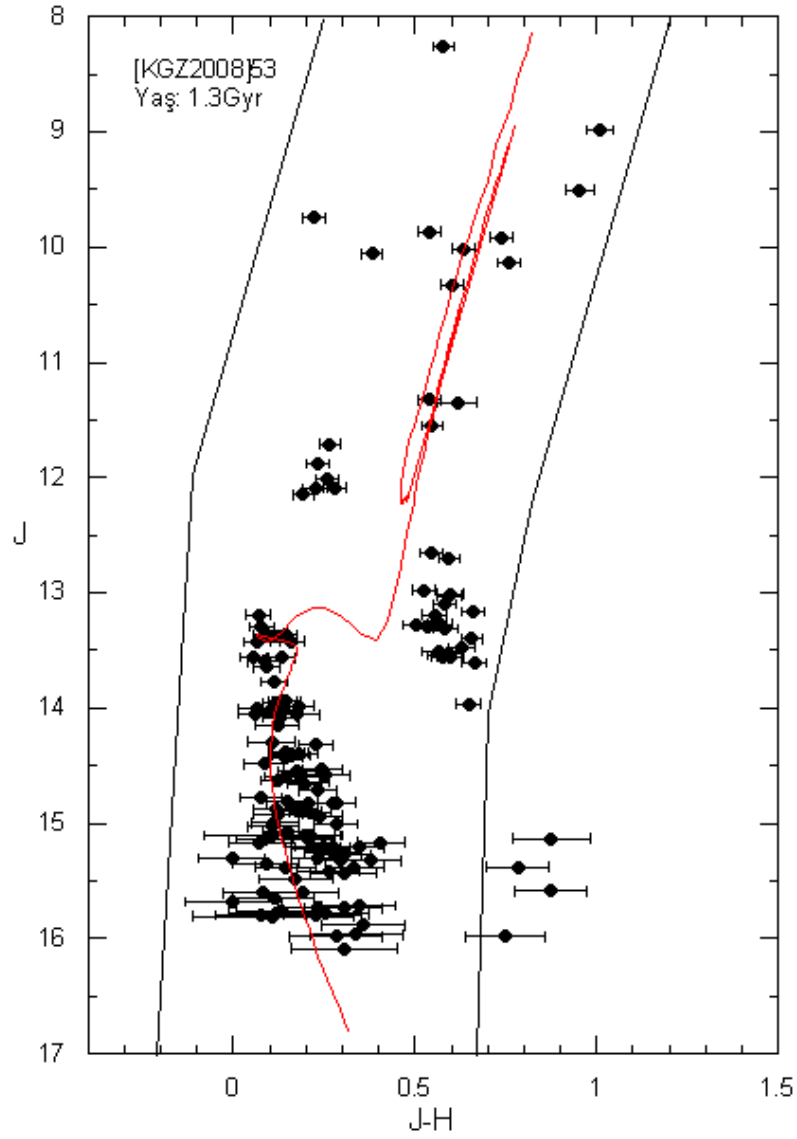
Şekil 3.20. Üst Panel :Tablo 10 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan [KGZ2008] 53 ‘ün yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$).
Alt Panel: [KGZ2008] 53 ‘ün isopleth yüzeyi (temizlenmiş fotometri).



Şekil 3.21. [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç\i dk}^{-2})$ birimindedir.



