



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**F-G TAYF TÜRÜ ANAKOL YILDIZLARI İÇİN YENİ
FOTOMETRİK METAL BOLLUĞU VE MUTLAK PARLAKLIK
KALİBRASYONLARI**

Mürvet ÇELEBİ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Selçuk BİLİR**

Aralık, 2018

İSTANBUL

Bu çalışma, 24.12.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Astronomi ve Uzay Bilimleri Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



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



Prof. Dr. Serap AK
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Esin SİPAHI
Ege Üniversitesi
Fen Fakültesi



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

ÖNSÖZ

Yüksek lisans hayatımın başladığı günden bu yana, özellikle tez yazma sürecinde beni motive eden, her cümlesi benim için bilgi niteliği taşıyan, bilimsel çalışma şekline ve düzenine hayran kaldığım saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Selçuk BİLİR'e tüm samimi duygularıyla teşekkür ederim.

Tezimi tüm yoğunluğuna rağmen dikkatle ve sabırla okuyup son halini almasında yardımcı olan değerli hocam Prof. Dr. Serap AK'a içtenlikle teşekkür ederim.

Tez sürecimde benden yardımını esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Tolga GÜVER'e teşekkür ederim.

Tezimin özellikle ilk aşamalarında bana yardım eden, lisans yıllarımdan bugüne her zaman yanımda olan çok sevgili arkadaşım Büşra Ayşe AKTİ'ye, tez yazma sürecinde beni sabırla motive eden ve her zaman yardımına koşan arkadaşlarım Burcu AKBULUT'a, E. Kaan ÜLGEN'e, Olcay PLEVNE'ye, Duygu DURMUŞ'a ve Dr. Sabiha TUNÇEL GÜÇTEKİN'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin yazma sürecinde sabırla ve sevgiyle beni bekleyen, her zaman beni düşündüğünü hissettiğim sevgili yol arkadaşım Efkan DEMİR'e kalpten teşekkür ederim.

Hayatım boyunca benden desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bana her zaman güvenen, sabrını örnek aldığım, Dünya üzerinde en büyük şansım olan canım annem Gülser DEMİRAL'a çok teşekkür ederim.

Beni bu süreçte destekleyen ve sabır gösteren herkese teşekkürlerimi sunuyorum.

Aralık 2018

Mürvet ÇELEBİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ.....	xii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. SAMANYOLU'NUN BİLEŞENLERİ	6
2.1.1. Şişkin Bölge.....	6
2.1.2. İnce Disk.....	8
2.1.3. Kalın Disk.....	10
2.1.4. Halo	10
2.1.5. Yıldızlararası Madde	11
2.2. YILDIZLARIN UZAKLIK TAYİN YÖNTEMLERİ	13
2.2.1. Trigonometrik Paralaks	13
2.2.2. Tayfsal Paralaks.....	15
2.2.3. Fotometrik Paralaks.....	15
2.2.4. Seküler Paralaks	16
2.2.5. Zonklama Paralaksları	16
2.3. F – G TAYF TÜRÜNDEKİ YILDIZLARIN GALAKSİNİN EVRİMİNDEKİ ROLÜ	17
2.4. GÜNEŞ CİVARINI İNCELEYEN ASTROMETRİK UYDULAR	19
2.4.1. <i>Hipparcos</i> Uydusu.....	19
2.4.2. <i>GAIA</i> Uydusu.....	21
2.5. SAMANYOLU'NUN OLUŞUM MODELLERİ	25
2.5.1. ELS Modeli	25
2.5.2. SZ Modeli.....	27
3. MALZEME VE YÖNTEM	28

3.1. VERİLER.....	28
3.1.1. Metal Bolluğu ve Mutlak Parlaklık Kalibrasyonlarına ait Veriler.....	28
3.1.2. SA 141 Yıldız Alanının <i>UBV</i> Fotometrik Verileri.....	34
3.2. YILDIZLARARASI KIZARMANIN HESAPLANMASI.....	35
3.3. KALİBRASYONLARIN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEM.....	36
3.4. YILDIZ UZAKLIKLARININ HESAPLANMASI.....	39
3.5. FOTOMETRİK SİSTEMLERDE YILDIZ ÖRNEĞİNİN OLUŞTURULMASI.....	41
3.6. METAL BOLLUĞU GRADYENTİ.....	44
4. BULGULAR.....	45
4.1. KALİBRASYON YILDIZLARININ SEÇİMİ.....	45
4.2. METAL BOLLUĞU KALİBRASYONU.....	56
4.3. MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONU.....	59
4.4. YENİ KALİBRASYONLARIN SA 141 YILDIZ ALANINA UYGULANMASI.....	62
4.4.1 Renk – Parlaklık ve İki – Renk Diyagramları.....	62
4.4.2 Anakol Yıldızlarının Metal Bollukları ve Mutlak Parlaklıklarının Hesaplanması.....	68
4.4.3 SA 141 Yıldız Alanında Metal Bolluğu Gradyent Hesabı.....	72
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	76
5.1. YENİ METAL BOLLUĞU KALİBRASYONUNUN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	78
5.2. YENİ MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONUNUN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	80
5.3. SA 141’DEKİ YILDIZ UZAKLIKLARININ <i>GAIA</i> DR2 VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	83
5.4. SA 141 YILDIZ ALANINDA HESAPLANAN METAL BOLLUĞU GRADYENTLERİNİN YORUMLANMASI.....	96
KAYNAKLAR.....	100
EKLER.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	124

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: William Herschel'in yıldız sayımları yöntemiyle oluşturduğu Samanyolu'nun enine kesit haritası.	4
Şekil 2.2: Jacobus Kapteyn'in (1922) oluşturduğu Samanyolu haritası.	5
Şekil 2.3: Kızılötesi veriler kullanılarak Samanyolu'nun üstten görünüşüne ait bir çizim (NASA/JPL'den R. Hurt'ın katkısıyla).	5
Şekil 2.4: Samanyolu'nun bileşenleri ve Güneş'in bu büyük yapıdaki konumu.	6
Şekil 2.5: Galaktik şişkin bölgenin HUT veri arşivdeki yakın kızılötesi ve optik görüntülerden oluşturulan güncel görüntüsü (Renzini ve diğ. 2018).	8
Şekil 2.6: ESO'nun GigaGalaxy Zoom projesi sonucunda Samanyolu için oluşturduğu görüntü.	9
Şekil 2.7: Yıldızlararası ortamdaki bulutsulara bir örnek (Atbaşı Bulutsusu).	12
Şekil 2.8: Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi üzerinde en çok altı ay arayla yapılan iki gözlem neticesinde belirlenen trigonometrik paralaks ölçümünün şematik gösterimi.	13
Şekil 2.9: F ve G tayf türündeki üç anakol yıldızının tayfları ve baskın çizgileri.	18
Şekil 2.10: Tayf türlerine göre yıldızların iç yapılarındaki iletim mekanizmasını gösteren bir çizim.	19
Şekil 2.11: Uzaya fırlatılmadan önce <i>Hipparcos</i> uydusunun Fransız Guyana'sı Kourou'da çekilen son fotoğrafı.	20
Şekil 2.12: <i>Gaia</i> uydusunun uzaydaki görünüşü.	22
Şekil 2.13: <i>Gaia</i> uydusundan elde edilen ilk gökyüzü haritası (Moitinho ve diğ., 2017).	23
Şekil 2.14: <i>Gaia</i> uydusunun gökyüzünü tarama prensibine ait çizim.	24
Şekil 2.15: Güneş civarından seçilen 221 anakol yıldızının mor-ötesi artığının, yörünge basıklıklarıyla (a) ve W uzay hızı bileşeniyle (b) olan ilişkileri.	26
Şekil 2.16: SZ modeline (1978) göre birden fazla gaz bulutunun birleşmesini gösteren şematik çizim.	27

Şekil 3.1: 14 araştırma grubundan alınan 23,727 yıldızın HR diyagramındaki (a) sayı yoğunluğuna ve (b) metal bolluğuna göre renklendirilmiş konumları.....	30
Şekil 3.2: 23,727 yıldız örneği içinde <i>Gaia</i> DR2 kataloğunda trigonometrik paralaks verilerine ulaşılan 22,111 yıldızın rölatif paralaks hataları (alt panel) ve bu hataların birikimli dağılımları (üst panel).....	33
Şekil 3.3: <i>UBV</i> fotometrisindeki parlaklık ve renk indekslerine ulaşılan 8,366 yıldızın $U-B \times B-V$ iki-renk diyagramı.....	33
Şekil 3.4: SA 141 yıldız alanının Galaksi'deki konumu (Trefzger ve diğ. 1984).	34
Şekil 3.5: Güneş merkezli Galaktik koordinat sisteminin Galaksi merkezli koordinat sistemine taşınmasını gösteren çizim. Şekilde verilen parametreler tez çalışmasının ilgili bölümünde tanımlanmıştır.	41
Şekil 3.6: ESO-anahtar programı çerçevesinde gözlemlerin yapıldığı bir yıldız alanında yıldız/galaksi ayırmında kullanılan nesnelerin yıldızlımsılık indeksiyle R görünen parlaklıkları arasındaki dağılım (Arnouts ve diğ., 1997).	43
Şekil 3.7: SDSS fotometrik sisteminde oluşturulan (a) $(u'-g' \times g'-r')$, (b) $(g'-r' \times r'-i')$ (c) $(r'-i' \times i'-z')$ iki-renk diyagramlarındaki farklı türden nesnelerinin konumları (Fan, 1999). Burada, CELG: sıkışık emisyon çizgili galaksi, QSO: kuazar, STAR: yıldız ve WD: beyaz cüceyi gösterir.....	44
Şekil 4.1: Tayfsal olarak literatürden derlenen 23,727 yıldızın (a) sayı yoğunluğuna ve (b) metal bolluğuna göre renklendirilmiş HR diyagramlarındaki konumları. Kesikli çizgiler F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının seçimi için Eker ve diğ. (2018)'den alınan sınır değerlerini göstermektedir.	46
Şekil 4.2: 23,727 yıldız örneği içinde <i>Gaia</i> DR2 kataloğunda trigonometrik paralaks verilerine ulaşılan 9,283 yıldızın rölatif paralaks hataları (alt panel) ve bu hataların birikimli dağılımları (üst panel).....	47
Şekil 4.3: F ve G tayf türündeki 2,901 anakol yıldızının ekvatorial (sol panel) ve Galaktik koordinat (sağ panel) sistemlerindeki dağılımları.	48
Şekil 4.4: F ve G tayf türündeki 2,901 anakol yıldızının orijinal ve indirgenmiş $E(B-V)$ renk artıkları. (a) Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in kızarma haritalarından elde edilmiş renk artıkları ($E_{SF}(B-V)$), (b) Bahcall ve Soneria (1980) bağıntısıyla Güneş ve yıldız arasındaki uzaklık için indirgenmiş renk artıkları ($E_d(B-V)$).	49
Şekil 4.5: 2,901 anakol yıldızının kızarmadan arındırılmış $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı. Diyagramın üst ekseninde yıldızların tayf türleri işaretlenmiştir. Kesikli çizgiler fotometrik olarak F ve G tayf türünde anakol sınırlarını göstermektedir.....	50
Şekil 4.6: 893 kalibrasyon yıldızının tayfsal metal bolluklarıyla (a) trigonometrik paralakslarından hesaplanan V bandındaki mutlak parlaklıklarının (b) dağılımları.....	52
Şekil 4.7: 893 kalibrasyon yıldızının <i>Gaia</i> DR2 kataloğundan alınan trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıklarının dağılımı.	53

Şekil 4.8: 893 anakol yıldızının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk ve $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramlarında metal bolluklarına göre renklendirilmiş konumları.	55
Şekil 4.9: 893 kalibrasyon yıldızının fotometrik metal bolluklarıyla tayfsal metal bollukları arasındaki dağılım (üst panel). Siyah düz çizgi bire-bir çizgisini, kesikli kırmızı çizgiler $\pm 1\sigma$ standart sapmaları gösterir. Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden belirlenmiş metal bolluğu farkları (alt panel). Siyah düz çizgi sıfır seviyesini, kırmızı kesikli çizgiler de farkların $\pm 1\sigma$ standart sapmalarını göstermektedir.	57
Şekil 4.10: 893 kalibrasyon yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ fotometrik verilerinin bağıntı (4.2)'nin kullanılmasıyla elde edilen metal bolluklarının gruplanması sonucunda oluşturulan $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı.	58
Şekil 4.11: 893 kalibrasyon yıldızının bağıntı (4.3) ile hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla <i>Gaia</i> DR2 (<i>Gaia</i> çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundan alınan trigonometrik veriler kullanılarak elde edilen mutlak parlaklıkları arasındaki dağılım (üst panel). Siyah düz çizgi bire-bir çizgisini, kesikli kırmızı çizgiler $\pm 1\sigma$ standart sapmaları gösterir. Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden belirlenmiş mutlak parlaklık farkları (alt panel). Siyah düz çizgi sıfır seviyesini, kırmızı kesikli çizgiler de farkların $\pm 1\sigma$ standart sapmalarını göstermektedir.	60
Şekil 4.12: 893 kalibrasyon yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ fotometrik verilerinin bağıntı (4.2) kullanılmasıyla elde edilen metal bolluklarının gruplanması sonucunda oluşturulan $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramı.	61
Şekil 4.13: Johnson-Morgan (1953) fotometrik sistemindeki <i>UBV</i> bandlarına duyarlı 1,299 yıldızının $V \times (B-V)$ renk-parlaklık (a) ve $(U-B) \times (B-V)$ (b) iki-renk diyagramlarında renk uzaylarındaki konumları.	63
Şekil 4.14: SA 141 yıldız alanındaki 1,299 nesnenin Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından hesaplanan $E_{SF}(B-V)$ renk artışı değerleri.	65
Şekil 4.15: SA 141 yıldız alanındaki nesnelerin V_0 parlaklık histogramı.	65
Şekil 4.16: SA 141 yıldız alanındaki nesnelerin renk indekslerindeki (a, b) ve parlaklıktaki (c) hataları. Her bir paneldeki siyah düz çizgi tamlık sınırını, kırmızı düz çizgi tamlık sınırı içinde kalan nesneler için hesaplanan ortalama hatayı ve mavi kesikli çizgi de dağılımın $+1\sigma$ seviyesini gösterir.	66
Şekil 4.17: SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramındaki konumları. Kırmızı düz çizgi Eker ve diğ. (2018)'nin popülasyon I türündeki anakol yıldızlarının renk uzaylarındaki konumlarını göstermektedir.	69
Şekil 4.18: SA 141 yıldız alanındaki 180 anakol yıldızının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk (a) ve $M_V \times (B-V)_0$ mutlak parlaklık-renk (b) diyagramlarındaki konumları. Yıldızlar metal bolluklarına göre gruplandırılmış ve diyagram üzerinde farklı renkler ile gösterilmiştir.	70

Şekil 4.19: Yeni metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının SA 141 yıldız alanında bulunan F ve G tayf türündeki 180 anakol yıldızının metal bolluğu (a) ve mutlak parlaklık (b) dağılımlarına ait histogramlar.....	71
Şekil 4.20: SA 141 yıldız alanındaki 180 F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının Güneş'e uzaklıklarına ait histogram.....	72
Şekil 4.21: SA 141 yıldız alanındaki F ve G tayf türündeki 180 anakol yıldızının farklı mutlak parlaklık gruplarına ayrılmış $[Fe/H] \times Z$ diyagramları. Anakol yıldızları gri daire, ağırlıklarındırılmış noktalar da kırmızı daire sembolüyle ve metal bolluğu fitleri de mavi çizgiyle gösterilmiştir.	75
Şekil 5.1: Literatürden ve bu tez çalışmasından üretilen metal bolluğu kalibrasyonlarının F ve G tayf türündeki 893 anakol yıldızına uygulanması sonucunda hesaplanan fotometrik metal bolluklarıyla tayfsal bollukları arasındaki farkların tayfsal bolluklara göre dağılımı.....	80
Şekil 5.2: Literatürde ve bu tez çalışmasında üretilen mutlak parlaklık kalibrasyonlarının F ve G tayf türünden 893 anakol yıldızına uygulanmasından hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla <i>Gaia</i> uydu verilerinden tayin edilen mutlak parlaklıkları arasındaki farkların <i>Gaia</i> mutlak parlaklıklarına göre dağılımı.	83
Şekil 5.3: SA 141 yıldız alanındaki 180 anakol yıldızının <i>Gaia</i> DR2 kataloğundan belirlenen rölatif paralaks hatalarının dağılımı (alt panel) ve bu dağılımın birikimli toplamı (üst panel).....	84
Şekil 5.4: SA 141 yıldız alanındaki 125 anakol yıldızının iki farklı yöntemden hesaplanmış uzaklıklarının hatalarıyla birlikte karşılaştırılması (üst panel) ve uzaklık farklarının (alt panel) gösterimi.....	85
Şekil 5.5: SA 141 yıldız alanındaki 125 anakol yıldızının iki farklı yöntemden hesaplanmış uzaklıklarının, rölatif paralaks hatalarına (a) ve metal bolluklarına (b) göre gruplandırılmış gösterimi.	87
Şekil 5.6: Galaksimizdeki bazı açık (a) ve küresel (b) kümelerin <i>V</i> bandındaki mutlak parlaklık – renk diyagramları.	91
Şekil 5.7: SA 141 yıldız alanındaki 125 yıldızın <i>Gaia</i> DR2'den (<i>Gaia</i> çalışanları ve diğ., 2018) alınmış trigonometrik paralakslarından hesaplanan mutlak parlaklık dağılımları.....	92
Şekil 5.8: 125 yıldızın <i>Gaia</i> DR2'den (<i>Gaia</i> çalışanları ve diğ., 2018) ve yeni kalibrasyondan hesaplanan uzaklıklarının, <i>Gaia</i> mutlak parlaklıklarına (a) ve görünen parlaklıklarına (b) göre gruplanmış diyagramları.	92
Şekil 5.9: İki farklı yöntem ile uzaklıkları tayin edilmiş 87 yıldızının uzaklıklarının karşılaştırılması, Siyah düz çizgi birebir doğrusunu, kesikli çizgiler de 250 pc'lik adımlar ile uzaklık farklarını göstermektedir.	94
Şekil 5.10: İki farklı yöntem ile uzaklıkları tayin edilmiş ve evrimleşmiş yıldızların örnekten çıkarılmasıyla oluşturulan 61 yıldızın uzaklıklarının karşılaştırılması,	

Siyah düz çizgi birebir doğrusunu, kesikli çizgiler de 250 pc'lik adımlar ile uzaklık farklarını göstermektedir.95



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: 14 araştırma grubundan alınan 23,727 yıldızın gözlendiği teleskoplar ve yıldız tayflarına ait bilgiler.	31
Tablo 3.2: Literatürden derlenen 23,727 yıldızın tayf analizlerinden hesaplanan model atmosfer parametrelerinin değişim aralıkları, parametrelerin belirsizlikleri ve çalışmaların yayın künyeleri.....	32
Tablo 4.1: Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde kullanılan sınırlamalar ve bu sınırlamalar sonucu elde edilen yıldız sayıları.	51
Tablo 4.2: Bağntı (4.2)'deki değişkenlerin katsayıları ve hataları. Hatalar parantez içinde verilmiştir.....	56
Tablo 4.3: Bağntı (4.3)'teki değişkenlerin katsayıları ve hataları. Hatalar parantez içinde verilmiştir.....	59
Tablo 4.4: SA 141 yıldız alanında bulunan 180 anakol yıldızın mutlak parlaklık (M_V) ve Galaktik düzlemden dik doğrultudaki uzaklık (Z) aralıklarına göre ayrımı yapılan yıldızlar için hesaplanan ağırlıklandırılmış Z ve $[Fe/H]$ değerleri. N , her bir uzaklık aralığındaki anakol yıldız sayısını göstermektedir.	74
Tablo 4.5: Üç mutlak parlaklık ve farklı Z aralıkları için hesaplanan Galaktik düzleme dik doğrultudaki metal bolluğu gradyentleri. R^2 ve σ , sırasıyla, korelasyon katsayısını ve standart sapmayı göstermektedir.	74
Tablo 5.1: UBV fotometrik sistemi için üretilen metal bolluğu kalibrasyonları. Bağntılarda verilen $\delta_{0.6}$ ifadesi renk indeksi $(B-V)_0 = 0.6$ kadire normalize edilmiş mor-ötesi artığını gösterir.	79
Tablo 5.2: Literatürde UBV fotometrik sistemindeki anakol yıldızları için mor-ötesi artıklarına ve $B-V$ renk indekslerine bağlı üretilmiş mutlak parlaklık kalibrasyonları.	81
Tablo 5.3: Karaali ve diğ. (2003c)'nin mutlak parlaklık kalibrasyonuna ait parametrelerin $B-V$ renk indeks aralıklarındaki katsayıları.	81

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$^{\circ}$: Derece
'	: Yay dakikası
"	: Yay saniyesi
\sim	: Yaklaşık sembolü
α	: Rektasansyon (sağ açıklık)
A_d	: İndirgenmiş sönümleme değeri
A_{∞}	: Galaksi sınırındaki V bandı sönümleme değeri
\AA	: Angström
A_v	: Yıldızlararası soğurma katsayısı
b	: Galaktik enlem
$B-V, U-B$: UBV fotometrisinin renk indeksleri
C	: Karbon elementi
d	: Yıldızların Güneş'e uzaklığı
δ	: Deklinasyon (dik açıklık)
δ_{U-B}	: Morötesi artışı
$E_d(B-V)$: Belli bir uzaklıktaki renk artışı
$E_{\infty}(B-V)$: Galaksi sınırındaki renk artışı
Fe	: Demir elementi
$[Fe/H]$: Metal bolluğu
g	: Yüzey çekim ivmesi
H	: Uzunluk ölççeği
H	: Hidrojen elementi
He	: Helyum elementi
l	: Galaktik boylam
L_{\odot}	: Güneş'in ışınma gücü
λ	: Dalgaboyu
M_{\odot}	: Güneş'in kütlesi
M_{Bol}	: Bolometrik parlaklık
M_V	: Optik bölgede V bandındaki mutlak parlaklık
N	: Yıldız sayısı
M	: Metre
π	: Trigonometrik paralaks
P	: Olasılık sembolü
R_{\odot}	: Güneş'in Galaksi merkezine olan uzaklığı
R	: Galaksi merkezinden radyal uzaklık
σ_{π}	: Trigonometrik paralaks hatası
σ_{π}/π	: Rölatif paralaks hatası
S	: Toplam uzay hızı
SBb	: Çubuklu spiral galaksi
T_{eff}	: Etkin sıcaklık
τ	: Kinematik yaş
U, V, W	: Uzay hızı bileşenleri
V	: UBV sistemindeki V bandı görünen parlaklığı
Z	: Galaksi düzlemine dik uzaklık

Kısaltmalar**Açıklama**

AB	: Astronomik Birim
CCD	: Charge Coupled Device
CELG	: Sıkışık emisyon çizgili galaksi
CFHT	: Canada-France-Hawaii Telescope
CNO	: Karbon-azot-oksijen döngüsel reaksiyonu
CTIO	: Cerro Tololo Inter-American Observatory
dex	: Deka Ekponansiyel
DR	: Data Release
ELS	: Eggen, Lynden-Bell ve Sandage
ESA	: European Space Agency
ESO	: European Southern Observatory
Gyl	: Gigayıl
HR	: Hertzsprung-Russell
HUT	: Hubble Uzay Teleskobu
INAF	: Istituto Nazionale di Astrofisica
INT	: Isaac Newton Telescope
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
kpc	: kiloparsek
KPNO	: Kitt Peak National Observatory
MKO	: Mauna Kea Observatories
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NGC	: New General Catalogue
NOT	: Nordic Optical Telescope
OAC	: Osservatorio Astrofisico di Catania
OPM	: Observatoire Pic du Midi
ORM	: Observatorio del Roque de los Muchachos
pc	: Parsek
POP	: Popülasyon
QSO	: Kuazar
RAVE	: RADial Velocity Experiment
Sextractor	: Source-Extractor Stellarity Index
SDSS	: Sloan Digital Sky Survey
S/N	: Sinyal / Gürültü oranı
SSO	: Siding Spring Observatory
SZ	: Searl ve Zinn
WD	: Beyaz cüce

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

F-G TAYF TÜRÜ ANAKOL YILDIZLARI İÇİN YENİ FOTOMETRİK METAL BOLLUĞU VE MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONLARI

Mürvet ÇELEBİ

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

Yüksek lisans tez çalışmasında, *UBV* fotometrisi için Güneş civarından seçilen tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı belirlenmiş F ve G tayf türündeki 893 anakol yıldızı kullanılarak metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonları üretilmiştir. Yeni kalibrasyonlar SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarına uygulanmış ve yıldızların metal bollukları ve mutlak parlaklıkları elde edilmiştir. SA 141 alanı içinde metal bolluğu gradyentleri yıldızların mutlak parlaklık aralıklarına göre yapılma gerekliliği görülmüş ve Galaktik düzleme dik doğrultulardaki metal bolluğu gradyentleri yaklaşık -0.15 dex/kpc olarak hesaplanmıştır. Yeni kalibrasyonların literatürdeki benzer kalibrasyonlar ile karşılaştırılması sonucunda, orijinal verileri en iyi temsil eden kalibrasyonların bu tez çalışmasında üretilenler olduğu görülmüştür. Ayrıca SA 141 yıldız alanındaki *Gaia* yıldızlarının uzaklıkları ve yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu ile hesaplanan uzaklıkların karşılaştırılması, yıldız alanındaki evrimleşmiş ve çift yıldızları etkilerini ortaya koymuştur.

Aralık 2018, 140 sayfa.

Anahtar kelimeler: Galaksi: güneş civarı – disk – yapı, yıldızlar: bolluk, yıldızlar: uzaklık

SUMMARY

M.Sc. THESIS

NEW PHOTOMETRIC METALLICITY AND ABSOLUTE MAGNITUDE CALIBRATIONS FOR F-G SPECTRAL TYPE MAIN SEQUENCE STARS

Mürvet ÇELEBİ

Istanbul University

Institute of Graduate Studies in Sciences

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor : Prof. Dr. Selçuk BİLİR

In this thesis, metallicity and absolute magnitude calibrations in *UBV* photometry were found by using 893 F and G spectral type main-sequence stars, which have accurate spectroscopic, photometric and astrometric data selected from Solar neighbourhood. The new calibrations were applied to the main-sequence stars in the SA 141 star field and the metallicities and absolute magnitudes of the stars were estimated. In the star field of SA 141, it is found that the metallicity gradients must be calculated according to the absolute magnitude intervals of the stars. The metallicity gradients in the perpendicular directions to the Galactic plane were calculated as approximately -0.15 dex/kpc for all absolute magnitude intervals considered. Comparisons with the similar calibrations show that the best calibrations representing the original data are produced in this thesis. In addition, the distance comparisons between the *Gaia* stars and the calculated ones by the new absolute magnitude calibration in SA 141 star field revealed the effects of evolved and binary stars.

December 2018, 140 pages.

Keywords: Galaxy: solar neighbourhood – disc – structure, stars: abundances, stars: distance

1. GİRİŞ

Samanyolu'nun yapısı 18. yy.'den günümüze kadar insanların merak konusu olmuştur. Bu merak, insanları araştırmaya ve gözlem yapmaya itmiştir. Edwin Hubble, 1920'li yıllarda yaptığı gözlemler sonucu Samanyolu dışında da galaksiler keşfetmiştir. Başka galaksilerin de keşfiyle Samanyolu'nun yapısı ve bileşenlerinin araştırılması önem kazanmış ve çalışmalar bu doğrultuda günümüze kadar devam etmiştir.

Samanyolu'nun yapısı ve oluşumu hakkında bilgi sahibi olmak için galaksilerin yapı taşı olan yıldızların fotometrik, tayfsal ve astrometrik yöntemler kullanılarak incelenmesi gerekir. Orta tayf türündeki anakol yıldızlarının gelişmiş tayfsal yöntemler kullanılarak atmosfer yapılarının incelenmesi, yıldızların element bolluklarının belirlenmesinin yanında, Galaksimizin oluşumu ve evriminin araştırılmasında son derece önemlidir. F ve G tayf türündeki yıldızların iç yapılarında görülen farklı enerji iletim mekanizmaları, yıldızların çekirdeklerinde ürettikleri ağır elementlerin yıldız atmosferine taşınmasını engeller. Ayrıca orta tayf türündeki yıldızların kütleleri göreceli olarak küçük olduğundan bu yıldızların evrimleşmeleri Galaksimizin yaşıyla karşılaştırılabilecek kadar uzundur. Bu tür yıldızların çekirdeklerinde üretilen ağır elementlerin atmosferlerine taşınmaması ve uzun ömürlü olmaları, oluştukları molekül bulutlarının kimyasını yansıtır. Galaksimizin farklı bölgelerinde yapılacak benzer analizler ile yıldızların atmosfer yapılarındaki bolluk analizi ve Galaksi merkezinden uzaklıklarının belirlenmesi metal bolluğu gradyantlerinin hesaplanmasına fırsat verir ve bu da Samanyolu'nun oluşumuna yönelik kuramsal senaryoların sınanmasına ve geliştirilmesine öncülük eder.

Samanyolu'nun oluşumu ve evriminin araştırılmasında gökyüzü tarama programlarının önemi büyüktür. Bu amaç doğrultusunda geçen yüzyılın son zamanlarında tasarlanan ve bu yüzyılın başında gözlemlerine başlanan birçok gökyüzü tarama programı bulunmaktadır. Elektromanyetik tayfın farklı bölgelerinde fotometrik olarak başlatılan gökyüzü tarama programları sayesinde, sönük nesnelerin atlaslarının oluşturulmasının yanı sıra yapay zekâ programlarıyla nesnelerin sınıflandırılması neticesinde milyarlarca nesne hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Bu bilgilerden itibaren çeşitli veri tabanları oluşturularak astronomların kullanıma sunulmuştur. Farklı fotometrik sistemlerde farklı filtreler ile gözlemleri yapılmış nesnelerin,

renk uzaylarındaki konumlarının sentetik olarak araştırılması, daha kolay sınıflandırılmalarını sağlamıştır. Bu da fotometrik tarama programlarının yerini yavaş yavaş tayfsal tarama programlarına bırakmasına neden olmuştur. Günümüzde, orta büyüklükteki teleskoplar kullanılarak farklı astrofizik problemlerin üstesinden gelebilmek için çok sayıda tayfsal gökyüzü tarama programı başlatılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Tayfsal tarama programları sadece Samanyolu'ndaki nesnelere değil, galaksi-dışı nesnelere de incelenmesine fırsat vermiştir. Böylece son 20 yılda elde edilen bilgiler çerçevesinde Evrene bakış açımız değişmiştir. Tayfsal tarama programları sayesinde gözlemleri yapılmış milyonlarca yıldızın tayf analizlerinde, gelişmiş bilgisayarlar ve yapay zekâ yazılımları kullanılmış ve incelenen yıldızlarının model atmosfer parametreleri ve radyal hızları tayin edilmiştir.

Astronomik gözlemlerde Dünya atmosferinin olumsuz etkilerinden kurtulabilmek için bilim insanları yer tabanlı gözlemleri uzay tabanlı gözlemlere taşımıştır. Elektromanyetik tayfın gama ışın bölgesinden uzak kırmızı-öte bölgesine kadar geniş bir dalgaboyu aralığında farklı görevleri yerine getirmek üzere çok sayıda gözlem uydusu Dünya çevresindeki yörüngelere yerleştirilmiştir. Bu uydular arasında elektromanyetik tayfın optik bölgesinde gözlem yapan *Hipparcos* ve *Gaia* uydularının farklı bir yeri vardır. Bu uydulardan *Hipparcos*, Güneş civarındaki yakın yıldızların fotometrik ve astrometrik (öz hareket ve trigonometrik paralaks) verilerini gözlemek için tasarlanmıştır. Görevinin sonunda, Dünya'ya ulaştırdığı veriler sayesinde Güneş civarındaki yakın yıldızların uzaklıkları ilk kez çok duyarlı ölçülerek yaklaşık 120,000 yıldızdan meydana gelen bir Hertzsprung-Russell (HR) diyagramının oluşturulmasını sağlamış ve yıldız evrimindeki bazı anlaşılmayan noktalara ışık tutmuştur. Ayrıca, yapılan gözlemler sayesinde Evrenin yaşı için bugün de kabul gören değerin ortaya çıkartılmasını sağlamıştır. Güneş civarındaki yakın yıldızlar için *Hipparcos* uydusundan elde edilen verilerin yeterince hassas belirlenmiş olması, uydu halen görevdeyken yeni bir uydunun tasarlanması gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. *Hipparcos* uydusunun görevini üstlenecek, yeni nesil bir astrometrik uydunun tasarlanması teknolojiye paralel olarak biraz zaman almıştır. *Hipparcos* uydusunun görevini tamamlamasından 20 yıl sonra ESA tarafından geliştirilen uzun soluklu bir proje sonunda 740 milyon avro değerindeki *Gaia* uydusu tasarlanarak 19 Aralık 2013 tarihinde Fransız Guyanası'ndan fırlatılmış ve Dünya'dan 1.5 milyon km uzaklıktaki yörüngesine başarıyla yerleştirilmiştir. *Gaia* uydusunun görevi, milyarlarca nesnenin fotometrik, tayfsal ve astrometrik gözlemlerini yaparak Samanyolu'nun üç boyutlu bir

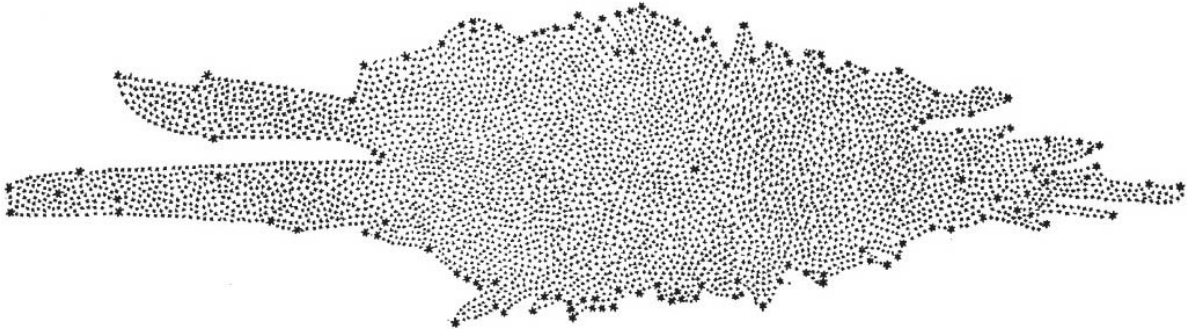
haritasını oluşturmak, Güneş sisteminin oluşumuna yönelik bilgileri elde etmek ve üzerinde yaşam barındırabilecek ötegezegenleri keşfetmektir. Üç gözlem tekniğiyle elde edilen veriler iki farklı gözlem zamanı içinde astronomların kullanımına açılmış ve Galaksi astrofizikini sıcak bir konu haline getirmiştir. *Gaia* konsorsiyumuna üye araştırmacılar, gözlem verilerinin sayısal hale getirilmesine yönelik yazılımları geliştirirken, bir yandan da kısıtlı indirgenmiş verileri bilim dünyasına kazandırmaktadır. Proje çerçevesinde milyarca nesne inceleneceğinden her bir nesnenin ölçümündeki hassasiyet aynı olmayacaktır. Tahmin edilebileceği gibi sönük nesnelere doğru gidildikçe gözlemlerden gelen belirsizlikler artacaktır. Bu problemin üstesinden gelebilmek için verileri duyarlı nesnelere bir araya getirip ölçüm tekniği hassas olan verilere öncelik verilerek yeni kalibrasyonların üretilmesi gerekmektedir. Bu kalibrasyonları sönük nesnelere fotometrik verilerine uygulanması neticesinde çok sayıdaki nesne için duyarlı metal bolluğu, mutlak parlaklık ve etkin sıcaklık gibi astrofiziksel parametreler tayin edilmektedir. Bu yöntem ile belirlenen gözlemsel parametrelerin kuramsal olarak oluşturulan Galaksi oluşum ve evrim modellerinin sınanmasında önemli bir yeri vardır. Önümüzdeki 10 yıllık bir süreç içinde *Gaia* uydusu ve diğer yer tabanlı gökyüzü tarama programlarından elde edilecek verilerin bir arada incelenecek olması bu açıdan son derece önemlidir.

Yüksek lisans tez çalışmasının ikinci bölümündeki genel bilgiler başlığı altında Galaksimizin bileşenleri, uzaklık tayin yöntemleri, orta tayf türündeki yıldızların Galaksi evrimindeki rolü, uzay tabanlı astrometrik uydular ve Samanyolu'nun oluşum senaryoları hakkında bilgi verilmektedir. Tez çalışmasının üçüncü bölümünde kalibrasyonların oluşturulmasında kullanılan veriler ile bu verilerin analizlerinde kullanılan yöntemlerden bahsedilmektedir. Çalışmanın dördüncü bölümünde metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulmasından ve bir yıldız alanına uygulanarak metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanmasından söz edilmektedir. Son olarak, beşinci bölümde elde edilen bulgular literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılarak tez çalışmasının üstün yanları vurgulanmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

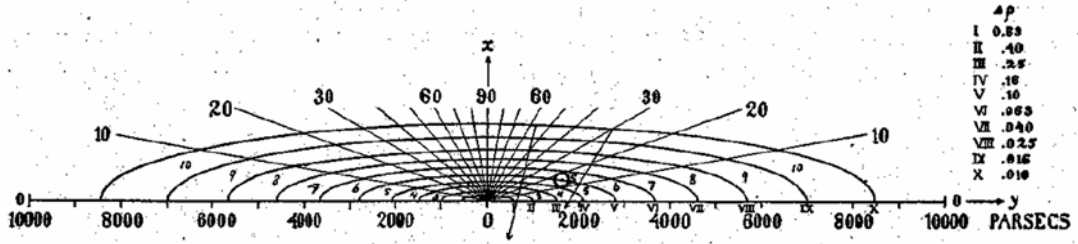
Yaklaşık 400 yıl önce Galileo Galilei, gökyüzünü gözlemek için ilk kez bir teleskop kullandığında, Samanyolu'nun binlerce yıldız ile dolu olduğunu fark etti. Güneş, Samanyolu'nun içinde yer aldığından Galaksi bir bütün olarak görülemez. Bu yüzden Samanyolu'nun yapısını ortaya çıkartmak insanlık için bir merak konusu olmuştur. Ayrıca gelişen teknolojiyle beraber diğer galaksilerin duyarlı gözlemleri Samanyolu'nun şeklinin ortaya çıkartılmasında büyük kolaylık sağlamıştır.

18. yüzyılın önemli astronomlarından biri olan William Herschel, Uranüs gezegeninin keşfiyle tanınsa da *yıldız ölçümü* adı verilen bir teknik ile Samanyolu'nun enine kesit bir haritasını hazırlaması onun en önemli çalışmalarındandır. William Herschel, gökyüzünde seçmiş olduğu 600'den fazla yıldız alanı bölgesinde teleskobunun görünür parlaklık sınırına kadar yıldızları saymıştır. İncelediği yıldızların aynı ışımaya gücünde olduğunu varsayan William Herschel, yıldızların uzaklıklarını bu yöntem ile tayin etmiştir. Gökyüzünün farklı bölgelerinde gözlediği yıldızların uzaklıklarını da dikkate alarak Samanyolu'nun ilk haritasını oluşturmuştur (Şekil 2.1). Ayrıca William Herschel hazırlamış olduğu harita üzerinde Güneş'in konumunu büyük yapının merkezine yakın ve *yıldız sembolüyle* işaretlemiştir.



Şekil 2.1: William Herschel'in yıldız sayımları yöntemiyle oluşturduğu Samanyolu'nun enine kesit haritası.