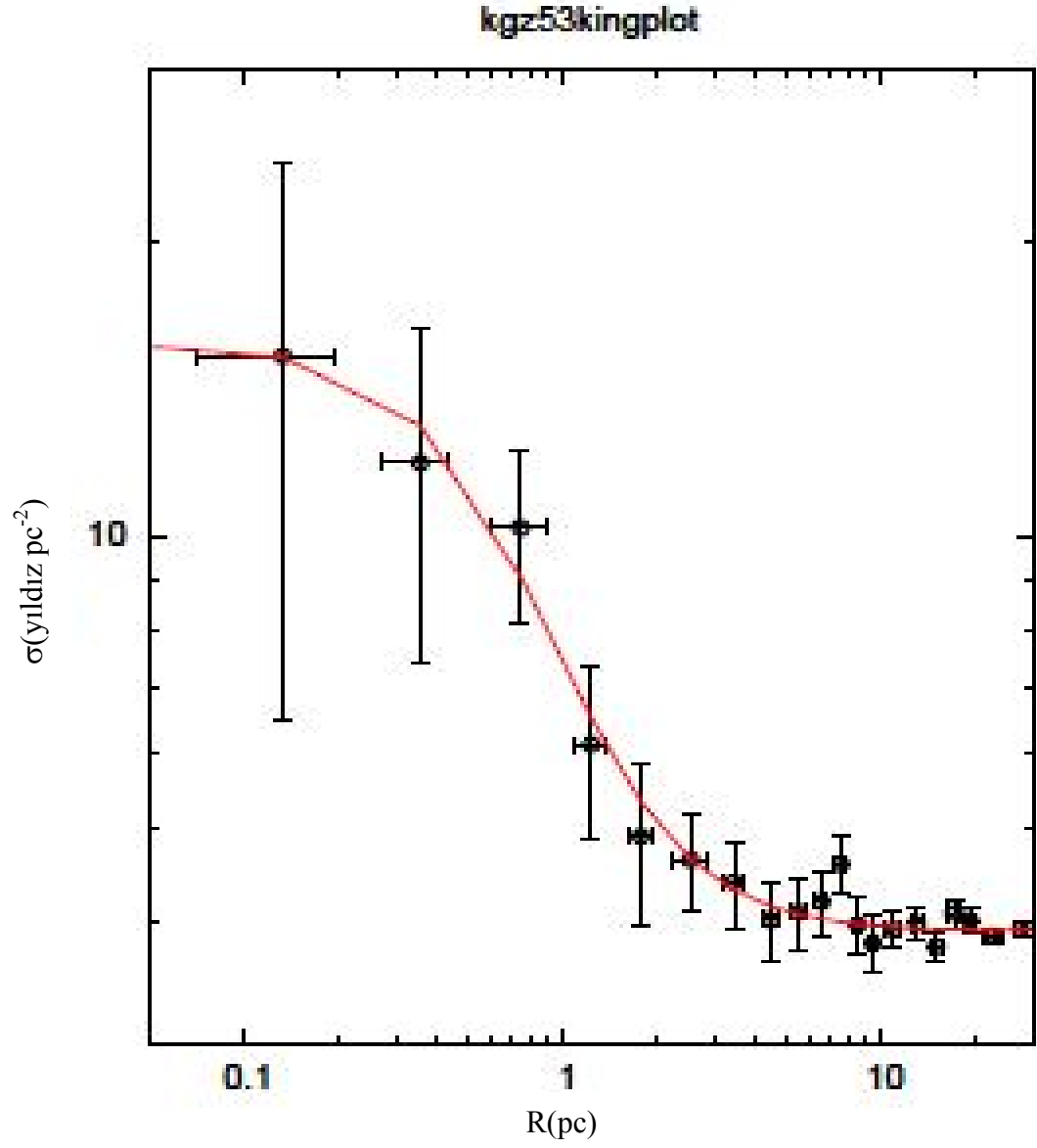
Şekil 3.22. [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız/ aç\i dk}^{-2})$ birimindedir.



Şekil 3.23. 1.3 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, [KGZ2008] 53 ‘ün alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk- parlaklık diyagramı. 1.3Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir.

Tablo 3.11. [KGZ2008] 53 ‘ün elde edilen temel Parametreleri ($R_{\odot}=7.22$ kpc için)

E(J-H)	E(B-V)	(m-M)_j	AV(mag)	Age(Gyr)	dsun(kpc)	Rgc(kpc)
0.03+/-0.01	0.10+/-0.03	12.83+/- 0.20	0.30+/- 0.01	1.3+/-0.3	3.54+/-0.33	10.75+/-0.33



Şekil 3.24. Siyah daireler; [KGZ2008] 53 ‘ün renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder.

Tablo 3.12. [KGZ2008] 53 ‘ün yapısal parametreleri

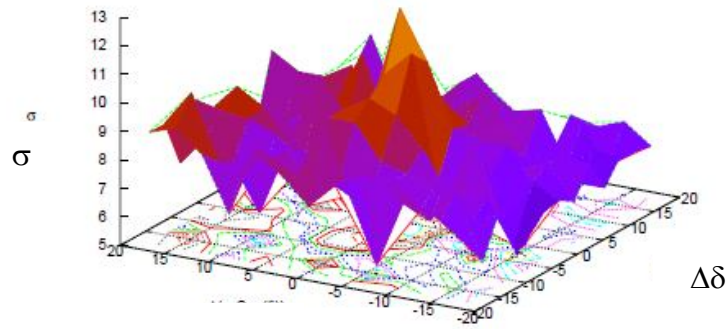
(l') pc	σ_{bg} (* pc^{-2})	σ_{ok} (* pc^{-2})	R_{core} (pc)	R_{lim} (pc)	σ_{bg} (* r^{-2})	σ_{ok} (* r^{-2})	R_{core} (l')	R_{lim} (l')	ΔR (l')	CC
1.03	3.71 ± 0.03	11.10 ± 4.1	0.67 ± 0.1	8.75 ± 0.2	3.93 ± 0.0	11.78 ± 4	0.66 ± 0.1	8.5 ± 0.2	32-60	0.84

4.5.Be89 ‘un Analiz Sonuçları ve Temel Parametreleri

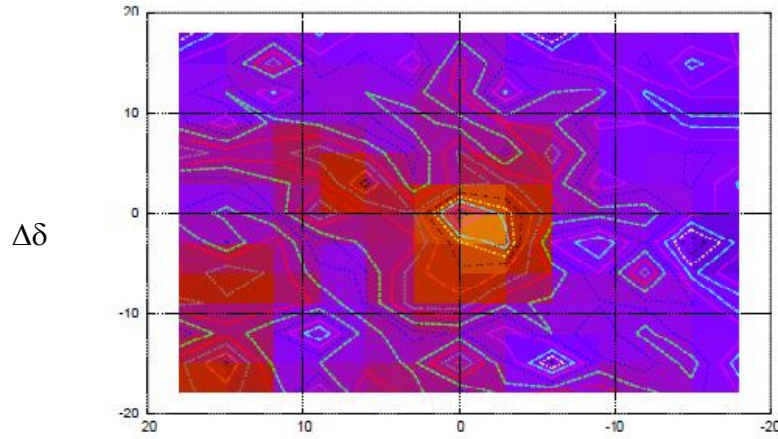
Tablo 3.13. Literatür ve tez çalışmasından elde edilen koordinatların karşılaştırılması

Literatür				Tez Çalışması			
$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	l	b
20:24:36.0	46:03:00.0	83.159	4.821	20:24:31.04	46:02:47.25	83.148	4.831

Be 89 Temizlenmemiş Dns



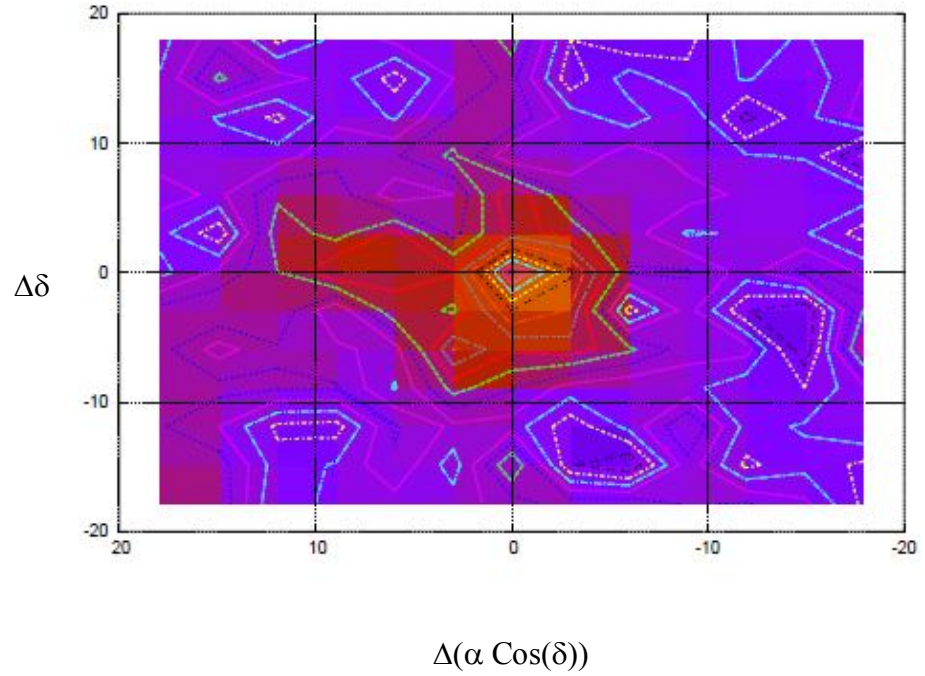
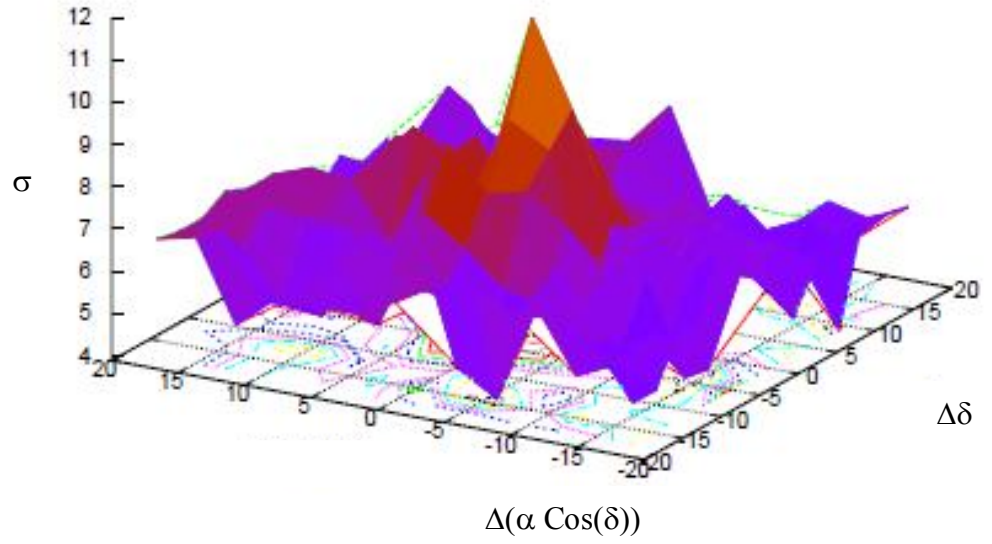
$\Delta(\alpha \cos(\delta))$