20. yüzyılın başlarında Jacobus Kapteyn, William Herschel'in Samanyolu haritasından yola çıkarak güncel bir harita oluşturmak istemiş ve bu amaç doğrultusunda Dünyanın çeşitli yerlerindeki astronomların da katkılarıyla *Seçilmiş Alanlar* adı verilen gökyüzü bölgelerinin fotoğraflarını elde etmiştir. Bu fotoğraflar üzerindeki yıldızların görünür parlaklıklarını ve radyal hızını da dikkate alarak incelemiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Jacobus Kapteyn'in (1922) oluşturduğu Samanyolu haritası.

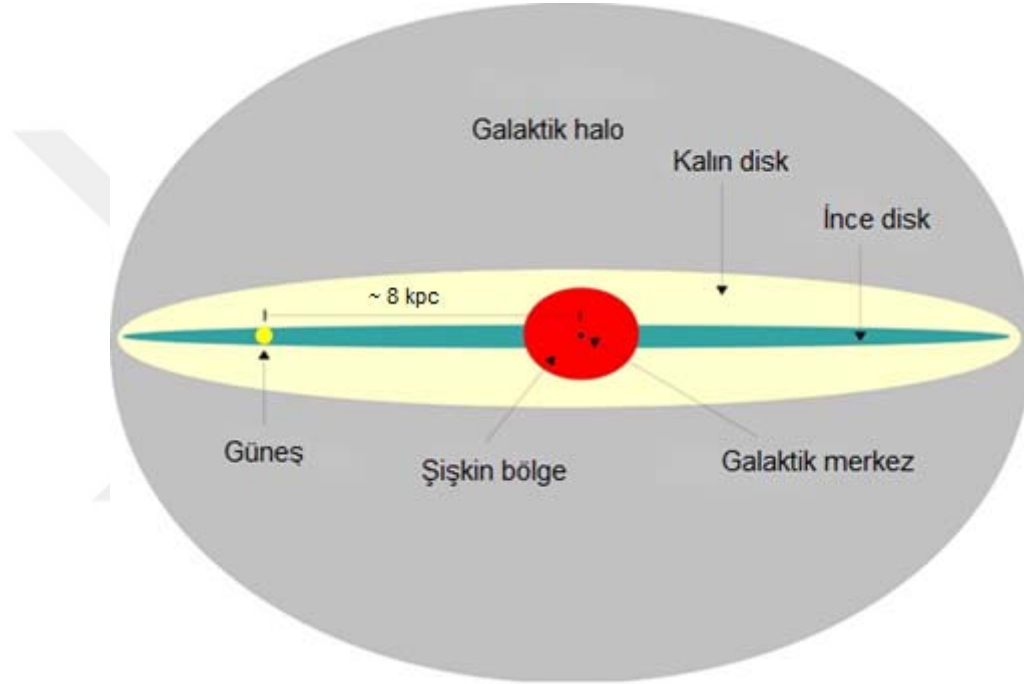
Haritadan görüldüğü gibi Jacobus Kapteyn Samanyolu'nu yaklaşık 8500 pc'lik basık bir disk olarak tanımlamıştır. Güncel harita üzerinde William Herschel'in de yaptığı gibi Güneş'in konumunu merkeze yakın bir yere işaretlemiştir. İki araştırmacının farklı zamanlarda yapmış olduğu bu etkileyici çalışmalar ne yazık ki bazı hatalar içermektedir. Yıldız ışığı teleskoba gelirken yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüleme ve kızarma etkisine maruz kalmaktadır. Bu etkilerin dikkate alınmaması durumunda incelenen yıldızların uzaklıkları gerçek uzaklığından daha yakın hesaplanır ki bu da çalışmaya sistematik hatalar getirir. Jacobus Kapteyn ve William Herschel, yıldızların uzaklık hesaplamalarında yıldızlararası ortamın etkisini göz önünde bulundurmadıklarından oluşturdukları haritalarda Samanyolu'nun şekil ve boyutunu yanlış vermişlerdir. Günümüzdeki çalışmalarda yıldızların parlaklıkları ve uzaklıklarının belirlenmesinde, yıldızlararası gaz ve tozun etkisi dikkate alınmakla birlikte bu etkinin en aza indiği elektromanyetik bölgenin kızılötesinde gerçekleşen gökyüzü tarama programlarıyla Samanyolu'nun güncel haritaları oluşturulmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Kızılötesi veriler kullanılarak Samanyolu'nun üstten görünüşüne ait bir çizim (NASA/JPL'den R. Hurt'ın katkısıyla).

2.1. SAMANYOLU'NUN BİLEŞENLERİ

Samanyolu, *Virgo Süper kümesinin* dış sınırlarında yer alan *Yerel Grup* olarak isimlendirilen küçük bir galaksi kümesinde bulunmaktadır. Yapısı itibariyle çubuklu ve sarmal bir galaksi olan Samanyolu, Hubble sınıflamasına göre SBb türünden bir galaksidir (Binney ve Merrifield, 1998). Samanyolu; şişkin bölge, ince disk, kalın disk, halo ve *yıldızlararası maddeden* oluşan beş temel bileşene sahiptir. Bu bileşenlerin yandan kesitine ait şematik bir çizim Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Samanyolu'nun bileşenleri ve Güneş'in bu büyük yapıdaki konumu.

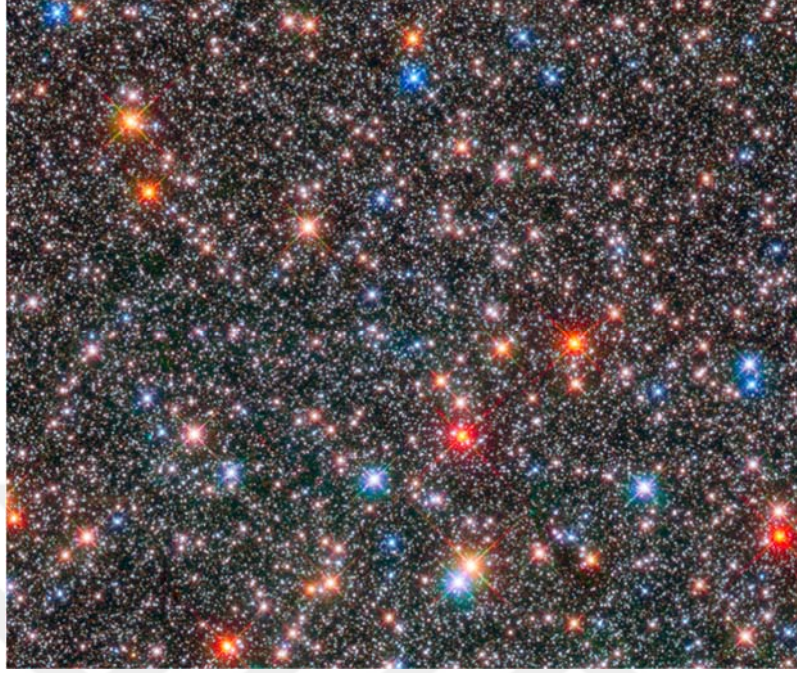
2.1.1. Şişkin Bölge

Samanyolu'nun merkezinden yaklaşık 3 kpc'lik uzaklık içerisindeki yapı *şişkin bölge* olarak adlandırılır. Galaksinin en parlak bileşeni olan şişkin bölge merkezinden itibaren Güneş'e yaklaşık 8 kpc uzaklıkta olup genellikle kırmızı dev yıldızlardan oluşur (Gillessen ve diğ., 2009; Wegg ve Gerhard, 2013).

Tek bir yıldız popülasyonundan oluşmaması ve Galaksinin toplam yıldız kütlelerinin neredeyse dörtte birini içermesi ($M_{\text{şişkinbölge}} = 1.8 \times 10^{10} M_{\odot}$, Sofue ve diğ., 2009), şişkin bölgeyi Samanyolu'nun en önemli bileşeni yapar. Birçok araştırmacı öncelikle şişkin bölgenin

evriminden çok, yapısı hakkındaki çalışmalara önem vermiştir. Şişkin bölgenin yapısına dair birçok kuram öne sürülmüştür. Önceleri yer fıstığı şeklinde olduğu daha sonra gelişen gözlem araçlarıyla yapılan çalışmalarda iki çubuklu yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır. Bu çubuklardan biri, Güneş ile Galaksi merkezi doğrultusuna göre 15° - 30° konum açısıyla yaklaşık 2.5 kpc uzunluğundaki kutu şeklindeki şişkin bölge (Dwek ve diğ., 1995; Stanek ve diğ., 1997; Lopez-Corredoira ve diğ., 2006; Rattenbury ve diğ., 2007; Cao ve diğ., 2013; Wegg ve Gerhard, 2013; Bobylev ve Bajkova, 2016), diğeri Galaksi merkeziyle yaklaşık 45° 'lik bir açı içinde ve yarı uzunluğu 4 kpc olan uzun, ince bir çubuktur (Weinberg, 1992; Hammersley ve diğ., 2000; López-Corredoira ve diğ., 2001, 2006; Picaud ve diğ., 2003; Benjamin ve diğ., 2005; Cabrera-Lavers ve diğ., 2008; González-Fernández ve diğ., 2012; Amôres ve diğ., 2013). Şişkin bölgedeki çubuk yapı, ilk kez de Vaucouleurs (1964) tarafından Samanyolu'nun merkezi etrafında hareket eden gaz akıntılarının çember yörüngelerde dolanmadığı sonucundan ortaya konmuştur. Birçok araştırmacı, şişkin bölge ve çubuk yapının oluşum senaryolarının farklı olduğunu belirtmektedir. Şişkin bölgenin ilkel bir Galaktik bileşenden oluştuğu düşünülürken, uzun çubuk yapının diferansiyel olarak dönen disklerdeki bir kararsızlık neticesinde meydana geldiği önerilmektedir (Sellwood, 1981).

Şişkin bölge farklı yıldız popülasyonlarındaki nesnelere barındırdığından Samanyolu'nun en karmaşık bileşenidir. Bu bileşende görülen çeşitli yıldız popülasyonlarının metal bollukları $-1 < [\text{Fe}/\text{H}] < +0.5$ dex aralığındadır (Zoccali ve diğ., 2003; 2008; Hill ve diğ., 2011). Yapılan fotometrik araştırmalardan şişkin bölgedeki yıldızların ortalama yaşlarının yaklaşık 11 Gyıl olduğu bilinmektedir (Bono ve diğ., 2013). Ayrıca Galaktik merkez, süper kütleli karadeliğin yanı sıra, çok genç yıldızlara da ev sahipliği yapmaktadır (Serabyn ve Morris, 1996; Figer, 2009). Şişkin bölgenin yakın kızılötesi ve optik bölgede *Hubble Uzay Teleskobundaki* (HUT) geniş alan 3 kamerasıyla gerçekleştirilen fotometrik analizlerinden (Şekil 2.5), bu bileşenin farklı evrim aşamalarında ve farklı yaşlarda bulunan yıldızlardan oluştuğu tespit edilmiştir (Renzini ve diğ. 2018). Galaksinin evrimine dair ipuçlarını ortaya koymak için HUT'un dokuz yıllık gözlem arşivlerini inceleyen Renzini ve diğ. (2018), Güneş benzeri yaklaşık 10,000 yıldızın kinematik verilerini hesaplayarak farklı uzay hızlarında ve çeşitli yaşlarda bulduklarını tespit etmişlerdir. Bu bulgular neticesinde Samanyolu'nun şişkin bölgesinin, yoğun bir havalimanındaki uçak trafiğine benzer olduğunu ifade ederek dinamik açıdan çok karmaşık bir bileşen olduğunu göstermişlerdir.



Şekil 2.5: Galaktik şişkin bölgenin HUT veri arşivindeki yakın kızılötesi ve optik görüntülerden oluşturulan güncel görüntüsü (Renzini ve diğ. 2018).

Samanyolu'nun şişkin bölgesi, çok parlak olmasına rağmen elektromanyetik tayfin optik dalga boyunda yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüleme ve kızarma etkilerinden dolayı gözlenmesi zordur. Galaksi merkezi doğrultusunda optik dalgaboylarında yapılan gözlemlerde yaklaşık 30 kadırlık bir sönmüleme etkisi vardır (Schlegel ve diğ., 1998). Bu etkinin daha aza indirilebilmesi için genellikle elektromanyetik tayfin kızılötesi bölgesinde gözlemler yapılmaktadır.

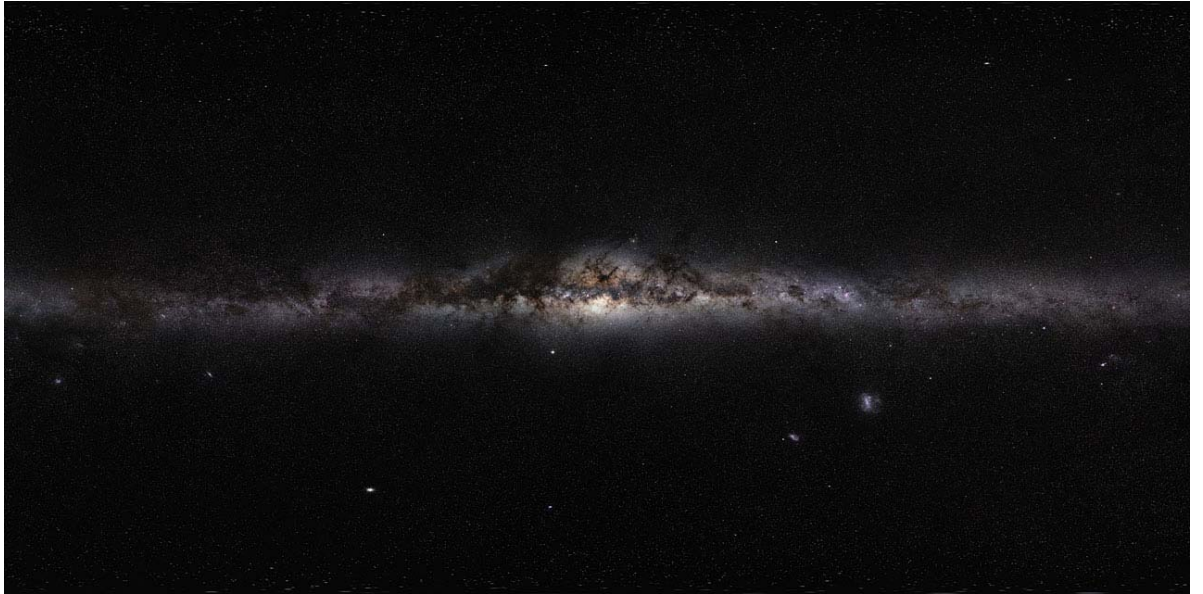
2.1.2. İnce Disk

Samanyolu'nun *ince disk* bileşeni, gökyüzünün tamamını saran soluk bir ışık bandı olarak görülür. Galaksimizin şişkin bölgesini çevreleyen ve genç yıldızlardan oluşan bu bileşenin toplam kütlesi $M_{incedisk} = 4 \times 10^{10} M_{\odot}$ 'dir. İnce disk bileşeni; Güneş'i, açık yıldız kümelerini, yıldız oluşum bölgelerini, çoğunlukla orta tayf türündeki anakol yıldızlarını, dev yıldızları, evrimleşen yıldızların ardında bıraktıkları gezegenimsi bulutsuları ve süpernova kalıntılarını içeren çok sayıda farklı tür nesneye ev sahipliği yapar. İnce disk yıldızlarının Samanyolu merkezi etrafındaki yörüngeleri çembere yakın olup, Güneş civarındaki dönme hızları yaklaşık 220 km/sn'dir. Bu bileşendeki yıldızlar çoğunlukla genç olduğundan hız dispersiyonları da Galaksinin diğer popülasyonlarına göre oldukça küçüktür. İnce diskin yükseklik ölçeği 250 ile

400 pc, uzunluk ölçeği de 1,500 ile 2,300 pc aralığında verilmektedir (Bilir ve diğ., 2006a). Galaksinin diğere bileşenlerine göre metal bolluğu dağılımının en iyi bilindiği bileşen ince disk'tir. Bu bileşendeki yıldızlar, kalın disk ve halo bileşenine göre metalle zengin olup, ortalama metal bolluğu $\langle [Fe/H] \rangle = -0.2$ dex'tir.

İnce diskte görülen spiral yapı dört koldan (Cygnus, Sagittarius, Centaurus ve Perseus) oluşmaktadır (Perez-Villegas ve diğ., 2015). Yoğunluk dalgalarının Galaktik düzlemdeki yıldızlararası ortamı sıkıştırması sonucu oluşan spiral kolların yıldız oluşumunda önemli bir yeri vardır (Gilmore ve Reid, 1983; Robin ve diğ., 1996, Ragan ve diğ., 2018). Yıldız oluşumunun halen gözleendiği ince diskteki yıldızların yaşları $0 < \tau \leq 10$ Gyıl gibi geniş bir aralıkta olup ortalamaları $\langle \tau \rangle = 6$ Gyıl'dır (Hayden ve diğ., 2017).

Avrupa Güney Gözlemevi (ESO; European Southern Observatory) tarafından *Uluslararası Astronomi Yılı 2009* çerçevesinde başlatılan GigaGalaxy Zoom projesi neticesinde, ince disk bileşenini de içeren, Galaksimizin yüksek çözünürlüklü bir görüntüsü Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Proje sonucunda oluşturulan görüntüde Galaksimizin ince disk bileşeni soluk bir band olarak görülmektedir.



Şekil 2.6: ESO'nun GigaGalaxy Zoom projesi sonucunda Samanyolu için oluşturduğu görüntü.

2.1.3. Kalın Disk

Samanyolu'nun ince disk bileşeninin hemen üstünde görülen bileşen *kalın disk*dir. Kalın disk önceleri ince disk bileşeninden ayırt edilemediğinden, Samanyolu'nun tek bir disk bileşenine sahip olduğu düşünülmekteydi. Fakat yapılan araştırmalar sonucu kalın disk ve ince disk bileşenlerinde bulunan yıldız popülasyonlarının farklı olduğu anlaşılmış ve bu iki bileşen ayrı ayrı incelenmeye başlanmıştır (Bensby ve diğ., 2003; Haywood, 2008; Bensby, 2014; Reddy ve diğ., 2006).

Kalın disk bileşeni metalce zengin küresel kümeler, geç tayf türündeki anakol ve dev yıldızlar ile fotometrik değişkenlik gösteren yaşlı yıldızlardan oluşur. Kalın disk yıldızlarının Samanyolu merkezi etrafındaki yörüngeleri elips ile çember arasında hemen hemen basık olup, hız dispersiyonları da ince disk yıldızlarınınkine göre daha büyüktür (Brook ve diğ., 2012). Kalın diskin yapısına yönelik araştırmalarda yükseklik ölçeği 700 ile 1,000 pc arasında ve uzunluk ölçeği de yaklaşık 3,500 pc olarak verilmektedir (Yoshii, 2013).

Kalın disk yıldızları ince disk yıldızlarına göre daha yaşlıdır ve ortalama yaşları $\langle \tau \rangle = 12$ Gyl'dir. Samanyolu'ndaki kalın disk yıldızlarının metal bollukları $-1.5 \leq [Fe/H] \leq +0.5$ dex aralığında olup ince disk yıldızlarına göre metalce daha fakir, alfa element bolluklarına göre de daha zengindirler (Bensby ve diğ., 2003). Galaksimizdeki kalın disk yıldızlarının toplam kütlesi yaklaşık $8 \times 10^9 M_{\odot}$ 'dir. Güneş civarında bulunan yıldızların yaklaşık %6-10'u kalın disk bileşenine aittir (Buser ve diğ. 1998;1999, Karaali ve diğ. 2004; Bilir ve diğ., 2008; Juric ve diğ., 2008).

2.1.4. Halo

Galaksi diskini çevreleyen ve iki ayrı yapıdan oluşan *halo*, Galaksimizin en dış bileşeni olarak bilinir. Hartwick (1987)'in metalce fakir RR Lyrae yıldızlarını incelemesi sonucu Galaktik halonun iç ve dış olarak sınıflanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu araştırma sonucunda, iç halonun yassı, dış halonun ise küresel bir yapıda olduğu anlaşılmıştır. İç halodaki nesnelere Galaksimizdeki diğer nesnelere göre aynı yönde fakat çok daha yavaş hızlarda dönerken, dış halodaki nesnelere ise iç halodakilere göre zıt yönde ve daha hızlı dönerler. İç ve dış halodaki yıldızların Galaktik merkez etrafında dönme hızları, sırasıyla, 0 ile 50 km/sn ve 40 ile 70 km/sn'dir. Halodaki yıldızlar, Galaktik disktekilere göre metalce daha fakir ve daha yaşlıdır.

Halo yıldızlarının ortalama metal bollukları yaklaşık $\langle [Fe/H] \rangle = -1.5$ dex ve ortalama yaşları da yaklaşık $\langle \tau \rangle = 13$ Gyl'dır (Carney ve diğ., 1990).

Halo yıldızları Galaksimizin en dışında bulduklarından başka galaksilerden gelme olasılıkları vardır (Samland ve Gerhard, 2003; Searle ve Zinn, 1978; Eggen ve diğ., 1962). Martinez-Delgado ve diğ. (2010), Sagittarius cüce galaksisinden Samanyolu'na yıldız akıntılarıyla gelen yıldızları keşfetmiştir. Samanyolu'nun halo bileşeni, diğer bileşenlerden boyutsal olarak daha büyüktür ancak içerdiği yıldızların kütleleri açısından Galaksiye %1'lik bir katkı vermektedir (Bland-hawthorn ve Gerard, 2016).

2.1.5. Yıldızlararası Madde

Güneş'ten diğer yıldızlara bakıldığında görülen gaz ve tozdan oluşan içerik *yıldızlararası madde* olarak ifade edilir. Yıldızlararası maddenin tümü de *yıldızlararası ortam* olarak adlandırılmaktadır. Yıldızlararası maddenin bir kısmı *bulutsu* olarak bilinen devasa bulutlar olarak gözlenmektedir (Şekil 2.7).

Yıldızlararası ortamda görülen bulutlar Galaksimizdeki dinamik etkileşimlerden dolayı birbirleriyle çarpışmakta ve yeni yıldızların oluşumuna doğrudan katkı vermektedir. Bu bulutlardan bazıları, yeni yıldızları oluştururken bazıları da çarpışmaların etkisiyle dağılmaktadır. Yıldızlar anakolu terk ederek dev aşamalarına geçip evrimlerinin sonuna yaklaştıklarında zarflarını yıldızlararası ortama bırakırlar. Orta ve küçük kütleli ($M \leq 8 M_{\odot}$) yıldızlarda görülen bu aşama gezegenimsi bulutsu olarak bilinir ve yıldızlararası ortamın metalce zenginleşmesine katkı verir. Daha büyük kütlelerde ($M > 8 M_{\odot}$) bulunan yıldızların ölümü orta ve küçük kütleli yıldızlardan oldukça farklıdır. Çekirdeklerinde demir elementinden daha ağır elementleri üretemeyen yıldızlar, çekirdeklerinin çökmesi sonucu *süpernova patlaması* adı verilen bir süreçten geçerek kütlelerinin büyük bir kısmını yıldızlararası ortama asimetrik bir patlama sonucunda yayarlar ve yıldızlararası ortamı zenginleştirirler.

Yıldızlararası maddenin yaklaşık %99'u gazdan (iyonlar, atomlar ya da moleküller) oluşmaktadır. Bu gazda en bol bulunan elementler hidrojen ve helyumdur. Yıldızlararası maddenin kalan %1'i, yıldızlararası toz olarak adlandırılan birçok atom ve molekülden oluşan

katı parçacıklardır. Tipik bir toz tanesi, kaya gibi bir malzemeden (silikat) ya da buzlu bir mantıyla çevrelenmiş su, metan ve amonyak gibi grafitten oluşur.

Galaksideki tüm yıldızlararası gaz düzgün bir şekilde yayılsa, yıldızlararası uzayda cm^3 başına sadece bir gaz atomu bulunurdu. Toz taneleri, gazlara nazaran daha azdır ve bir km^3 hacim içerisinde sadece birkaç yüz ila birkaç bin minik tanecik bulunur. Bunların her biri, bir milimetrenin on binde biri kadardır. Ancak verilen bu sayılar sadece ortalamaları ifade etmektedir. Galaksimizdeki gaz ve toz bileşeni dağınık ve düzensiz bir şekildedir. Samanyolu'ndaki toplam gaz ve tozun kütlesi, görünen maddenin %15'ine denk gelir.

Bir yıldızın farklı enerjilerinde yayımlanan fotonu yıldızlararası ortamdan geçerken yüksek enerjili fotonlar, ortamdaki bulut tarafından yansıtılır. Düşük enerjili fotonlar ise, bulut tarafından sönmülendir ve tekrar yayımlanır. Bu sönmülendir miktarı, bulutun yoğunluğuna ve yıldız ışığının dalgaboyuna bağlı olarak değişmektedir. Toz tanelerinin boyutu büyüdükçe yüksek enerjili fotonların saçılmaları artar ve saçılan fotonlar mavi renkte görülür. Buna karşın sönmülendirmeye uğrayan düşük enerjili fotonlar ise toz tanelerinin içinden geçerek az da olsa enerji kaybeder ve kırmızı renkteki fotonların görülmesine neden olur. Bu olay fotometrik açıdan yıldızlararası kızarma olarak tanımlanır.



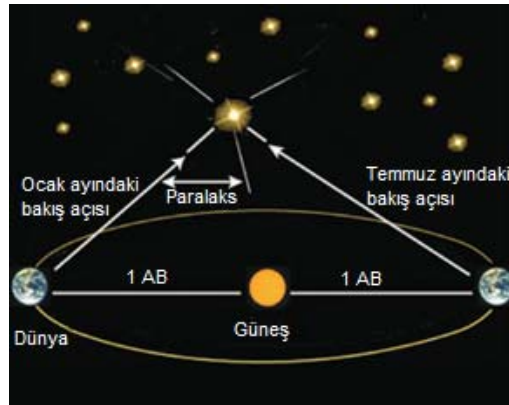
Şekil 2.7: Yıldızlararası ortamdaki bulutsulara bir örnek (Atbaşı Bulutsusu).

2.2. YILDIZLARIN UZAKLIK TAYİN YÖNTEMLERİ

Astronomi ve astrofizik bilimiyle uğraşan araştırmacılar için en önemli parametre, üzerinde çalıştıkları nesnelerin uzaklık ölçümleridir. Uzaklık parametresi, incelenen nesnelerin Güneş'e uzaklıklarının tayini dışında temel astrofizik parametrelerinin belirlenmesi açısından da önemlidir. Ayrıca farklı türden nesnelerin uzaklıkları ile temel astrofizik parametrelerinin bir arada incelenmesi Galaksimizin yapısı, oluşumu ve evrimi hakkında da bilgilerin elde edilmesini sağlar. Literatürde çok sayıda uzaklık ölçüm yöntemi bulunmaktadır (Thevenin ve diğ., 2017; Newman, 1994). Bu bölümde yıldızlar için uzaklıkların belirlenmesine yönelik yöntemler hakkında bilgiler verilecektir.

2.2.1. Trigonometrik Paralaks

Güneş civarındaki yıldızların uzaklık ölçümlerindeki en etkili yöntem trigonometrik paralaksa dayalı gözlemlerden gelmektedir. Yakın yıldızların trigonometrik paralaks ölçümleri için Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi üzerindeki hareketinden faydalanılır. Dünya ile Güneş arasındaki uzaklık 150,000,000 km veya bir başka ifadeyle 1 astronomik birim (AB)'dir. Dünya, Güneş etrafındaki yörüngesinde dolarken yapılan bir fotometrik gözlem ile gözlemden en çok altı ay sonra yapılan ikinci bir gözlemden sağlanan görüntünün birbirleriyle karşılaştırılması neticesinde incelenen yıldızın zemindeki diğer yıldızlara göre konum açısında bir farklılık meydana gelir (Şekil 2.8). Bu açı, yıldızın Dünya'dan gözlenmiş trigonometrik paralaksını (π) ifade eder ve d (pc) = $1/\pi$ (yay saniyesi) bağıntısıyla yıldızın Güneş'e uzaklığı belirlenir. Uzay tabanlı astrometrik gözlemlerin 1990'lı yılların başında *Hipparcos* uydusuyla başlaması neticesinde daha uzaktaki yıldızların gözlemleri yapılabilmiş ve ölçüm hassasiyeti yay saniyesinin binde birine ulaşmıştır.



Şekil 2.8: Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi üzerinde en çok altı ay arayla yapılan iki gözlem neticesinde belirlenen trigonometrik paralaks ölçümünün şematik gösterimi.

Ölçüm hassasiyeti, *paralaks faktörü* olarak adlandırılan, gökyüzü düzlemi üzerindeki paralaks elipsinin iz düşümüne bağlı olarak ekliptik kutuptan ekvatora doğru azalır. Paralaks faktörü, ekliptik enlemin ve Güneş ve uzaklığı ölçülmek istenen yıldızın yönleri arasındaki boylamın bir fonksiyonudur. Ayrıca trigonometrik paralakslardaki duyarlılığın belirlenmesinde ölçülen paralaks hatasının (σ_π) ölçülen paralaks (π) değerine oranını ifade eden rölatif paralaks (σ_π/π) değeri kullanılmakta olup en duyarlı verilerin seçiminde önemli rol oynamaktadır.

Bu teknik ilk olarak 1838 yılında, 61 Cygni yıldızı için 10.4 ışık yılı mesafesini ölçen Alman matematikçi ve astronom Friedrich Wilhelm Bessel tarafından uygulandı. Friedrich Wilhelm Bessel'in çalışması yayımlanmadan önce, Baltık-Alman gökbilimci Friedrich George Wilhelm von Struve, Vega için şaşırtıcı bir şekilde, bugünlerde $0''.129$ olan, kabul edilebilir değere yakın olan $\pi = 0''.125$ paralaks ölçümünü açıklamıştı. Ancak, daha sonra hesapladığı sonucun iki katını kabul ederek yıldızın Güneş'e uzaklığını yeniden tayin etmiştir. Bu da yıldız için hesaplanan uzaklık değerini oldukça etkilediği için çalışmasına şüphe getirmiştir. Böylece Friedrich Wilhelm Bessel, genel olarak yayımlanan ilk trigonometrik paralaks ölçümüyle literatürde itibar kazanmış oldu. Trigonometrik paralaks yöntemini kullanan ikinci bir araştırmacı İskoç astronom Thomas Henderson olup trigonometrik paralaks ölçümlerine dayanarak α Centauri'nin Güneş'e uzaklığını 3.25 ışık yılı olarak hesaplamıştır. Bu değer günümüzde α Centauri için hesaplanan duyarlı ölçümlerden neredeyse %34 daha küçüktür. Güneş'e en yakın yıldız olan Proxima Centauri, 1.3 pc'lik bir uzaklığa karşılık gelen $\pi = 0''.77$ değerine sahiptir. Trigonometrik paralaks yönteminin ölçüm yöntemi kolay olsa da doğrusal olmayan ilişkiler içerdiğinden (Butkevich ve diğ., 2005) ölçülen trigonometrik paralakslardan gerçek uzaklıkların ve yıldızın mutlak parlaklıklarının hesaplanması kolay değildir (Smith ve Eichhorn 1996; Brown ve diğ., 1997; Kovalevsky 1998; Arenou ve Luri 1999). Yer tabanlı trigonometrik paralaks ölçümlerinde, gerçek paralaksa ait hatalar oldukça büyüktür; incelenen yıldızlar yakın olduğundan bu hatalar çoğu zaman hesaplamalarda ihmal edilir. Ayrıca uzaklık tayininde trigonometrik paralaks ölçümleri kullanıldığında, doğrusal olmayan belirsizlikler önem kazanmaktadır. Küçük hatalar için trigonometrik paralaks açılarındaki belirsizliklerin neden olduğu uzaklıklara ait birinci ve ikinci mertebeden belirsizlikler için (2.1) de verilen bağıntı kullanılır.

$$\delta d = \frac{\sigma_\pi}{\pi^2} (-1 + \frac{\sigma_\pi}{\pi}) \quad (2.1)$$

Ancak, yıldızların uzaklıkları yerine uzaklık modülleri dikkate alınırsa,

$$m - M = 5 \log d \text{ (kpc)} + 10 = 10 - 5 \log \pi \text{ (mas)} \quad (2.2)$$

bağıntısı elde edilir. Burada, m ve M , sırasıyla, yıldızın görünür ve mutlak parlaklıklarıdır. Trigonometrik paralaks ölçümlerindeki hataların uzaklık cinsinden ifadesi de,

$$\sigma(m - M) = -\frac{5}{\ln 10} \left[\frac{\sigma_\pi}{\pi} - 0.5 \left(\frac{\sigma_\pi}{\pi} \right)^2 \right] \quad (2.3)$$

şeklinde verilmektedir.

2.2.2. Tayfsal Paralaks

Birçok parlak yıldızın uzaklığı trigonometrik paralaks yöntemiyle tayin edilemeyecek kadar büyüktür. Bu durumda yıldızın uzaklığı tayfsal ve fotometrik yöntemler dikkate alınarak tespit edilebilir. Bir yıldızın tayfi alındığında, tayf analizi için gerekli olan normalizasyon ve tayf çizgi teşhisi yapıldıktan sonra yıldızın sıcaklığı, tayf türü ve ışınma gücü sınıfı kolaylıkla belirlenebilir. Fotometrik gözlem yöntemiyle de yıldızın B ve V filtrelerindeki parlaklıkları elde edilirse yıldızın V bandındaki görünen parlaklığı dışında $B-V$ renk indeksi de hesaplanabilir. Yıldızın tayf türü ve ışınma gücü sınıfı tayfsal yöntemler ile belirlendikten sonra yakın yıldızlara göre duyarlı parametrelerden oluşturulmuş klasik HR diyagramı üzerine yerleştirilen yıldızın M_V mutlak parlaklığı kolaylıkla belirlenebilir. Mutlak parlaklık belirsizliği de HR diyagramındaki ışınma gücü sınıfının kalınlığı dikkate alınarak tayin edilir. Buradan yıldızın V bandındaki görünen ve M_V mutlak parlaklığı Pogson bağıntısına yerleştirilerek yıldızın Güneş'e uzaklığı hesaplanır. Bu uzaklık tayin yöntemi *tayfsal paralaks* olarak bilinir.

2.2.3. Fotometrik Paralaks

Yıldızların uzaklıkları tayfsal olarak belirlenebildiği gibi fotometrik olarak da tayin edilebilir. *Fotometrik paralaks* yöntemi, trigonometrik paralaks verileri bulunan Güneş civarındaki yakın yıldızların Pogson bağıntısından hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla, yıldızların farklı fotometrik sistemlerde gözlenen renk indekslerine bağlı ilişkilerinin oluşturulmasıyla gerçekleştirilir. Bunun için seçilen yıldızların belirli bir fotometrik sistemdeki duyarlı gözlemleriyle trigonometrik paralakslarının ölçümlerine ihtiyaç duyulur. Örnek için seçilen yıldızların sayıları yanında geniş bir renk indeksi ve geniş bir mutlak parlaklık aralıklarında

tanımlı olması, oluşturulacak kalibrasyonların etkinliğini arttırmaktadır. Çoklu regresyon veya en küçük kareler yöntemiyle değişkenlerin katsayılarının belirlenmesi fotometrik paralaks yönteminde kullanılacak kalibrasyonların oluşturulmasında kullanılır. Fotometrik verileri elde edilen yıldızlar, ışıma gücüne göre üretilen kalibrasyonlara yerleştirilerek yıldızların mutlak parlaklıkları hesaplanır. Tayfsal paralaks yönteminde olduğu gibi yıldızın görünen ve mutlak parlaklıklarının Pogson formülünde yerine yazılmasıyla birlikte yıldızın uzaklığı tayin edilir.

2.2.4. Seküler Paralaks

Yakın yıldızların uzaklıklarını belirlemede kullanılan bir başka uzaklık ölçüm yöntemi de *seküler paralaks*tır. Bilindiği gibi Güneş'in yakın yıldızlara göre bir uzay hızı vardır. Coşkunoğlu ve diğ. (2011), Güneş'in yakın yıldızların Radyal Hız Deneyi (RAVE, RAdial Velocity Experiment; Steinmetz ve diğ. 2006) verilerinden hesaplanan uzay hız bileşenlerini $(U, V, W)_{\odot} = (8.83, 14.19, 6.57)$ km/sn olarak vermiştir. Bu uzay hızı bileşenlerinden Güneş'in toplam uzay hızı yaklaşık $S = 18$ km/sn hesaplanır ve Güneş'in bir yılda yakın yıldızlara göre alacağı yol yaklaşık 4 AB olur. Bu değer, Dünya ile Güneş arasında trigonometrik paralaks ölçümlerinin yapıldığı 1 AB uzaklıktan dört kat daha büyüktür ki bu da göreceli olarak daha uzaktaki yıldızların paralaks ölçümlerinin daha duyarlı yapılabilmesine fırsat vermektedir.

2.2.5. Zonklama Paralaksları

Zonklama yapan yıldızların uzaklıklarını fotometrik ve tayfsal yollardan belirleyen bu yöntem, genellikle *Baade-Wesselink* yöntemi ya da *yüzey parlaklık* yöntemi olarak da bilinir. Bu yöntem, değişen yıldızlar ile ilgili araştırmalara önemli katkılarda bulunan Alman/Amerikan astronom Walter Wilhelm Heinrich Baade ve Hollandalı/Amerikan astronom Adriaan J. Wesselink tarafından geliştirilmiştir.

Bir yıldızın etkin sıcaklığı ve ışıma gücü sınıfı tayfsal verilerinden ve görünen parlaklığı da fotometrik verilerden belirlenebilirse yıldızın uzaklığı Pogson bağıntısıyla hesaplanabilir. Yıldız yarıçaplarını belirlemede kullanılan en duyarlı gözlemler tutulma gösteren çift yıldız sistemlerinden gelir. Gözlenen yıldızların yarısından fazlası çift sistem olmalarına karşın, az sayıda çift sistem tutulma göstermektedir. Bu da çoğu yıldızın yarıçapının belirlenmesine bir sınırlama getirmektedir.

Sefeid veya RR Lyrae gibi bünyesel zonklama gösteren yıldızların ışık eğrilerinin analizinden dönemsel değişiklikleri belirlenip yıldızların yarıçapları hesaplanabilir. Ayrıca zonklayan yıldızlar tayfsal analizlerde ışık eğrilerine benzer bir dönemsel değişkenlik gösterir. Tayf çizgilerindeki bu değişkenlik yıldız atmosferinin genişleme ve büzülmesinden kaynaklanır. Bir yıldızın t_1 ile t_0 zaman aralığında parlaklığındaki değişim, yıldız atmosferinin genişleme veya daralma hızının integraliyle elde edilebilir.

$$\Delta r = -p \int_{t_0}^{t_1} v(t) dt \quad (2.4)$$

İntegralin önünde görülen negatif işaret, yıldızın yarıçapı arttığında tayfindaki çizgilerin maviye kaymasını gösterirken, p değeri de ölçülen radyal hızın yıldız diskinin farklı bölgelerinden gelmesi nedeniyle yıldız atmosferinin genişleme hızına tam olarak eşit olmadığını ifade etmektedir.

Zonklayan yıldızın t_0 zamanında r_0 yarıçapında ve t_1 zamanında r_1 yarıçapında olması durumunda görünen parlaklıktaki değişim şu şekilde verilmektedir.