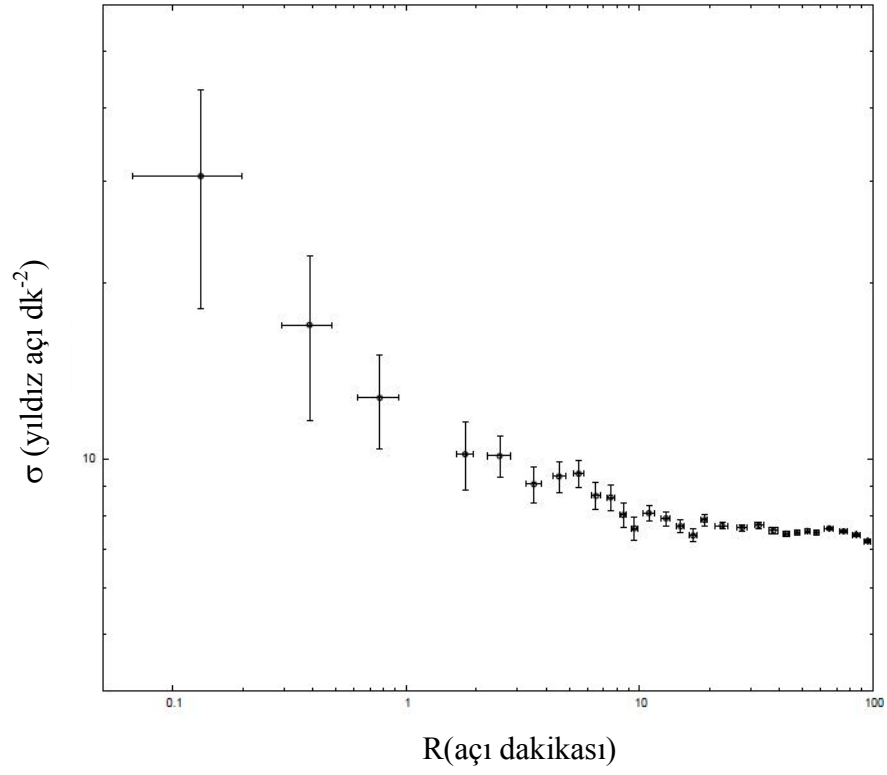
$\Delta(\alpha \cos(\delta))$

Şekil 3.25. Üst Panel :Tablo 10 deki literatür koordinatları merkez alınarak hesaplanan Be89 ‘un yıldız yüzey yoğunluğu, σ (yıldız/ aç²). Alt Panel: Be89 ‘un isopleth yüzeyi (ham fotometri).