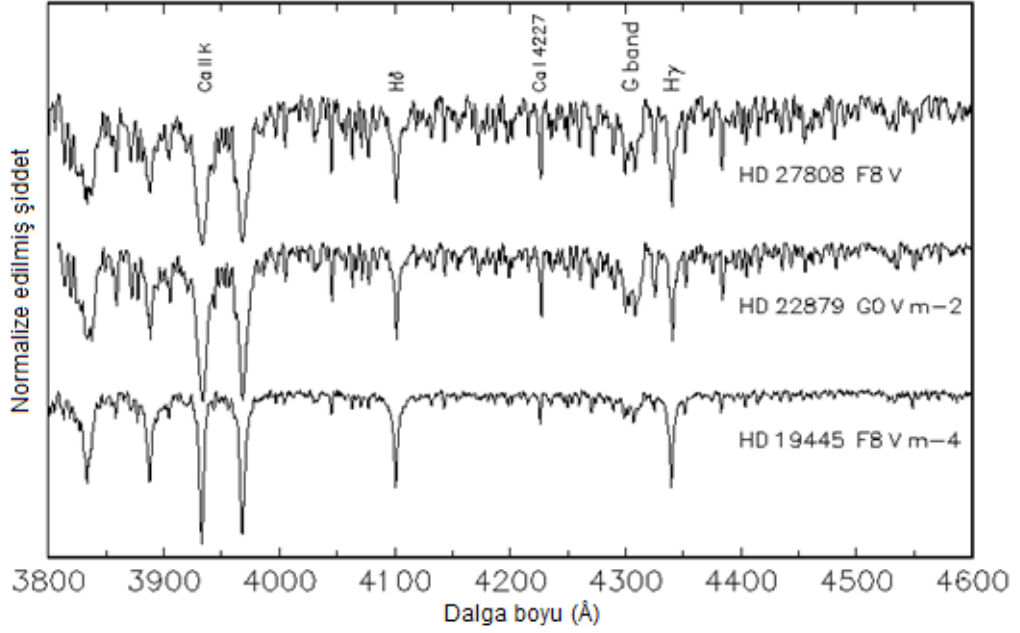
$$m_1 - m_0 = M_1 - M_0 = -2.5 \log(L_1/L_0) = -5 \log(r_1/r_0) - 10 \log(t_1/t_0) \quad (2.5)$$

Burada $r_1 = r_0 + \Delta r$ olduğundan, t_0 , t_1 ve tayftaki çizgi kaymalarını kullanarak Δr bulunursa, r_0 hesaplanabilir ve böylece toplam ışımaya gücü, başka bir deyiş ile yıldızın Güneş'e uzaklığı belirlenebilir.

2.3. F – G TAYF TÜRÜNDEKİ YILDIZLARIN GALAKSİNİN EVRİMİNDEKİ ROLÜ

Yıldız tayflarındaki soğurma çizgileri yıldızların etkin sıcaklığına duyarlı olduğundan yıldız tayfları kendi aralarında sınıflanabilir. Bu sınıflama ilk kez 1800'lü yılların sonlarında Harvard Üniversitesi Gözlemevi'nde gerçekleştirilmiş olup literatürde Harvard tayf sınıflaması olarak bilinir. Bu sınıflandırmaya göre, yıldızların tayf türleri OBFGKM şeklindedir. O tipinden M tipine gidildikçe yıldızların sıcaklıkları ve kütleleri sayısal olarak azalmaktadır. Buna göre, F ve G tayf türündeki yıldızların kütleleri $0.8 < M/M_\odot < 1.4$ iken, etkin sıcaklıkları da $5,000 < T_{eff} < 7,500$ K aralığında bulunur. Güneş, bu sınıflamaya göre, G2 tayf türünde bir anakol (V)

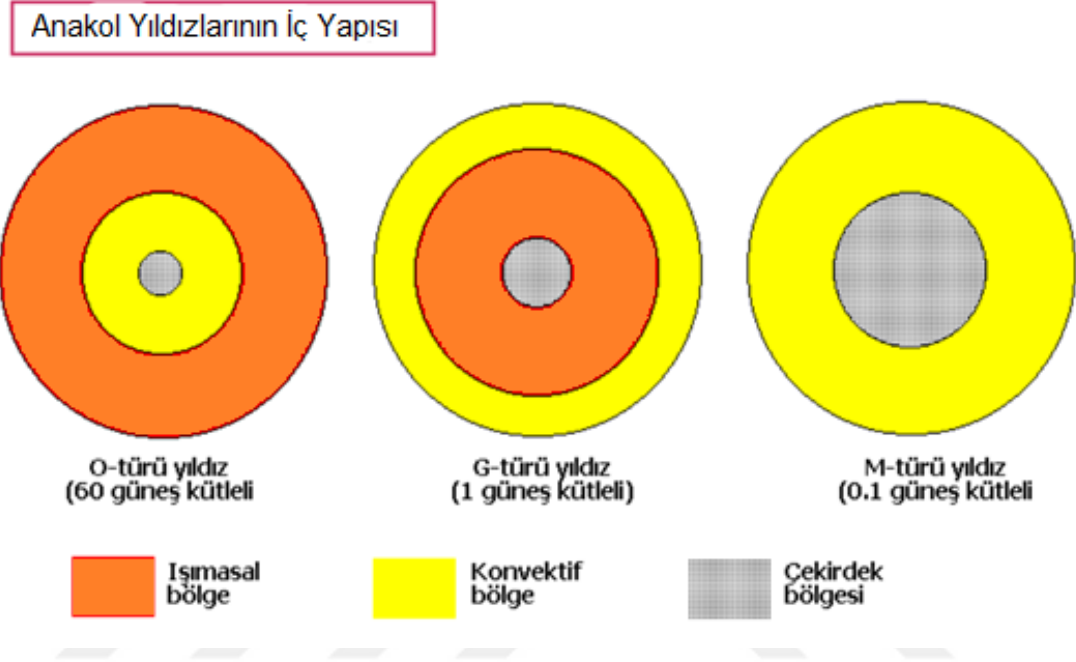
yıldızdır. HR diyagramında, parametreleri duyarlı tayin edilen F ve G tayf türündeki anakol yıldızları Güneş civarında bulunmaktadır. F tayf türündeki bir yıldızın tayfi incelendiğinde, zayıf Balmer çizgileri ve nötral metaller içeren birçok çizgi görülürken, Güneş gibi G tayf türündeki bir yıldızın tayfi analiz edildiğinde, yine zayıf Balmer çizgileri ve baskın şekilde iyonize kalsiyum çizgileriyle karşılaşılır (Şekil 2.9).



Şekil 2.9: F ve G tayf türündeki üç anakol yıldızın tayfları ve baskın çizgileri.

Anakol yıldızlarının iç yapıları kütlelerinin bir fonksiyonu olarak büyük, orta ve küçük kütleli olmak üzere üç grupta incelenir. Küçük kütleli yıldızların ($M/M_{\odot} \leq 0.5$) enerji iletim mekanizmaları incelendiğinde çekirdeklerinin radyatif, yıldız zarflarının ise tamamen konvektif olduğu görülür. Güneş gibi orta kütleli yıldızlarda ($0.5 < M/M_{\odot} \leq 5$) ise çekirdek radyatiftir. Fakat yıldız zarfında çekirdeğe yakın bir bölgeden üst katmanlara doğru geniş bir radyasyon kuşağı ve bu kuşağın üstünde de ince bir konvektif katman bulunur. Büyük kütleli yıldız ($M/M_{\odot} > 5$) söz konusu olduğunda yıldız çekirdekleri konvektif, yıldız zarfları ise tamamen radyatiftir (Şekil 2.10). Orta tayf türündeki yıldızların dış kısımlarında görülen konvektif tabaka derin olmadığından, yıldızın iç kısımlarındaki ağır elementlerin yıldız atmosferine ulaşarak orijinal kimyasal yapısını etkileyebilecek bir durum söz konusu değildir. Ayrıca F ve G tayf türündeki yıldızların anakol bandında kalma süreleri kütlelerine bağlı olduğundan anakoldan ayrılmaları için en az 8 Gyıl gibi bir süreye ihtiyaçları vardır. Bu da Galaktik arkeolojinin incelenmesi açısından son derece önemlidir. Çünkü orta tayf türündeki yıldızlar yeterince uzun yaşamaları

ve bu süreç içinde kimyasal yapılarındaki değişimleri yıldız atmosferlerine taşımamaları, onların Galaksi diskinin oluşum ve evriminin anlaşılmasında en önemli nesnelere olarak karşımıza çıkmasını sağlar.

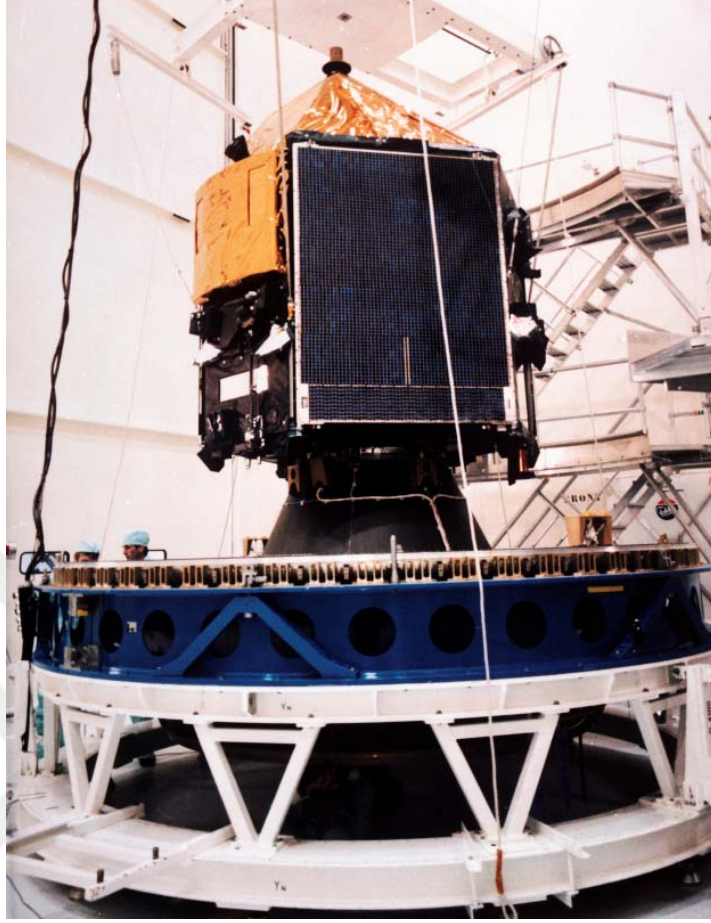


Şekil 2.10: Tayf türlerine göre yıldızların iç yapılarındaki iletim mekanizmasını gösteren bir çizim.

2.4. GÜNEŞ CİVARINI İNCELEYEN ASTROMETRİK UYDULAR

2.4.1. *Hipparcos* Uydusu

Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın *Hipparcos* uzay astrometrik görevi, Güneş civarındaki yüz binden fazla yıldızın yüksek duyarlılıkla, bir milyondan fazla yıldızın da daha az duyarlılıkla konumlarını belirleyen öncü bir projesidir (Şekil 2.11). Ağustos 1989 tarihinde fırlatılan *Hipparcos* uydusu, Dünya üzerindeki yörüngesinde Mart 1993 tarihine kadar faaliyette kalmıştır. Yapılan fotometrik gözlemler sonucunda 118,218 yıldızın yüksek duyarlılıklı astrometrik ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar *Hipparcos* kataloğu adıyla literatüre kazandırılmıştır (ESA, 1997). Ayrıca daha sönük 1,052,332 yıldızın konumsal ve öz hareket verilerini içeren bir başka veri seti de Tycho kataloğudur. Görünen parlaklıkları $V = 11$ kadirine kadarki tüm yıldızların %99'unu içeren Tycho 2 kataloğu Hog ve diğ. (2000) tarafından derlenmiştir.



Şekil 2.11: Uzaya fırlatılmadan önce *Hipparcos* uydusunun Fransız Guyana'sı Kourou'da çekilen son fotoğrafı.

Hipparcos uydu gözlemleriyle, Einstein'ın yer çekiminin yıldız ışığı üzerindeki etkisini tahmin ettiği doğrulandı, Samanyolu'nun şeklinin değiştiği keşfedildi ve Shoemaker-Levy kuyruklu yıldızının Jüpiter ile 1994 yılında etkileşebileceği öngörüler yapıldı.

Hipparcos uydusunda kullanılan Schmidt teleskobunun ayna çapı 290 mm ve odak uzaklığı 1,400 mm'dir. Uydunun gözlem hassasiyeti 1 ile 2 mili yay saniyesi olarak tasarlanmıştır. Gözlemlerde kullanılacak enerji için Güneş panellerinden yararlanılmıştır. Ayrıca uydu üzerinde verilerin yer istasyonuna iletimi için s-band anten kullanılmıştır. Uydunun yük ağırlığı yaklaşık 0.5 tondur. Uydu, uzaya gönderilişinde meydana gelen motor arızasından dolayı istenen yörüngeye yerleştirilememiş ve bu nedenle ömrü planlanandan daha kısa olmuştur. Bu da *Hipparcos* uydu görevinin yeniden tasarlanmasına yol açmıştır (Clausen 1989, Clausen, Perryman 1990, Perryman 1991).

Hipparcos uydusu, gökyüzünü 58°'lik bölümlere ayrılmış olarak iki farklı yönde taramıştır. Hassasiyet derecesinin yüksek olması için görüş alanı içinde yıldızların ayırımına izin vererek, görüntü 3,000 paralel yarık ile bir ızgara içine bölüştürülmüştür. Uydu, bir tam dönüşünü iki saat içinde tamamlayacak şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda, rotasyon ekseninin sürekli olarak yavaş bir şekilde değişmesi için kontrol edilmiştir. Bu şekilde, teleskop planlanan görevi sırasında birkaç kez tüm gökyüzünü tarayabilmiştir. Teleskop gökyüzünü tararken, yıldız ışığı yarık sistemi tarafından modüle edilmiş ve bu ışık, 1,200 Hz'lik frekansta bir görüntü-parçalayıcı-tüp dedektörü tarafından örneklenmiştir. Detektör, gökyüzünde yaklaşık 38" çapında bir alan gözlemek üzere tasarlanmıştır.

Ana cihaza ek olarak (yaklaşık 12 kadire kadar yüz bin civarında yıldız ölçmek için tasarlanmış), yük duyarlı gerçek zamanlı uydu hareketinin belirlenmesine izin veren verileri sağlamak için yıldız eşleyicileri içermektedir. Yıldız eşleyicileri iki tane dört yarıktan oluşmaktadır. Her bir yarık, yıldız görüntüleri ızgara boyunca hareket ettikçe, uydu davranışının detektör sinyallerinden türetilbileceği şekilde ayarlanmıştır. Modüle edilmiş ışık sinyali, iki foto-çoğaltıcı tüp tarafından foton sayımlarına dönüştürülmüştür.

Ana dedektörden sayısallaştırılmış foton sayımları yer istasyonlarına gönderilmiştir. Uydunun yıldız eşleyicileri ve diğer ön işlem verilerinin ilgili durum bilgisiyle birlikte, birleşik görüş alanları içinde mevcut olan yıldız görüntülerinin göreceli fazları türetilmiştir. Veri işleme, yer üzerindeki istasyonlarda gerçekleştirilmiştir. Görev süresi boyunca toplanan verilerin tam bir analizi sonucunda, incelenen yıldız konumları, trigonometrik paralaksları ve öz hareketlerini içeren veriler iki farklı katalogda bilim dünyasına kazandırılmıştır (ESA 1997, Hog ve diğ. 2000).

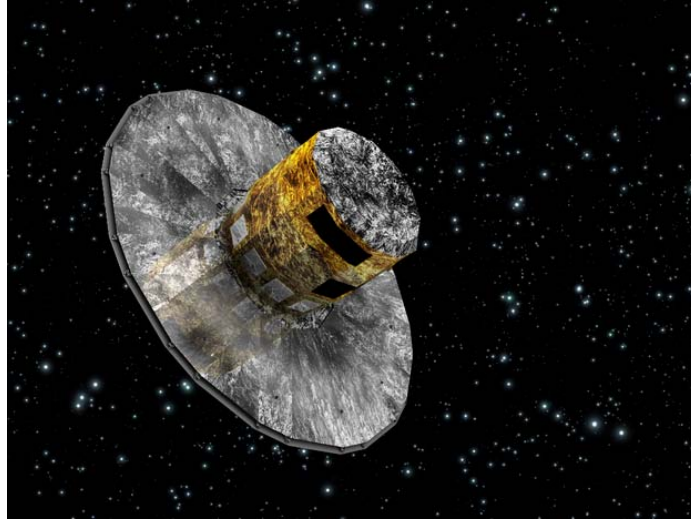
2.4.2. GAIA Uydusu

Gaia (Yunan mitolojisinde toprak ana) uydusu, bir milyardan fazla nesneden oluşan üç boyutlu bir uzay kataloğu ya da Samanyolu'ndaki yıldızların yaklaşık %1'ini derlemek amacıyla, Horizon 2000 Plus uzun vadeli bilimsel programın bir parçası olan ESA'nın temel uzay astrometrisi görevidir. *Gaia* uydusunun kökleri ESA'nın 1989 ile 1993 yılları arasında faal olan *Hipparcos* görevine dayanmaktadır. *Hipparcos* uydu görevinden yaklaşık 20 yıl sonra *Gaia*, her yıldızın konumunu ve hareketini *Hipparcos* uydusundan 200 kat daha duyarlı bir şekilde

ölçen ve önceki görevden 10,000 kat daha fazla veri üreten, milyonlarca nesneyi kataloglama görevine başlamıştır.

"*GALIA*" adı orijinal olarak Astrofizik için Küresel Astrometrik İnterferometre (Global Astrometric Interferometer for Astrophysics) için bir kısaltma olarak oluşturuldu. Bu isim uzay aracında kullanılması planlanan optik interferometri tekniğini yansıtmaktaydı, fakat uydunun tasarlanma sürecinde çalışma yöntemindeki değişikliklere rağmen isimdeki kısaltma aynen korunmuştur.

Gaia uydusu, 19 Aralık 2013 tarihinde Fransız Guyanası'ndaki Kourou'daki Avrupa Uzay Üssü'nden bir Soyuz-STB/Fregat fırlatma aracıyla uzaya fırlatılmıştır. (Şekil 2.12) *Gaia* uydusunun görevi, hedef yıldızlarının her birini beş yıl boyunca ve $G = 20$ kadar parlaklığına kadar olan tüm nesnelere 70 kez izlemek ve konumlarını, uzaklıklarını, hareketlerini ve parlaklıktaki değişikliklerini kesin olarak listelemektedir. Ötegezegen ve kahverengi cüceler gibi yüzbinlerce yeni nesneyi keşfetmesi, Güneş Sistemi'ndeki yüzbinlerce asteroidi gözlemesi, yaklaşık 500,000 uzak kuazar üzerinde çalışması ve Albert Einstein'ın Genel Rölativite Teorisi için yeni sınamalar sunması görevleri arasında yer almaktadır.



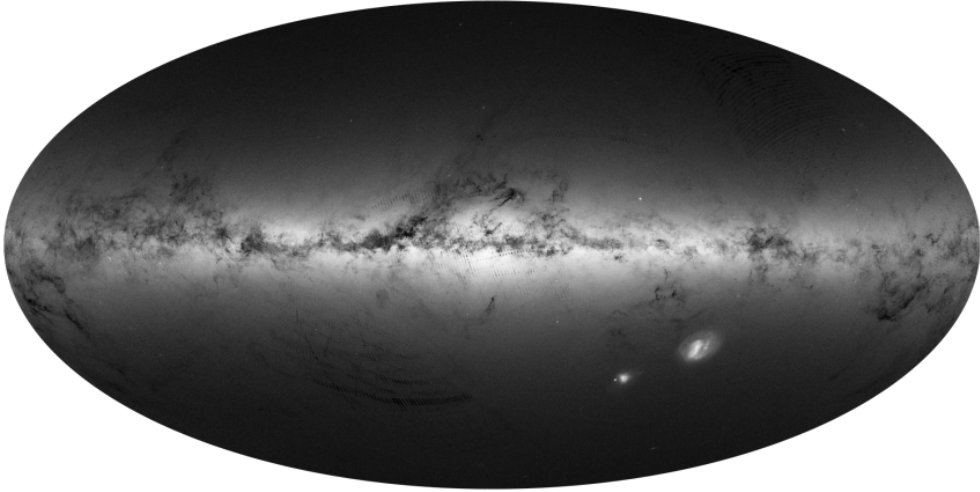
Şekil 2.12: *Gaia* uydusunun uzaydaki görünüşü.

Gaia bir uzay teleskobu ya da daha çok, birbirini tamamlayan iki uzay teleskobudur. Bu iki teleskop, *Gaia* uydusunun algılamaya yönelik ekipmanlarını toplamak, odaklamak ve yönlendirmek için çeşitli boyutlarda ve yüzey şekillerinde 10 ayna kullanır. Ana ekipman, bir

astrometre, gökyüzündeki yıldızların pozisyonlarını kesin olarak belirler; fotometreler ve spektrometreler ise ışığın analizi için tayflara yayılmasını sağlar.

Gaia uydusunun teleskopları, gökyüzünün iki farklı parçasını $106^\circ.5$ ile sabit olarak göstermektedir. Her biri yaklaşık 0.7 m^2 'lik bir toplama alanına sahip büyük bir birincil aynaya sahiptir. Yeryüzünde üretilen çoğu teleskobun aynaları yuvarlak biçimdeyken, *Gaia* uzay aracı içindeki sınırlı alanın en verimli kullanımını sağlamak için aynalar dikdörtgen şeklinde tasarlanmıştır. Modern astronomik standartlarda tasarlanmayan bu aynaların en büyük avantajı, yer atmosferinin görüntüler üzerindeki bozucu etkileri içermemesidir. Bu yolla uzaydaki küçük bir teleskop, Dünya'daki büyük bir teleskoptan daha duyarlı gözlemler yapabilir. *Gaia* uydusundan elde edilen ilk gökyüzü haritası Şekil 2.13'te gösterilmiştir.

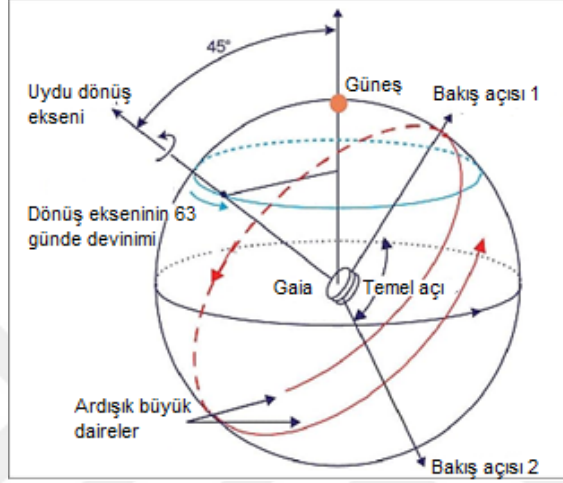
Gaia sadece 3.5m boyutlarındadır; bu nedenle ışığın hassas, özel yapılmış dedektörlere çarpmasından önce ışık huzmesini 35 metrelik toplam yol üzerinde odaklamak ve tekrar tekrar katlamak için üç adet kavisli ayna ve üç tane düz daire kullanılmıştır. *Gaia* uydusundaki teleskoplar ve dedektörler, çıplak gözle görülebilenlerden yaklaşık 400,000 kez daha az görülen nesnelere tespit edecek kadar güçlüdür.



Şekil 2.13: *Gaia* uydusundan elde edilen ilk gökyüzü haritası (Moitinho ve diğ., 2017).

Gaia, *Hipparcos* uydusu tarafından gösterilen küresel astrometri yöntemini kullanmaktadır. Bu gözlem yöntemi, gözlenen her nesnenin her yöne çok sayıda başka nesneye bağlı olduğu bir ağ içinde büyük açılarda mesafeler ile birleştirilmesine dayanmaktadır. Uzay aracı, her iki görüş

alanına dik bir dönme eksenini etrafında dakikada 1° 'lik sabit bir açısal hızla yavaş dönmekte ve bu da altı saat içinde gökyüzündeki büyük bir çemberi taraması anlamına gelmektedir. Uzak aracının dönüş eksenini Güneş yönünden yaklaşık 45° 'lik bir açı yapar (Şekil 2.14). Dönemi 63.12 gün olan, Dünya'dan Güneş'e doğru yönelimin yavaş bir şekilde gerçekleşmesi, uydunun beş yıllık görev süresi boyunca ortalama olarak 86 geçişi olan nesnelere gözlenmesini sağlar.



Şekil 2.14: *Gaia* uydusunun gökyüzünü tarama prensibine ait çizim.

Gaia uydusu, fırlatıldığından bu yana iki kez veri salınımı yapmış olup, bunlardan ilki 14 Eylül 2016 (DR1; *Gaia* çalışanları, 2016)'da, ikincisi de 25 Nisan 2018 (DR2; *Gaia* çalışanları, 2018) tarihindedir.

Gaia uydusunun ilk veri salınımında yayımlanan ölçümler (*Gaia* çalışanları, 2016);

- Sadece *Gaia* verileri kullanılarak 1.1 milyar yıldız için konumlar ve *Gaia* 'G' bandındaki parlaklıklar.
- TGAS (*Tycho-Gaia* Astrometric Solution) kullanılarak iki milyondan fazla yıldız için konumlar, paralakslar ve öz hareketler.
- Yaklaşık 3,000 değişen yıldız için ışık eğrileri ve özellikleri.
- 2,000'den fazla kuazar için konum ve *G* parlaklıkları.

Gaia uydusundan sağlanan verilerin ikinci salınımından (DR2; *Gaia* çalışanları, 2018) elde edilen bilgilere kısa bir bakış yapıldığında;

- Yaklaşık 1.7 milyar yıldız için konumlar ve *G* parlaklıkları.

- 1.3 milyardan fazla yıldız için paralakslar, öz hareketler ve BP/RP (mavi/kırmızı fotometre) renk indeksleri.
- Yedi milyondan fazla yıldızın radyal hızları.
- Yüzey sıcaklığı (161 milyon yıldız), sönmleme ve kızarma (87 milyon yıldız), yarıçap ve ışım gücü (76 milyon yıldız) gibi astrofiziksel parametreler.
- Yaklaşık yarım milyon değışen yıldız için ışık eğrileri ve sınıflandırmaları.
- 1.5 milyondan fazla gözlemden yola çıkarak, 14,099 bilinen Güneş Sistemi nesnesinin (esas olarak asteroidler) konumları ve gözlemleri.
- Yarım milyondan fazla kuazar için konum ve G parlaklıkları.

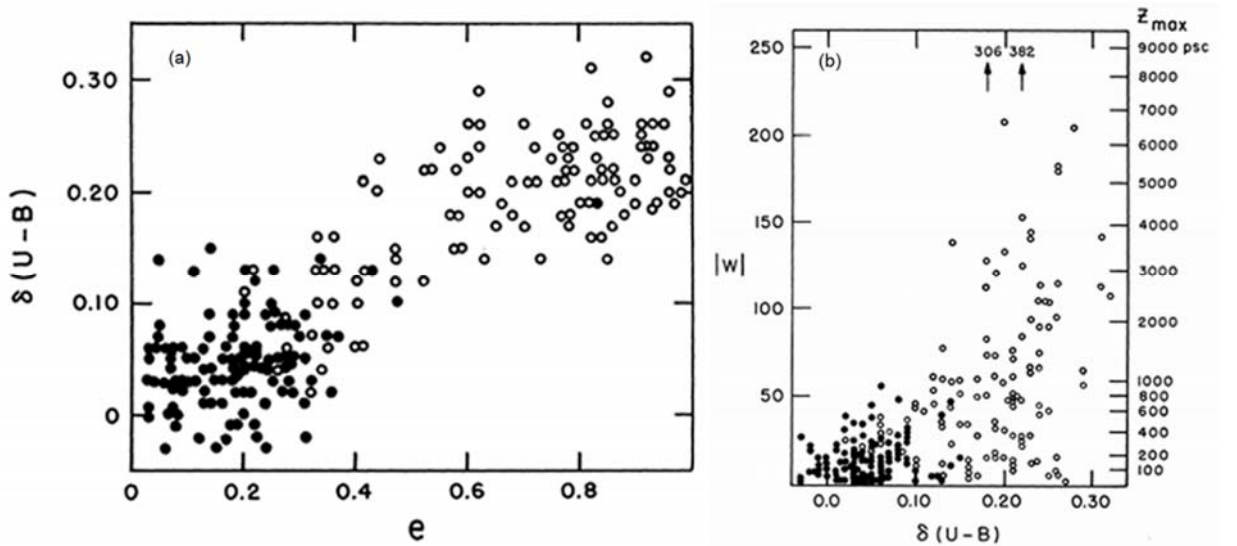
2.5. SAMANYOLU'NUN OLUŞUM MODELLERİ

Gelişen teknolojiyle birlikte dedektörlerin hassasiyetlerinin artması, daha uzaktaki yıldızlardan gelen akının incelenmesine fırsat vermiştir. Bu da Samanyolu'nda daha sönük yıldızların gözlenmesine olanak sağlamıştır. Sönük yıldızlardan gelen verilerin analizleri de Galaksimizin yapısının araştırılması yanında oluşumu ve evrimine yönelik modellerin gözlemsel olarak sınanmasına fırsat yaratmıştır. Samanyolu'nun ilk oluşum modeli Eggen, Lynden-Bell ve Sandage (ELS, 1962)'in öncü çalışmasıyla başlatılmıştır. ELS modelini daha sonra Searle ve Zinn (SZ, 1978) modeli takip etmiştir.

2.5.1. ELS Modeli

ELS modelinde (1962), Güneş civarında duyarlı gözlemleri yapılmış 221 anakol yıldızının fotometrik, tayfsal ve astrometrik gözlemleri yapılarak yıldızların parlaklıkları, renk indeksleri, radyal hızları, metal bollukları, öz hareket ve trigonometrik paralaksları belirlenmiştir. Bu verilerden yıldızların uzay hızları (U , V , W) ve Galaktik yörünge parametreleri tayin edilerek, seçilmiş anakol yıldızlarının kinematiği, metal bolluğu, Galaktik yörünge parametreleri ve açısal momentumları arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan analizler neticesinde yıldızların yörünge basıklıklarıyla, mor-ötesi artıkları (metal bolluğu) arasında güçlü uyumun bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.15a). Bu ilişkiye göre mor-ötesi artıkları büyük olan anakol yıldızlarının (metalce fakir) çok basık Galaktik yörüngeler üzerinde dolandıkları, buna karşın mor-ötesi artıkları (metalce zengin) küçük olan anakol yıldızlarının ise çember yörüngelerde dolandıkları tespit edilmiştir. Yıldızların Galaktik düzleme dik doğrultuda ölçülen W uzay hız bileşeninin de mor ötesi artıklar ile ilişkili olduğu görülmüştür (Şekil 2.15b). Benzer durum

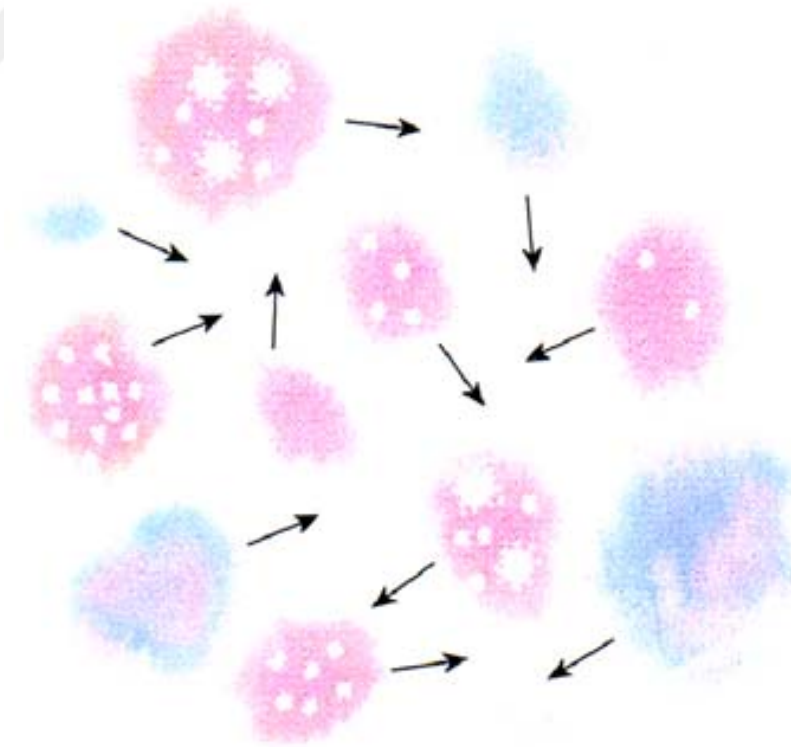
yıldızların yörünge açıl momentumlarında da tespit edilmiştir. Buna göre mor-ötesi artığı büyük olan anakol yıldızlarının yörünge açıl momentumu küçükken, mor-ötesi artıkları küçük olanların ise yörünge açıl momentumlarının büyük olduğu görülmüştür. Çalışmada elde edilen tüm bulgular dikkate alındığında Galaksimizde en az iki farklı popülasyon türünün bulunduğu sonucu ortaya konmuştur. Metalce fakir, basık Galaktik yörüngeli anakol yıldızları Galaksimizin halosuna aitken, metalce zengin, çember yörüngelerde dolanan yıldızların ise Galaksi diskine üye oldukları belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen ilişkiler dikkate alındığında, çökmekte olan ilkel Galaktik bulutun çökmesi esnasında (~200 Myıl) önce en yaşlı yıldızlar (Pop II, metalce en fakir) oluşmuştur. Bu yıldızlar içinde büyük kütleli olanlar yıldız evriminden dolayı hızla evrimleşerek çekirdeklerinde üretmiş oldukları ağır elementleri süpernova patlamaları geçirerek yıldızlararası ortama bırakmışlardır. Zaman içerisinde hem metalce fakir ilkel Galaktik bulutun maddesi hem de büyük kütleli yaşlı yıldızların süpernova patlamalarıyla oluşturduğu ağır elementler, açıl momentumun korunumuna uygun olarak Galaktik düzleme çökmüş ve hızlarını arttırmıştır. Bu maddelerin bir araya gelmeleriyle büyük kütleli molekül bulutlarını oluşturmaları zaman içerisinde ikinci kuşak yıldızların (Pop I, metalce zengin) oluşmalarına neden olmuştur. Yeni kuşak yıldızlar metalce zengin ve Galaksi merkezi etrafından çember yörüngelerde dolanmaktadır. Bu senaryoya göre halodaki yıldızlar ile disk yıldızlarının metal bollukları arasında belirgin bir fark bulunmaktadır ki bu da metal bolluğu gradyantlerinin bulunmasını gerektirir.



Şekil 2.15: Güneş civarından seçilen 221 anakol yıldızının mor-ötesi artığının, yörünge basıklıklarıyla (a) ve W uzay hızı bileşeniyle (b) olan ilişkileri.

2.5.2. SZ Modeli

Samanyolu'nun oluşumuna yönelik ikinci bir model Searle ve Zinn (SZ, 1978) tarafından ortaya konmuştur. ELS (1962) modelinden sonra Samanyolu'nun halosundaki küresel kümelerin farklı metal bolluklarında ve farklı yaşlarda oldukları belirlenmiştir. SZ (1978), düşük çözünürlüklü tayfsal taramaların kızarmadan bağımsız özelliklerine dayanan yeni bir bolluk belirleme yöntemini, Galaksi merkezinden $d = 8$ kpc ötede bulunan 19 küresel kümedeki 177 kırmızı dev yıldız uygulamıştır. Analizler sonucunda yıldızların farklı metal bolluklarında ve geniş bir yaş aralığında buldukları görülmüştür. Bu durum karşısında SZ (1978), Samanyolu'nun tek bir bulutun çökmesinden değil de birden fazla gaz bulutunun (Şekil 2.16) birleşip ELS modelinde önerilen çökme zamanından daha uzun bir sürede (yaklaşık 10^9 yıl) çökerek meydana geldiğini savunmuşlardır. SZ modeli Galaktik halodaki küresel kümelerin metal bolluklarında gözlenen farklılıkları açıklamaya yardımcı olmaktadır. Gaz bulutlarının her biri farklı kimyasal yapıya ve yaşa sahip olduğu için bazıları diğerlerinden daha fazla evrimleşmiş ve bu yüzden daha zengin metal bolluğuna sahip yıldızlar oluşturmuş olabilir.



Şekil 2.16: SZ modeline (1978) göre birden fazla gaz bulutunun birleşmesini gösteren şematik çizim.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Yüksek lisans tez çalışmasında; tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı olan Güneş civarındaki yıldızlar derlenerek *UBV* fotometrik sistemi için duyarlı metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulması hedeflenmiştir. Kalibrasyonların elde edilmesiyle birlikte tez çalışmasında SA 141 yıldız alanında farklı popülasyonlarda bulunan yıldızlara bu kalibrasyonlar uygulanarak Galaktik düzleme dik doğrultudaki farklı uzaklıklar için metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır. Kalibrasyonların hazırlanmasında öncelik, model atmosfer parametreleri ve trigonometrik paralaksları iyi ölçülmüş Güneş civarındaki yakın yıldızlara verilmiştir. Literatürde, tayfsal ve astrometrik verileri belirlenmiş yakın yıldızların ise ancak *UBV* fotometrik sisteminde parlaklık ve renk indeksleri bulunmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan veri ve yöntemler farklı başlıklar altında verilmiştir.

3.1. VERİLER

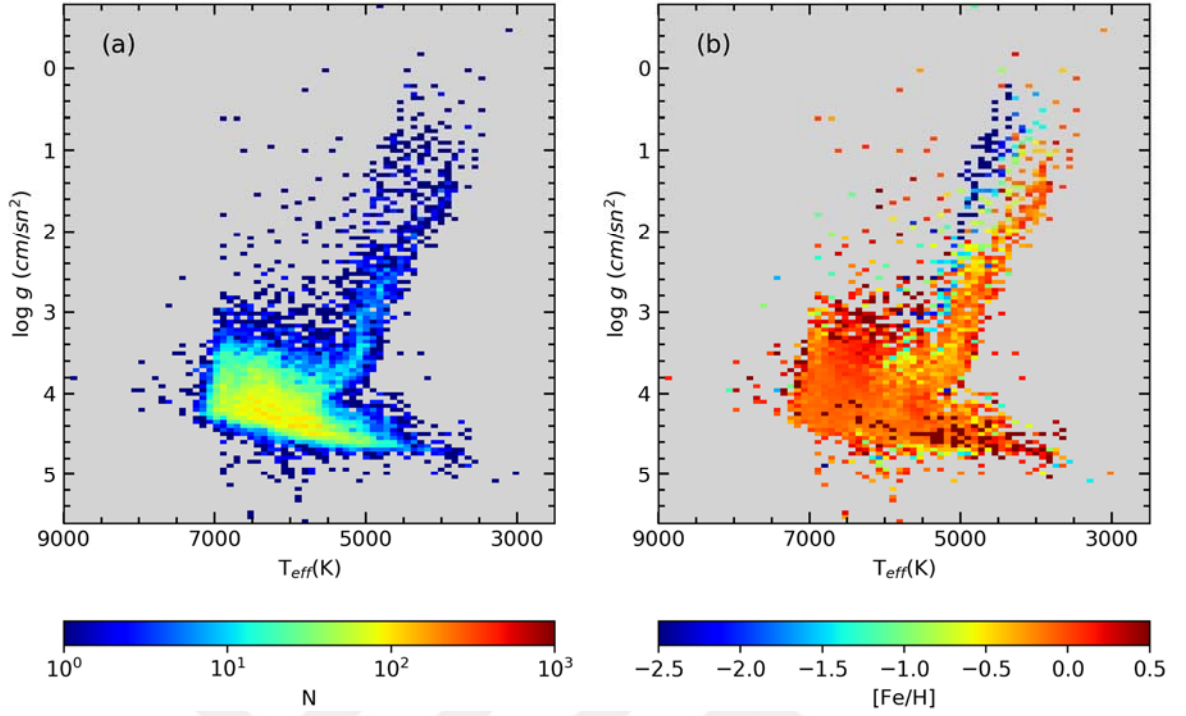
Yüksek lisans tez çalışmasında iki farklı veri setinden yararlanılmıştır. İlk veri seti, çalışmada hedeflenen metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulmasında, ikinci veri seti de çalışmanın ilk kısmında elde edilen kalibrasyonların bir yıldız alanına uygulanmasında kullanılmıştır.