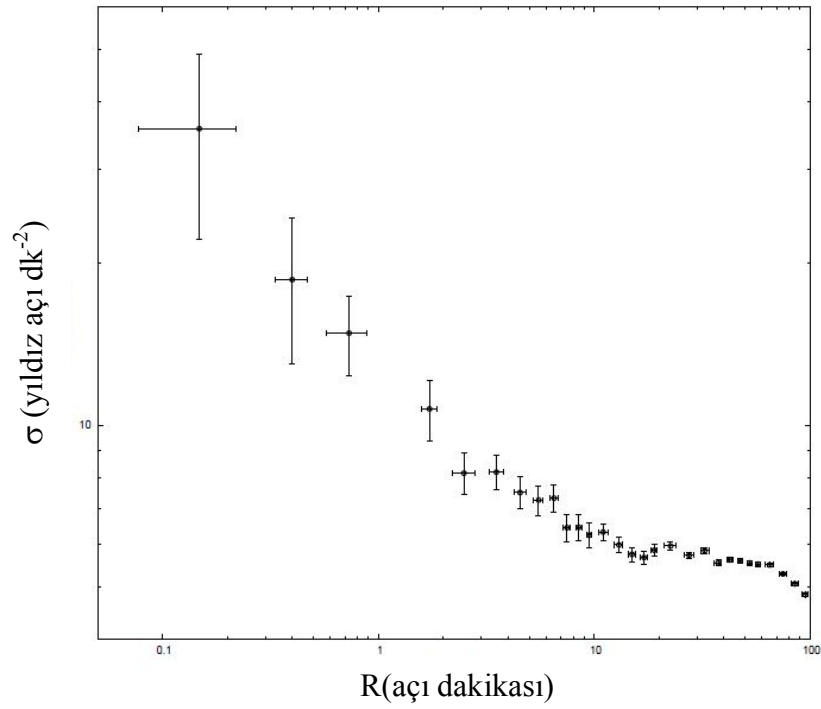
Be 89 Temizlenmiş Dns



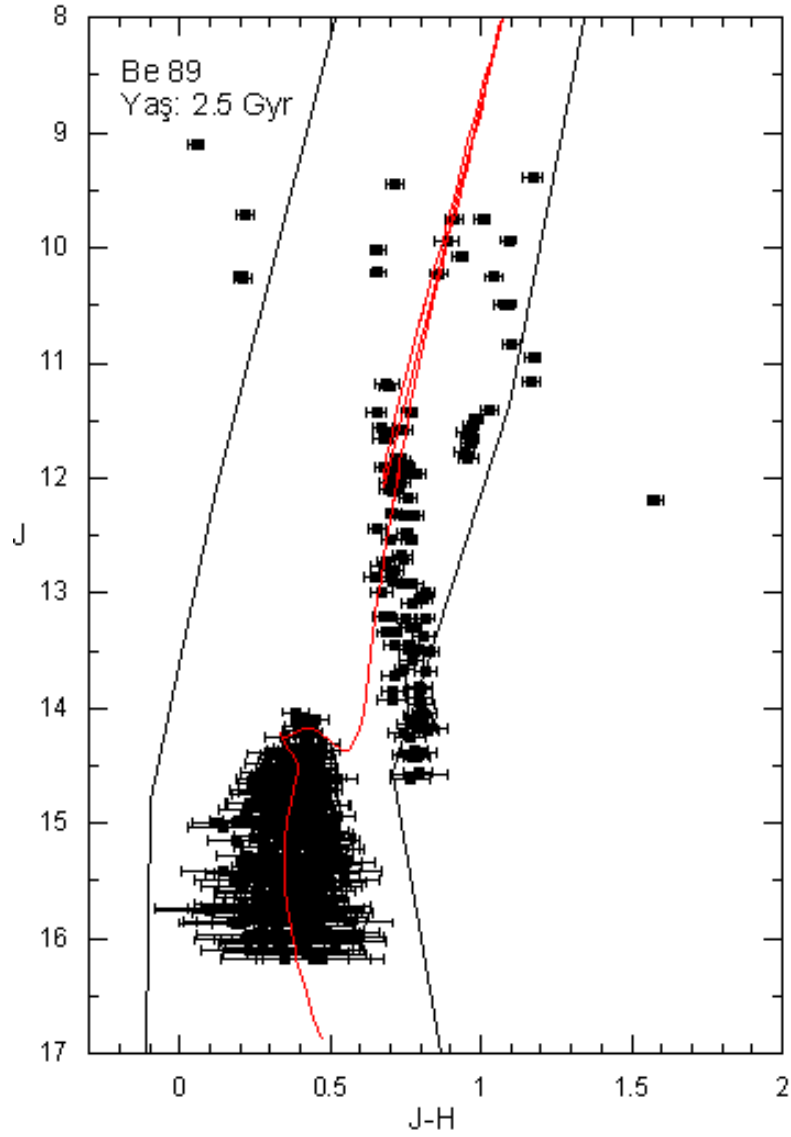
Şekil 3.26. Üst Panel :Tablo 10 deki Tez çalışması koordinatları merkez alınarak hesaplanan Be89 'un ..yıldız yüzey yoğunluğu σ (yıldız/ açı dk $^{-2}$). Alt Panel: Be89 'un isopleth yüzeyi (temizlenmiş fotometri).



Şekil 3.27. Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılmamış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız} / \text{açı dk}^{-2})$ birimindedir.



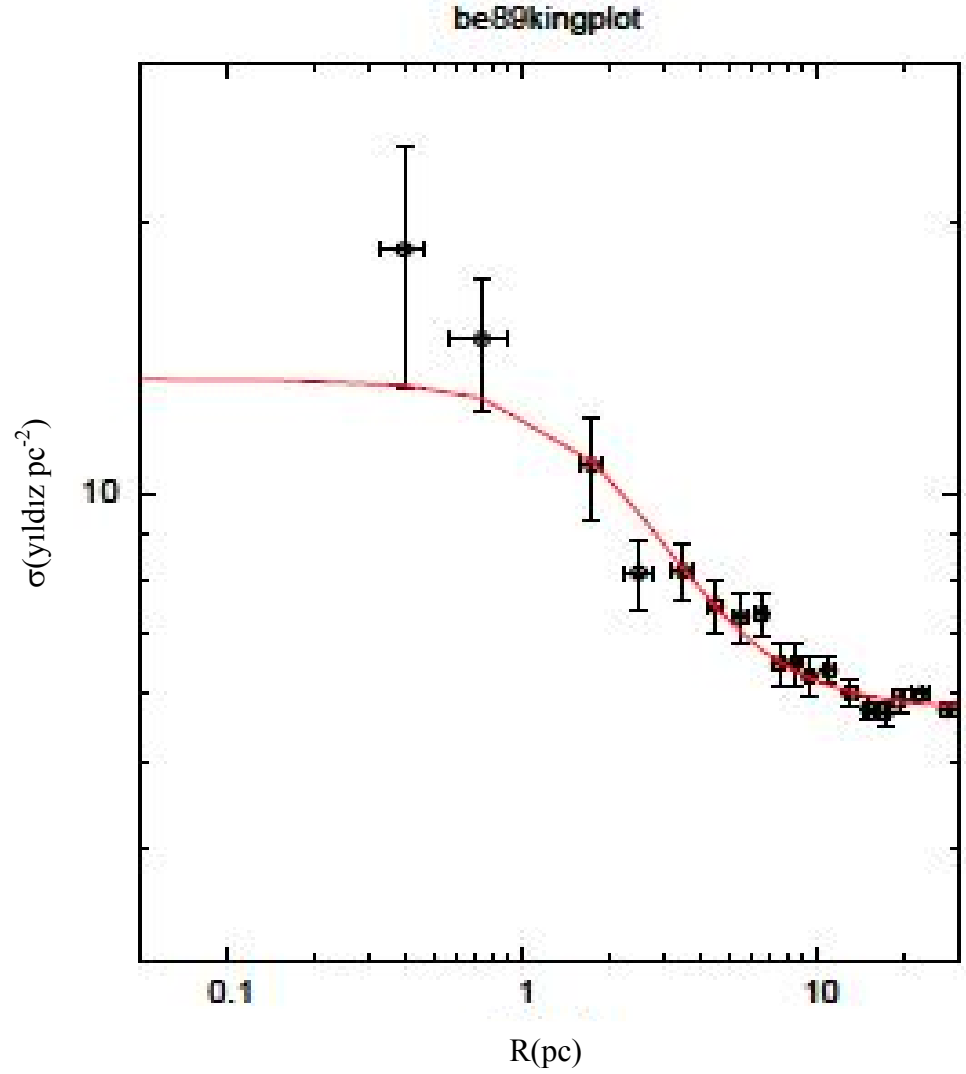
Şekil 3.28. Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılmış Radyal Yoğunluk Profili (RDP). Grafiğin x ve y eksenleri sırasıyla, $R(')$ ve $\sigma(\text{yıldız} / \text{açı dk}^{-2})$ birimindedir.



Şekil 3.29. 2.5 Gyr Padova eş yaş çizgisi fitli, Be89 ‘un alan yıldızı temizlenmesi yapılmış renk-parlaklık diyagramı. 2.5Gyr eş yaş çizgisi için kullanılan ağır element bolluğu, $Z=0.019$ ($[Fe/H]=0$) değerindedir

Tablo 3.14. Be89 ‘un elde edilen temel parametreleri ($R_{\odot}=7.22$ kpc için)

E(J-H)	E(B-V)	(m-M)_j	AV(mag)	Age(Gyr)	dsun(kpc)	Rgc(kpc)
0.13 $\pm$ 0.03	0.42 $\pm$ 0.10	12.98 $\pm$ 0.30	1.29 $\pm$ 0.30	2.5 $\pm$ 0.2	3.34 $\pm$ 0.48	7.59 $\pm$ 0.21



Şekil 3.30. Siyah daireler; Be89 ‘un renk-parlaklık filtresi yapılarak elde edilen radyal yoğunluk profilini temsil ederken, kırmızı çizgi ; Bu RDP den geçen en iyi King profilini temsil eder.

Tablo 3.15. Be89 ‘un yapısal parametreleri

(l') pc	σ_{bg} (* pc^{-2})	σ_{ok} (* pc^{-2})	R_{core} (pc)	R_{lim} (pc)	σ_{bg} (* l'^{-2})	σ_{ok} (* l'^{-2})	R_{core} (l')	R_{lim} (l')	ΔR (l')	CC
0.97	6.09±0.06	8.22±2.19	2.35±0.5	8.26±0.2	5.74±0.0	7.65±2.0	2.45±0.5	8.49±0.	37-64	0.91

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1 Tartışma

Yıldız kümeleri, aynı fiziksel şartlar altında, aynı uzaklıkta ve hemen hemen aynı zamanda oluşmuş, kütleleri birbirinden farklı yıldız gruplarıdır. Açık yıldız kümeleri bizden birkaç parsek uzaklıkta ve birkaç on ile birkaç bin arasında yıldız barındıran, çekimsel olarak bağlı sistemlerdir.

Genç açık yıldız kümeleri, Galaksimizin spiral ve üç-boyutlu yapısı hakkında önemli bilgiler veren yapılardır. Bu yıldız kümeleri, galaktik diskin yapısı, dinamik ve kimyasal evriminin analizinde kullanılırlar. Galaksiye ait bu bilgilere ulaşılabilmesi için, başlangıç olarak bu kümelerin yaş, uzaklık, yıldızlararası kızarma ve metal bolluğu, gibi temel parametrelerinin olabildiğince doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.

Küme temel parametrelerin belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntem, açık yıldız kümelerine ait fotometrik verilerin, teorik yaş çizgileriyle karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırılma sonucunda aynı zamanda yıldız oluşumları ve evrimlerine ait teorik evrim modeller de test edilmiş olur. Dolayısıyla da, yıldız evrim modellerinde kullanılan konvektif overshooting, kimyasal kompozisyon gibi evrimi etkileyen faktörler yıldız kümeleri yardımıyla daha anlaşılır hale gelirler.

Daha gerçekçi yıldız evrim modellerinin oluşturulmasını sağlayan açık kümelerin fotometrik diyagramları Be yıldızları, Blue Struggler yıldızlar, parlak kırmızı devler gibi bazı özel yıldızların araştırılmalarında kullanılabilecek yararlı kaynaklardır.

Galaktik diskte bulunan açık kümelerin temel parametreleri galaktik diskin yaş-metal bolluğu ve metal bolluğu gradiyentinin, ışıma gücü ve kütle fonksiyonlarının belirlenmesinde büyük önem taşırlar.