3.1.1. Metal Bolluğu ve Mutlak Parlaklık Kalibrasyonlarına ait Veriler

Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulması planlanan kalibrasyonlar için öncelikle literatürdeki çalışmalardan derlenen tayfsal, fotometrik ve astrometrik veriler dikkate alınmıştır. Literatürden derlenecek tayfsal veriler için (T_{eff} , $\log g$ ve $[Fe/H]$) güncel çalışmalar ve kataloglar tercih edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda 2010 yılından günümüze kadarki tayfsal çalışmalardan 14 araştırma grubunun literatüre kazandırdığı yıldızlara ait trigonometrik paralaks (π) verilerinin seçiminde *Gaia* Veri Salınımı 2 (DR2; *Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) kataloğu dikkate alınmıştır. Son olarak, seçilen yıldızların *UBV* fotometrisindeki ölçümleri Mermilliod, Mermilliod ve Hauck (1997)'ın "*UBV* sisteminde homojenize edilmiş ortalamalar" isimli kataloğundan alınmıştır. Bu katalogta farklı tarihlerde farklı araştırmacılar tarafından ölçülmüş fotometrik veriler ile birlikte bu verilere ait ortalama parlaklık (V) ve renk indeksleri ($U-B$ ve $B-V$) bulunmaktadır. Tez çalışmasında ortalama değerler yerine yıldızların *UBV* fotometrik sisteminde ölçülmüş gerçek fotometrik verileri tercih edilmiştir.

Kalibrasyonların oluşturulmasında tayfsal veriler 14 araştırma grubundan sağlanmıştır (Ghezzi ve diğ., 2010; Nissen ve Schuster, 2010; Boesgaard ve diğ., 2011; Casagrande ve diğ., 2011; Milone ve diğ., 2011; Molenda-Zakowicz ve diğ., 2013; Bensby ve diğ., 2014; da Silva ve diğ., 2015; Sitnova ve diğ., 2015; Battistini ve Bensby, 2016; Maldonado ve Villaver, 2016; Luck, 2017; Beers ve diğ., 2017 ve Hinkel ve diğ., 2017). Bu çalışmalar incelendiğinde, 23,727 yıldızın geniş tayf türü aralığında ve farklı ışınma gücünde buldukları tespit edilmiştir. 14 araştırma grubundan sağlanan tayfsal veriler ile oluşturulan $T_{eff} \times \log g$ HR diyagramı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Şekil 3.1’in sol panelindeki yıldızlar, sayı yoğunluğuna göre, sağ panelindeki yıldızlar da metal bolluklarına ($[Fe/H]$) göre renklendirilmiştir. Yıldızların büyük kısmı yaklaşık $3,000 < T_{eff} < 8,000$ K sıcaklık aralığında anakol bandı içinde yer alırken, az sayıdaki yıldız HR diyagramının $3,750 < T_{eff} < 5,500$ K sıcaklık aralığındaki alt dev ve dev kollarında bulunmaktadır. Yıldızların metal bolluklarına göre renklendirilmiş şekli dikkate alındığında (Şekil 3.1b), anakol bandındaki yıldızların büyük kısmının $-0.5 < [Fe/H] \leq +0.5$ dex metal bolluğu aralığında bulunduğu görülmektedir. Dev kolundaki yıldızların metal bolluklarına göre dağılımlarına bakıldığında birkaç farklı grupta toplandıkları görülmekle birlikte zengin olanların daha kırmızı, fakir olanların ise daha mavi renkte oldukları tespit edilmiştir.

14 araştırma grubundan alınan tayfsal veriler incelendiğinde Güneş komşuluğundaki yıldızların detaylı model atmosfer parametreleri hesaplanarak Galaksi diskinin kimyasal ve kinematik yapısının araştırılması hedeflenmiştir. Bu türden yapılan araştırmalarda çok sayıda yıldızın yüksek sinyal/gürültü (S/N) oranlı ve yüksek çözünürlüklü (R) tayflarının alınması tercih edilmektedir. Araştırma gruplarının kullandıkları teleskoplar, inceledikleri yıldız sayıları, alınan tayfların R ve S/N ’leri Tablo 3.1’de verilmiştir. Tablo 3.1’den de görüleceği gibi 14 araştırma grubu içinde en çok yıldızın ($N = 16,682$) tayfsal analizinin yapıldığı çalışma Casagrande ve diğ. (2011)’e ait iken en az yıldızın ($N = 51$) analizinin ise Sitnova ve diğ. (2015) tarafından gerçekleştirildiği tespit edilmiştir. Farklı teleskoplardan alınan tayfların R değerleri farklı aralıklarda olmakla birlikte, en düşük çözünürlüklü çalışmalar Milone ve diğ. (2011) ile Ghezzi ve diğ. (2010)’ne aittir. Geriye kalan çalışmalarda tayfsal çözünürlük 20,000’in üstündedir. Tayf verilerinin S/N değerleri dikkate alındığında 10 ila 6,500 değerleri arasında olduğu görülmektedir ki bu veriler tayfsal çalışmaların sonucunda üretilen radyal hız ve model atmosfer parametrelerinin oldukça duyarlı tayin edildiğini gösterir.



Şekil 3.1: 14 araştırma grubundan alınan 23,727 yıldızın HR diyagramındaki (a) sayı yoğunluğuna ve (b) metal bolluğuna göre renklendirilmiş konumları.

Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde kullanılan 14 çalışmada hesaplanan model atmosfer parametrelerine ait aralıklar, parametrelerin hataları, incelenen yıldız sayıları ve çalışmalara ait yayın künyeleri Tablo 3.2’de listelenmiştir. Bu çalışmalardaki yıldızların etkin sıcaklıkları (T_{eff}) incelendiğinde çoğu araştırma grubunun orta tayf türündeki yıldızları inceledikleri görülmektedir. Yıldızların yüzey çekim ivmelerine ($\log g$) bakıldığında literatürden derlenen çalışmaların yarısının alt sınırlarının $\log g$ (cgs) = 3’ten diğer yarısının ise $\log g$ (cgs) = 0’dan başladığı ve $\log g$ (cgs) = 5 değerine kadar uzandığı tespit edilmiştir. Bu da tez çalışmasında dikkate alınan yıldızların geniş ışımaya gücü sınıfında bulunduğunu gösteren önemli bir kanıttır. Yıldızların hesaplanan metal bolluklarına ($[Fe/H]$) bakıldığında çoğunun $-3 < [Fe/H] < 0.5$ dex aralığında bulunmasına karşın sadece iki çalışma (Boesgaard ve diğ., 2011; Beers ve diğ., 2017) metal bollukları $[Fe/H] < -3$ dex daha fakir ölçülmüş yıldızları içermektedir. Genel olarak geniş bir metal bolluğu aralığındaki yıldızlar görülmesine karşın parlak oluşları yani Güneş komşuluğunda bulunmaları metal bollukları açısından Galaksi diskindeki karakteristiğe uygun bir dağılım göstermektedir. Yani yıldızların büyük kısmı $[Fe/H] > -0.5$ dex’ten daha zengindir. Metalce fakir yıldızların büyük kısmı Şekil 3.1b’den görüleceği gibi HR diyagramının dev kolunda yer almaktadır. Bu durum bir seçim etkisi bulunduğunu göstermektedir. İncelenen yıldızlar bir limit parlaklık içinde bulunduğundan en parlak üyelerin evrimleşmiş yıldızlar

(devler) olması gerekir ki bu yıldızlar da Galaksinin farklı bileşenlerinde yer alabilir. Fakat bu durum anakol yıldızları için geçerli değildir. Yüksek lisans tez çalışmasında az sayıda metalce fakir anakol yıldızının bulunacağını göstermektedir.

Tablo 3.1: 14 araştırma grubundan alınan 23,727 yıldızın gözleendiği teleskoplar ve yıldız tayflarına ait bilgiler.

Sıra	Yazar	<i>N</i>	<i>R</i>	<i>S/N</i>	Teleskop
1	Nissen ve Schuster (2010)	100	55,000	250 - 500	Nordic Optik Teleskobu (2.2m)
2	Ghezzi ve diğ. (2010)	265	12,000	>100	2.2m teleskop (La Silla)
3	Boesgaard ve diğ. (2011)	117	~42,000	106	Keck Gözlemevi
4	Casagrande ve diğ. (2011)	16,682	yüksek	yüksek	Danish 1.5 m'lik Teleskop ve Swiss 1m'lik Teleskop, ESO
5	Milone ve diğ. (2011)	752	1,000-10,000	10-550	Isaac Newton Teleskobu
6	Molenda-Zakowicz ve diğ. (2013)	221	25,000-46,000	80 - 6,500	NOT-ORM, 91cm-INAF-OAC, Mercator-ORM,TBL-OPM,CFHT-MKO
7	Bensby ve diğ. (2014)	714	40,000-110,000	150-300	Magellan Clay Teleskobu, Nordic Optik Teleskobu, ESO-VLT
8	da Silva ve diğ. (2015)	309	~42,000	>150	Haute Provence Gözlemevi
9	Sitnova ve diğ. (2015)	51	>60,000	70-100	Shane/Hamilton ve CFHT
10	Battistini ve Bensby (2016)	593	42,000-65,000	>200	Magellan Teleskop (6.5m), La Silla teleskopları (1.5m, 2.2m, 3.6m)
11	Maldonado ve Villaver (2016)	154	>57,000	107	Mercator, Nordic Optik Teleskobu (2.2m), Calar Alto Gözlemevi, Nazionale Galileo Teleskobu (TNG, 3.58m)
12	Luck (2017)	1,041	30,000-42,000	>75	McDonald Gözlemevi 2.1m Teleskobu
13	Beers ve diğ. (2017)	1,777	>40,000	>200	SSO 2.3m, KPNO 4m, CTIO 4m ve 1.5m, AAT 3.9m, ESO 3.6m,
14	Hinkel ve diğ. (2017)	951	35,000-120,000	>100	Magellan Clay Teleskobu (2.2m), Blanco Teleskobu (4m), ESO/MPI Teleskobu (2.2m) ve diğ.

Yüksek lisans tez çalışmasında astrometrik veriler *Gaia* uydu verilerinin DR2 kataloğundan alınmıştır (Gaia çalışanları ve diğ., 2018). 14 araştırma grubundan derlenen 23,727 yıldızın trigonometrik verileri yıldızların ekvatorial koordinatları (α , δ) dikkate alınarak Vizier¹ servisindeki X-Match² web tabanlı uygulama kullanılarak eşleştirilmiştir. Eşleştirilme sonucunda 22,111 yıldızın trigonometrik paralaksına ulaşılmıştır. Trigonometrik paralaks verisine ulaşamamış 1,616 yıldızın *Gaia* uydusunun parlaklık limitinin ($V < 3$ kadir) altındaki yıldızlar olduğu tespit edilmiştir. Astrometrik verilerine ulaşılan 22,111 yıldızın rölatif paralaks hatalarına (σ_{π}/π) göre oluşturulan histogram Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Yıldız örneğinin rölatif paralaks hataları incelendiğinde 0.105 değerine kadar ulaştığı saptanmıştır. Şekil 3.2'nin üst panelinde rölatif paralaks hatalarının birikimli histogramı gösterilmiş olup örnekteki yıldızların %68 ve %95'inin, sırasıyla, $\sigma_{\pi}/\pi = 0.005$ ve $\sigma_{\pi}/\pi = 0.05$ değerlerinde buldukları görülmüştür.

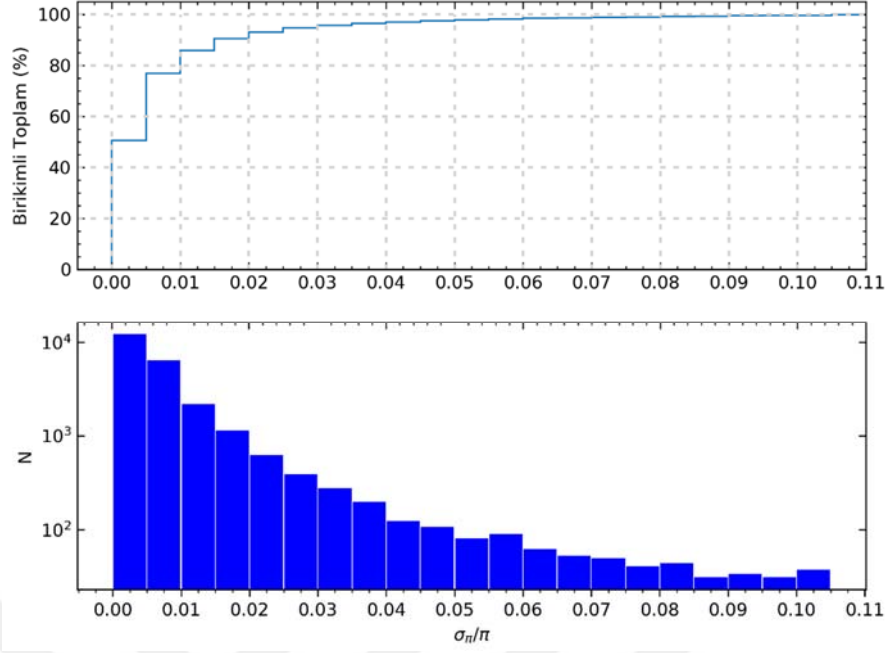
¹ <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR>

² <http://cdsxmatch.u-strasbg.fr/xmatch>

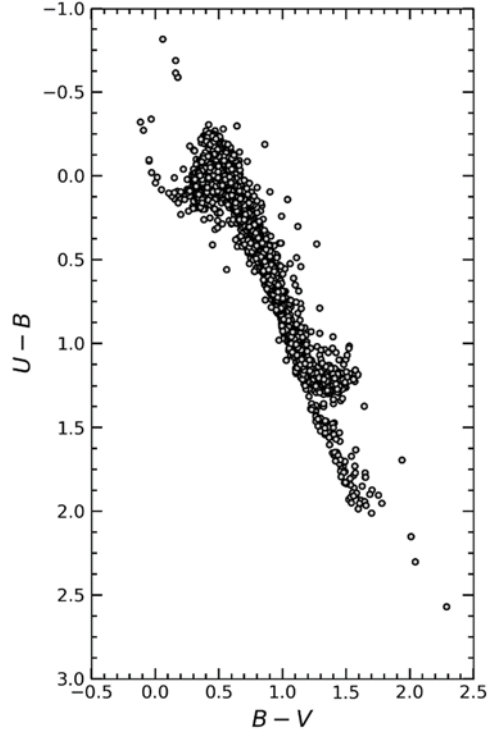
Tablo 3.2: Literatürden derlenen 23,727 yıldızın tayf analizlerinden hesaplanan model atmosfer parametrelerinin değişim aralıkları, parametrelerin belirsizlikleri ve çalışmaların yayın künyeleri.

Sıra	Yazarlar	N	T_{eff} (K)	σ_{Teff} (K)	$\log g$ (cgs)	$\sigma_{\log g}$ (cgs)	[Fe/H] (dex)	$\sigma_{[Fe/H]}$ (dex)
1	Nissen ve Schuster (2010)	100	[5,225; 6,293]	23	[3.64; 4.57]	0.04	[-1.60; -0.43]	0.04
2	Ghezzi ve diğ. (2010)	265	[4,790; 6,511]	80	[3.90; 4.64]	0.15	[-0.72; +0.46]	0.05
3	Boesgaard ve diğ. (2011)	117	[5,492; 6,405]	--	[3.04; 4.92]	--	[-3.45; -0.39]	0.09
4	Casagrande ve diğ. (2011)	16,682	[4,033; 7,258]	--	[0.59; 5.60]	--	[-2.38; +1.19]	--
5	Milone ve diğ. (2011)	752	[3,330; 11,704]	--	[0.00; 5.08]	--	[-2.86; +0.64]	--
6	Molenda-Zakowicz ve diğ. (2013)	221	[2,979; 7,800]	80	[0.14; 5.00]	0.12	[-2.58; +0.53]	0.06
7	Bensby ve diğ. (2014)	714	[4,818; 6,958]	56	[2.77; 4.76]	0.08	[-2.62; +0.41]	0.05
8	da Silva ve diğ. (2015)	309	[4,169; 6,503]	41	[1.04; 4.84]	0.21	[-0.75; +0.38]	0.06
9	Sitnova ve diğ. (2015)	51	[4,810; 6,600]	70	[3.12; 4.72]	0.12	[-2.62; +0.24]	0.06
10	Battistini ve Bensby (2016) Maldonado ve Villaver	593	[4,864; 6,940]	51	[3.00; 4.80]	0.07	[-2.62; +0.41]	0.05
11	(2016)	154	[4,187; 6,595]	20	[1.60; 4.72]	0.06	[-0.79; +0.49]	0.03
12	Luck (2017)	1,041	[3,644; 7,671]	48	[3.08; 5.00]	0.05-0.15	[-2.30; +1.05]	0.05-0.10
13	Beers ve diğ. (2017)	1,777	[4,360; 6,875]	125	[0.00; 4.89]	0.40	[-5.60; +0.24]	0.20
14	Hinkel ve diğ. (2017)	951	[3,595; 8,721]	--	[3.83; 5.05]	--	[-1.24; +0.67]	0.05

Tayfsal verileri bulunan 23,727 yıldızın UBV fotometrik verilerinin belirlenmesinde Mermilliod ve diğ. (1997)'nin oluşturduğu katalog kullanılmıştır. Yıldızların UBV parlaklık ve renk indekslerinin belirlenmesinde ekvatorial koordinatları (α , δ) Vizier servisindeki X-Match web tabanlı uygulamaya yerleştirilerek eşleştirme yapılmıştır. Eşleştirilme sonucunda 8,366 yıldızın UBV fotometrik sistemindeki parlaklık (V) ve renk indekslerine ($U-B$, $B-V$) ulaşılmıştır. Fotometrik verilerine ulaşılan 8,366 yıldızın $U-B \times B-V$ iki-renk diyagramı Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Şekilde, yıldızların iki farklı ışımada gücünde buldukları görülmektedir. UBV verilerine ulaşılan yıldızların büyük kısmının $-0.5 < U-B < 1.4$ ve $-0.1 < B-V < 1.65$ kadir renk indeksleri aralıklarında yer aldıkları görülmekte olup bu yıldızlar anakol bandı içinde bulunmaktadır. Aynı şekil üzerinde $1.4 < U-B < 2.6$ ve $1.2 < B-V < 2.45$ kadir renk indeksleri aralıklarında görülen kırmızı yıldızların da evrimleşmiş yıldızlar oldukları anlaşılmaktadır. Bu bilgi Şekil 3.1'de tayfsal verilere göre oluşturulan HR diyagramını fotometrik yönden desteklemektedir.



Şekil 3.2: 23,727 yıldız örneği içinde *Gaia* DR2 kataloğunda trigonometrik paralaks verilerine ulaşılan 22,111 yıldızın rölatif paralaks hataları (alt panel) ve bu hataların birikimli dağılımları (üst panel).



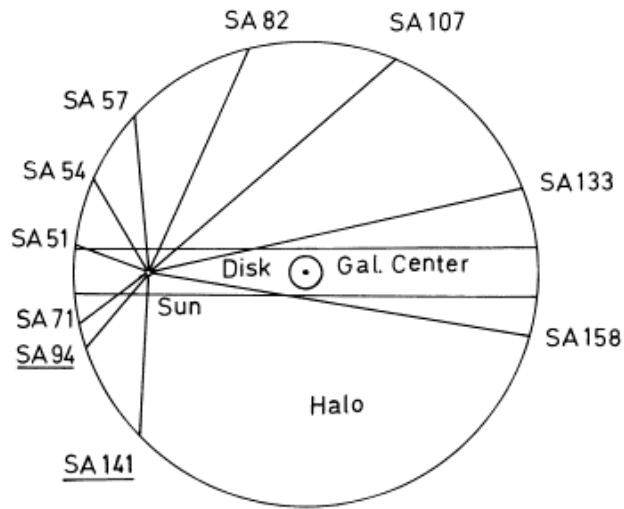
Şekil 3.3: *UBV* fotometrisindeki parlaklık ve renk indekslerine ulaşılan 8,366 yıldızın $U-B \times B-V$ iki-renk diyagramı.