Galaktik disk açık yıldız kümelerinin merkezi yüzey yıldız sayı yoğunluğu, limit ve çekirdek yarıçapı gibi yapısal parametrelerinin belirlenmesiye açık kümelerin ve galaksimizin dinamik yapısı ve evrimin daha iyi anlaşılması açısından son derecede yararlı bilgiler sağlar. Az çalışmış veya çalışılmamış açık yıldız kümelerinin güvenilir temel ve yapısal parametreleri, güneş komşulundaki açık yıldız kümelerin nadir oluşunun, yoğun yıldız bölgelerindeki gözlemsel sınırlamalardan mı yoksa, moleküler bulutlarla daha yüksek oranlardaki çarpışmalar veya bulge bölgesine yakınlık nedeniyle artan çekimsel karasızlıklardan mı kaynaklandığının araştırılmasında kullanılabilirler.

4.2 Sonuç ve Öneriler

2MASS (The Two Micron All Sky Survey) nokta kaynak katalogu, neredeyse tüm gökyüzünü kaplayan göreceli olarak sönük parlaklıklara homojen bir şekilde ulaşma imkanı verir. Bu imkan sayesinde, geniş açısal boyutlu kümeler için daha net bir arka alan tanımlaması yapılabilir. İstatistiksel alan yıldızı temizleme yönteminin ve renk - parlaklık filtrelerinin kullanılması, küme parametrelerinin daha doğru bir şekilde elde edilmesini sağlar.

Tez kapsamında incelenen Tr32, NGC6802, NGC6811, KGZ[2008]53 açık yıldız kümelerinin J, H ve K_s filtrelerindeki fotometrik verilerine ulaşmak için Vizier veritabanı kullanılmıştır. Kümelerinin fotometrik verileri ve sağ açıklık, dik açıklık, galaktik enlem ve boylam gibi parametreleri yaklaşık olarak R=60-100 yay dakikası yarıçaplı dairesel bölgeler göz önüne alınarak indirilmiştir. Fotometrik verilerin J, H, K_s filtrelerindeki hata aralıklarıysa, kümelerin merkezi yıldız yoğunlukları ve kümelerin bulundukları alan bölgesindeki yıldız yoğunlukları göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Galaktik diskte bulunan alçak galaktik enlemlerdeki kümelerin renk-parlaklık diyagramlarında önemli derecede alan yıldızı kirlenmesi vardır. Alan yıldızı kirlenmesi kümelerin merkezlerine doğru gidildikçe genellikle arttığı için, küme merkezlerinin belirlenmesini oldukça zorlaştırır.

Alan yıldızlarının temizlenmesi, kümelerin temel ve yapısal parametrelerinin daha doğru bir şekilde belirlenmesini sağlar. Özellikle yoğun alan bölgeleri ve fakir popülasyonlu kümeler göz önüne alındığında, alan yıldızlarını elimine etmek zorlaşır. Tez kapsamındaki kümelerin gerçek renk-parlaklık şekillerini ortaya çıkarmak için, küme bölgesi ve mukayese alanındaki yıldızların görelî sayı yoğunlarını hesaplayan istatistiksel bir algoritma kullanılmıştır. Algoritma, 2MASS filtrelerindeki belirsizlikleri hassas bir şekilde göz önüne alarak, J parlaklığı, (J-H) ve (J-K) renkleri olmak üzere üç boyutta çalışır.

İncelenen kümelerin analizlerinde istatistiksel alan yıldızı temizleme yönteminin ve renk -parlaklık filtrelerinin kullanılması, küme parametrelerinin daha doğru bir şekilde elde edilmesini sağlamıştır. Temel parametreleri belirlenen kümelerin çekirdek yarıçapı, merkezi yüzey yıldız sayı yoğunluğu ve arka alan yıldız yoğunluğu gibi yapısal parametreleri, olası küme üyesi yıldızların uzaysal dağılımlarını temsil eden radyal yoğunluk profillerine, King profil fitlerinin [28] uygulanmasıyla elde edilmiştir.

Tez çalışmasında elde edilen temel ve yapısal parametrelerden yararlanılarak ulaşılması planlanan hedefler şöyle sıralanabilir.

- 1) Küme temel ve yapısal parametrelerinin farklı fotometrik teknikler kullanılarak yüksek bir doğruluk derecesinde belirlenmeleri ve literatüre olabildiğince çok referans verisi kazandırılması.
- 2) Farklı fotometrik tekniklerle elde edilen parametrelerinin karşılaştırılması.
- 3) Kümelerin kütle ve ışınım gücü fonksiyonlarının belirlenmesi.
- 4) Sonuçların bilimsel olarak yorumlanıp, Galaksimizin nükleer ve dinamik yapısı hakkında daha kapsamlı bilgiler elde etmek.

KAYNAKÇA

1. Carney B. W. , Haris W. E. , 2001. Star Clusters. Springer . Verlag Berlin Heidelberg New York, 417 pp
2. Hut Piet McMillan, Steve, Goodman , 1992. binaries in globular clusters. **Astronomical Society of the Pacific, Publications , 104:** 981-1034
3. Leonard, P. J. T, 1996. blue stragglers in star clusters. **Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 90:** 337- 345
4. Procter Sills, Alison, Bailyn, Charles D , 1995. are blue stragglers mixed during collisions? **Astrophysical Journal Letters , 455:** L163-L165
5. Stromgren, Bengt, 1987. an investigation of the relations between age, chemical composition and parameters of velocity distribution based on uvby-beta photometry of F stars within 100 parsec. **The galaxy:Proceedings of the NATO Advanced Study Institute, Cambridge, England:** 229-246
6. Yoss, Kenneth M. ; Neese, Carol L. ; Hartkopf, William I, 1987. a kinematic and abundance survey at the galactic poles III. **Astronomical Journal , 94:** 1600-1615
7. Wyse, Rosemary F. G. ; Gilmore, Gerard, 1995. chemistry and kinematics in the solar neighborhood: implications for stellar populations and for galaxy evolution. **Astronomical Journal , 110:** 2771-2787
8. Magrini, L. ; Randich, S. ; Zoccali, M. ; Jilkova, L. ; Carraro, G. ; Galli, D. ; Maiorca, E. ; Busso, M, 2010. open clusters towards the galactic centre: chemistry and dynamics. **Astronomy and Astrophysics, 523:** A11
9. T. Padmanabhan, 2001. Theoretical Astrophysics Volume 2; Star and Stellar Sysmtems. Cambridge University Press, 571pp
10. Zinn, R, 1985. The globular cluster system of the galaxy. IV - The halo and disk subsystems. **Astrophysical Journal, 293(1):** 424-444
11. Majewski, S. R. ; Cudworth, K. M. , 1993. absolute proper motions of distant galactic satelllites. **Astronomical Society of the Pacific, Publications . 105(691):** 987-992.
12. Burkert, Andreas; Smith, Graeme H, 1997. substructure in the globular cluster system of the milky way: the highest metallicity clusters. **Astrophysical Journal Letters , 474:** L15

13. Schuster, W. J. ; Allen, C. , 1997. uvby- β photometry of high-velocity and metal-poor stars. ix. effects of orbital chaos in the galactic halo.
Astronomy and Astrophysics, 319: 796-810
14. Yoshii, Y, 1982. density distribution of faint ssars in the direction of the north galactic pole.
Publications of the Astronomical Society of Japan, 34: 365-379
15. Hartwick, F. D. A, 1987. the structure of the galactic halo.
The Galaxy: 281 – 290
16. Norris, John, 1987. population studies - the nature of the thick disk.
Astrophysical Journal, Part 2 - Letters to the Editor (ISSN 0004-637X), 314: L39-L43
17. Kroupa, P. ; Boily, C. M. , 2002. on the mass function of star clusters.
Monthly Notice of the Royal Astronomical Society, 336(4): 1188-1194
18. Piskunov, A. E. ; Kharchenko, N. V. ; Schilbach, E. ; Röser, S. ; Scholz, R. - D. ; Zinnecker, H. , 2008. the initial luminosity and mass functions of the galactic open clusters. **astronomy and Astrophysics, 487(2): 557-566**
19. Binney James, Tremaine Scott, 1987. Galactic Dynamics. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 733 pp
20. Taylor J. R, Zafaritos C. D, 1991, Modern Physics for Scientists and Engineers. Prentice-Hall Inc, 448 pp
21. Önem Çoşkun. Ş, 2006. Mühendislik ve Fizikte Matematiksel Metotlar. Birsen Yayınevi Ltd. Şti, İstanbul, 404 s
22. Karaali Salih, 1999. Yıldızların İç Yapısı. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, İstanbul, 150 s
23. C. Bonatto and E. Bica, 2006. methods for improving open cluster fundamental parameters applied to M52 and NGC 3940. **Astronomy and Astrophysics, 455(3): 931-942**
24. Phelps, R. L. ; Janes, K. A. 1994. the oldest open clusters. **American Astronomical Society, 185th AAS Meeting; Bulletin of the American Astronomical Society, 26: 1486**
25. C. Bonatto and E. Bica, 2006. structure and stellar content analysis of the open cluster M 11 with 2MASS photometry. **Astronomy and Astrophysics, 455(1): 201-209**

26. C. Bonatto and E. Bica, 2007. open clusters in dense fields: the importance of field-stsr decontamination for NGC 5715, Lynga 4, Lynga 9, Trumpler 23, Trumpler 26 and Czernik 37. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, **377(3)**:1301-1323
27. C. Bonatto and E. Bica, 2009. astrophysical parameters of 14 open clusters projected close to the galactic plane. **Astronomy and Astrophysics**, **508(1)**: 211-220
28. King. I. R, 1966. cluster models and the escape of stars, 25. 1966, Astronomical Union. Symposium, 51-56
29. King , I, R, 1966. the structure of star clusters. III. some simple dynamical models. **Astronomical Journal**, **71**: 64-75

ÖZGEÇMİŞ

Adı : Özgün

Soyadı: ARSLAN

Doğum Tarihi: 08/01/1987

İlk öğrenimini Feridun Çıngıllıoğlu İlköğretim Okulu ve TED Kayseri Kolejinde, ortaöğrenimini ise Kocasinan Anadolu Lisesinde tamamladı. 2005-2006 eğitim-öğretim yılında Erciyes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nde yüksek öğretime başladı. Buradan 2009 yılında mezun oldu. Aynı yıl Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

Adres: Fatih Mah, İstasyon Cd. NO60/13 Kocasinan/Kayseri

Telefon: 05447349984

e-posta: ozgunadige67@gmail.com