3.1.2. SA 141 Yıldız Alanının *UBV* Fotometrik Verileri

Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan yeni fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonları, SA 141 yıldız alanında bulunan farklı Galaktik popülasyonlardaki yıldızların metal bollukları ve uzaklıklarının belirlenmesinde kullanılmış ve Galaktik düzlemden dik doğrultulardaki farklı uzaklıklar için metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır.

SA 141 yıldız alanı, literatürdeki bir çok çalışmada görülebileceği gibi *UBV* ve *RGU* fotometreleriyle incelenmiştir (Trefzger ve diğ. 1995; Gilmore ve Wyse, 1985). Siegel, Karataş ve Reid (2009), SA 141 yıldız alanını CCD *UBVRI* filtreleriyle gözlemiş ve alandaki orta tayf türündeki yıldızların fotometrik metal bolluklarını ve mutlak parlaklıklarını tayin etmiştir. Gözlemleri yapılan SA 141 yıldız alanının merkezi Galaktik koordinatları $(l, b) = (246^\circ.33, -85^\circ.83)$ ve büyüklüğü 1.3 derece kare olup güney Galaktik Kutup doğrultusuna çok yakın bir bölgede yer alır (Şekil 3.4). Siegel ve diğ. (2009), SA 141 yıldız alanında görünen parlaklıkları $12 < V < 22$ kadir aralığında bulunan 1,299 yıldızın CCD *UBVRI* fotometrik verilerini literatüre kazandırmıştır.

Yüksek Galaktik bir enlemde yer alan SA 141 yıldız alanı Galaktik diskin neden olduğu sönmüleme ve kızarmadan en az etkilenen bir bölgedir. Yıldız alanının bu özel konumundan dolayı, Galaktik düzleme dik doğrultudaki uzay yoğunluklarının hesabı, yıldızların kinematikleri ve Galaksinin kimyasal yapısının araştırılması açısından son derece önemlidir.



Şekil 3.4: SA 141 yıldız alanının Galaksi'deki konumu (Trefzger ve diğ. 1984).

3.2. YILDIZLARARASI KIZARMANIN HESAPLANMASI

Yıldızların fotometrik incelenmesinde yıldızlararası ortamın neden olduğu sönümlenme ve kızarma etkilerinin dikkate alınması gereklidir. Özellikle Galaktik düzlem doğrultusunda yoğunlaşan toz ve gaz, yıldızların görünen parlaklık ve renklerini oldukça etkilemektedir. Güneş'in spiral kollar arasında bir geçiş bölgesinde bulunması, yakın çevresindeki yıldızların fotometrik verilerinin yıldızlararası ortamdan daha az etkilenmesine yol açar. Yüksek lisans tez çalışmasında fotometrik verilerin yıldızlararası ortamın neden olduğu etkilerden arındırılması için Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in Samanyolu Galaksisi için oluşturdukları kızarma haritasından faydalanılmıştır. NASA/IPAC Infrared Science Archive'de¹ (IRSA) web sayfasında bulunan kızarma hesaplama aracı üzerinde, yıldızların ekvatorial koordinatları girilerek yıldız doğrultusunda Samanyolu'nun sınırına kadar ölçülmüş V bandı sönümlenme değerleri elde edilmiştir. Güneş ile yıldızlar arasındaki sönümlenmelerin belirlenebilmesi için Bahcall ve Soneira (1980)'nin bağıntısından faydalanılmıştır.

$$A_d(b) = A_\infty(b) \left(1 - e^{-\frac{|d \sin(b)|}{H}}\right) \quad (3.1)$$

Burada b yıldızın Galaktik enlemi, d yıldızın Güneş'ten olan uzaklığı, H tozun yükseklik ölçeği ($H=125$ pc; Marshall ve diğ., 2006), $A_\infty(b)$ yıldız doğrultusunda Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in verdiği V bandındaki sönümlenme değeri ve $A_d(b)$ de yıldız ile Güneş arasındaki uzaklık için indirgenmiş V bandı sönümlenme değeridir. Yıldızların $E_d(B-V)$ renk artıklarının hesaplanmasında Cardelli ve diğ. (1989)'nin bağıntısı kullanılmıştır.

$$E_d(B - V) = A_d(b)/3.1 \quad (3.2)$$

Yıldızların trigonometrik paralaksarı *Gaia* DR2 kataloğundan belirsizlikleriyle birlikte alınmıştır (Gaia çalışanları ve diğ., 2018). *Gaia* DR2 kataloğunda (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) yıldızların trigonometrik paralaksarı mili yay saniyesi (mas) biriminde verildiği için yıldızların Güneş'e uzaklıkları $d(\text{pc}) = 1000/\pi$ (mas) bağıntısıyla tayin edilmiştir. Yıldızların Johnson – Morgan fotometrisindeki (1953) $U-B$ ve $B-V$ renk indekslerinin kızarmadan ve V

¹ <https://irsa.ipac.caltech.edu/applications/DUST/>

görünen parlaklığının sönmülemmeden arındırılması için Garcia ve diğ., (1988) ve Cardelli ve diğ. (1989)'nin bağıntıları kullanılmıştır.

$$E_d(U - B) = 0.72E_d(B - V) + 0.05E_d^2(B - V), \quad (3.3)$$

$$(B - V)_0 = (B - V) - E_d(B - V), \quad (3.4)$$

$$(U - B)_0 = (U - B) - E_d(U - B), \quad (3.5)$$

$$V_0 = V - 3.1 \times E_d(B - V). \quad (3.6)$$

Yüksek lisans tez çalışmasında kalibrasyon oluşturulmasında ve elde edilen kalibrasyonların SA 141'deki yıldızların parlaklık (V) ve renk indekslerinin ($U-B$ ve $B-V$) yıldızlararası ortamın neden olduğu etkilerden arındırılmasında (3.3) – (3.6) bağıntıları kullanılmıştır.

3.3. KALİBRASYONLARIN OLUŞTURULMASINDA KULLANILAN İSTATİSTİK YÖNTEM

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmak ve modellemek için kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Regresyon, Dünya üzerindeki çoğu bilim dalındaki araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Yapılan gözlem veya deneyler sonucunda elde edilen bulguların iki boyutlu uzaydaki dağılımları arasında ilişkinin aranması *regresyon analizi* gerektirirken iki değişken grubu arasındaki ilişki de *korelasyon katsayısıyla* ifade edilir. Biri bağımsız (x_i) diğeri bağımlı (y_i) olmak üzere çok sayıda gözlem veya deney sonucu oluşturulan veri seti içinde bir ilişki kurulabilmesi için farklı bağıntılar ile regresyon tanımlanabilir. Bu bağıntılar doğrusal, polinom, kuvvet, üstel, logaritmik gibi matematiksel fonksiyonlar şeklinde de kullanılabilir. Bu fonksiyonları matematiksel olarak kabul edilebilmesi için sadece korelasyon katsayısı değil, parametrelerin fiziksel anlamlarının da dikkate alınması gereklidir. Bu nedenle fizik bilimi içinde doğrusal, tek fonksiyonlu veya düşük dereceden polinom bağıntıları tercih edilmektedir. Regresyon analizinin birçok kullanım alanı vardır. Bir gözlemde veya deneyde elde edilen bulguların ilişkileri regresyon ile tayin edildikten sonra istenen herhangi bir gözlem noktasına ait bağımlı değişken regresyon bağıntısı kullanılarak tayin edilebilir. Ayrıca bu bağıntı geçerli olduğu gözlem veya deney aralığı dışındaki bölgeler için bir tahminde bulunabilir. Fakat burada dikkat edilecek en önemli husus, gözlem veya deney aralığının dışında incelenecek bir nokta

için regresyondan belirlenen bağıntının gözlem aralığı dışında yeterince duyarlı çalışıp çalışmadığını dikkate almasıdır ki bunun için incelenecek noktanın son gözlem veya deney verilerine yeterince yakın olmalıdır.

Yapılan gözlem ve deneylerde birden çok değişkenin bulunması söz konusu olabilir. Yani birden çok değişken bir bağımlı değere etki edebilir. Bu şekilde yapılan gözlem veya deneyler sonucu oluşturan ilişki(ler) ancak *çoklu regresyon* analiz yöntemiyle hesaplanabilir.

Çoklu regresyon doğrusal modelinin oluşturulmasında yukarıda bahsedildiği gibi birden çok değişkene ihtiyaç duyulur ve

$$Y = X \cdot B + C \quad (3.7)$$

bağıntısı şeklinde ifade edilir. Burada Y ve X , sırasıyla, bağımlı ve bağımsız değişkenleri, B regresyon katsayısını ve C de hatalar matrisi olarak yazılabilir. Buna göre (3.7) bağıntısı

$$\begin{aligned} Y_1 &= \gamma_{01} + \gamma_{11}X_1 + \dots + \gamma_{q1}X_q + \varepsilon^{(1)} \\ Y_2 &= \gamma_{02} + \gamma_{12}X_1 + \dots + \gamma_{q2}X_q + \varepsilon^{(2)} \\ &= \dots + \dots + \dots + \dots \\ Y_p &= \gamma_{0p} + \gamma_{1p}X_1 + \dots + \gamma_{qp}X_p + \varepsilon^{(p)} \end{aligned} \quad (3.8)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada γ_{qp} değişkenlere ait parametreleri ve $\varepsilon^{(i)}$ hata matrislerini gösterir. Bağıntı (3.7)'de verilen çoklu doğrusal modelinde Y , X , B ve C matrisleri açık bir şekilde yazılırsa,

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1q} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nq} \end{pmatrix} = (1 \quad X_1 \quad X_2 \quad \dots \quad X_p) = \begin{pmatrix} X'_1 \\ X'_2 \\ \vdots \\ X'_n \end{pmatrix} \quad (3.9)$$

olur. Burada $1, n \times 1$ boyutlu birlerden meydana gelen vektör, X_1, \dots, X_q lar, $n \times 1$ boyutlu bağımsız değişkenler vektörü ve X'_1, \dots, X'_n lar $1 \times (1+q)$ boyutlu gözlemlerin vektörleridir.

Y bağımlı değişkeninin matrisi

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y'_1 \\ y'_2 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} = (Y_1 \quad Y_2 \quad \dots \quad Y_p) \quad (3.10)$$

şeklinde gösterilir. Burada Y matrisinin sütunları $n \times 1$ boyutlu Y_i ($i=1, \dots, p$) vektörleri ile ve Y matrisinin satırları da $1 \times p$ boyutlu y'_j ($j=1, \dots, n$) vektörleri ile verilmektedir. B regresyon katsayısı matrisi ise $(q+1) \times p$ boyutlu,

$$B = \begin{pmatrix} \gamma_{01} & \dots & \gamma_{0p} \\ \dots & \ddots & \dots \\ \gamma_{q1} & \dots & \gamma_{qp} \end{pmatrix} = (\gamma^{(1)} \quad \gamma^{(2)} \quad \dots \quad \gamma^{(p)}) = \begin{pmatrix} \gamma'_1 \\ \gamma'_2 \\ \vdots \\ \gamma'_n \end{pmatrix} \quad (3.11)$$

şeklindedir. C hata matrisi, $n \times p$ boyutlu,

$$C = \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \dots & \varepsilon_{1p} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \dots & \varepsilon_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{n1} & \varepsilon_{n2} & \dots & \varepsilon_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \varepsilon'_1 \\ \varepsilon'_2 \\ \vdots \\ \varepsilon'_n \end{pmatrix} = (\varepsilon^{(1)} \quad \varepsilon^{(2)} \quad \dots \quad \varepsilon^{(p)}) \quad (3.12)$$

olarak verilir.

Bu matris gösterimleriyle beraber (3.8) ile verilen bağıntılar $Y_i = X\gamma^{(i)} + \varepsilon^{(i)}$ ($i = 1, \dots, p$) olarak ya da matris olarak

$$\begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{np} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1q} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nq} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma_{01} & \gamma_{02} & \dots & \gamma_{0p} \\ \gamma_{11} & \gamma_{12} & \dots & \gamma_{1p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{q1} & \gamma_{q2} & \dots & \gamma_{qp} \end{pmatrix}$$

$$+ \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \dots & \varepsilon_{1p} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \dots & \varepsilon_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{n1} & \varepsilon_{n2} & \dots & \varepsilon_{nq} \end{pmatrix} \quad (3.13)$$

şeklinde gösterilebilir.

Yüksek lisans tez çalışmasında fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulmasında metal bolluğu için

$$[\text{Fe}/\text{H}] = a_1(U-B)_0^2 + b_1(B-V)_0^2 + c_1(U-B)_0 \times (B-V)_0 + d_1(U-B)_0 + e_1(B-V)_0 + f_1 \quad (3.14)$$

ve mutlak parlaklık tayinin de

$$M_V = a_2(U-B)_0^2 + b_2(B-V)_0^2 + c_2(U-B)_0 \times (B-V)_0 + d_2(U-B)_0 + e_2(B-V)_0 + f_2 \quad (3.15)$$

bağıntılarının kullanılması planlanmıştır. Burada $[\text{Fe}/\text{H}]$ ve M_V , sırasıyla, metal bolluğu ve V bandındaki mutlak parlaklığı, $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ ifadeleri de yıldızların kızarmadan arındırılmış renk indekslerini göstermektedir. Değişkenlerin önlerindeki katsayılar ($a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, i = 1, 2$) çoklu regresyon yöntemiyle tayin edilecek parametreleri temsil etmektedir. Mutlak parlaklık hesaplamasında kullanılan bu formülasyon biçimi (Bağıntı 3.15) Bilir ve diğ. (2008; 2009)'nin UBV , 2MASS ve SDSS fotometrik çalışmalarındaki anakol yıldızlarının mutlak parlaklıklarının tayin edilmesinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

3.4. YILDIZ UZAKLIKLARININ HESAPLANMASI

UBV fotometrik sistemi için üretilen mutlak parlaklık kalibrasyonu, V bandında M_V mutlak parlaklık değerlerini orta tayf türündeki (F ve G) anakol yıldızları için tayin eder. Anakol yıldızlarının sönmülemmeden arındırılmış V_0 ve M_V mutlak parlaklıkları gözlemlerden ve kalibrasyondan belirlendiği için incelenen yıldızların Güneş'e uzaklıkları aşağıda verilen Pogson bağıntısıyla hesaplanabilir:

$$\mu_0 = V_0 - M_V = 5 \log d - 5. \quad (3.16)$$

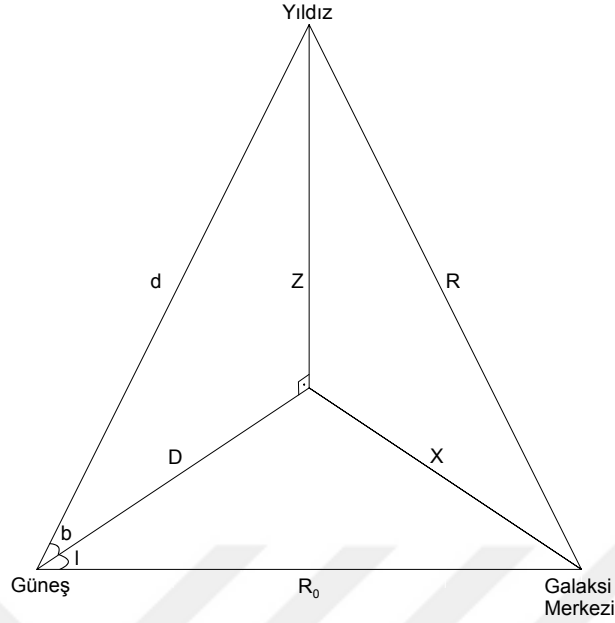
Burada μ_0 sönümlemeden arındırılmış uzaklık modülünü ve d (pc) de yıldızın Güneş'e uzaklığını gösterir. Pogson bağıntısıyla hesaplanan yıldız uzaklığındaki belirsizlik de bu ifadenin türevinin alınmasıyla elde edilir.

$$\delta d = 0.2 \ln(10) 10^{0.2\mu+1} \delta\mu = 0.461 d \delta\mu. \quad (3.17)$$

Yüksek lisans tez çalışmasında Galaktik düzleme dik doğrultulardaki farklı uzaklıklar için metal bolluğu gradyent hesapları yapıldığı için incelenen yıldızların d uzaklıkları dışında Galaktik düzlemde dik doğrultudaki (Z) uzaklığının da tayin edilmesi gerekmektedir. Bir yıldızın Güneş'e ve Galaksi merkezine göre Galaktik koordinatlardaki konumu ve uzaklıkları Şekil 3.5'te verilen çizim ile gösterilmiştir. Bir yıldızın Galaktik düzlemde dik doğrultudaki Z uzaklığı (3.18) bağıntısıyla verilmiştir:

$$Z = d \times \sin b \quad (3.18)$$

Burada d , Pogson bağıntısından hesaplanan yıldızın uzaklığı, b yıldızın Galaktik enlemini ifade eder. Literatürde genellikle yakın yıldızlar incelendiğinden uzaklıklar Güneş'e göre verilir. Sönük parlaklıktaki yani uzak yıldızların incelenmesi söz konusu olduğunda ise uzaklıklar Galaksi merkezine taşınır. Yıldızların Galaksi merkezine uzaklıklarının belirlenebilmesi için Galaktik koordinatları (l , b) ve Güneş'e uzaklıklarının bilinmesi gerekir. Bu veriler kosinüs teorimi yardımıyla Güneş merkezli Galaktik koordinat sisteminden Galaksi merkezli koordinat sistemine geçişi sağlar. Bu durumda yıldızın Galaksi merkezine uzaklığı (3.19) bağıntısıyla verilir:



Şekil 3.5: Güneş merkezli Galaktik koordinat sisteminin Galaksi merkezli koordinat sistemine taşınmasını gösteren çizim. Şekilde verilen parametreler tez çalışmasının ilgili bölümünde tanımlanmıştır.

$$R = \sqrt{R_0^2 + (d \cos b)^2 - 2 R_0 d \cos b \cos l + \left(\frac{d \cos b}{\eta}\right)^2}. \quad (3.19)$$

Burada, R_0 ve η parametreleri, sırasıyla, Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı ve Galaksinin eksen basıklık oranını gösterir. Ayrıca yıldızın Galaktik düzlemindeki izdüşüm uzaklığı (X) da aşağıdaki bağıntıyla verilir.

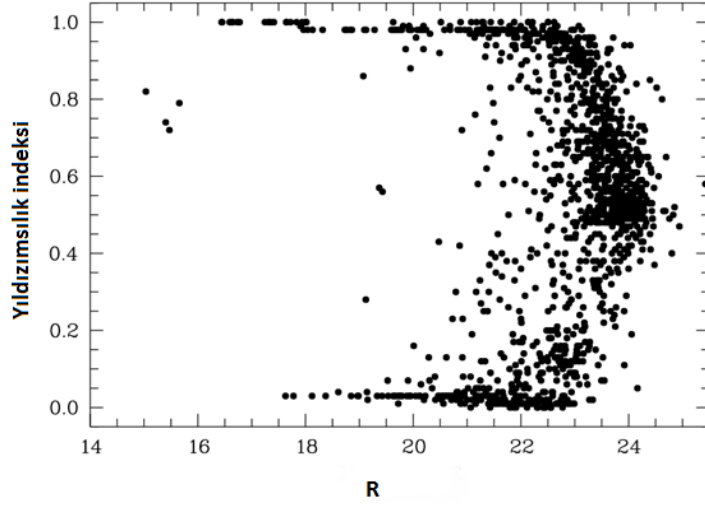
$$X = \sqrt{R_0^2 + (d \cos b)^2 - 2 R_0 d \cos b \cos l}. \quad (3.20)$$

3.5. FOTOMETRİK SİSTEMLERDE YILDIZ ÖRNEĞİNİN OLUŞTURULMASI

Sönük fotometrik sistemler kullanılarak gerçekleştirilen gökyüzü tarama programlarında Galaksi/Galaksi-dışı nesnelerin ayırt edilebilmesi oldukça zahmetlidir. Fotometrik olarak CCD görüntüsü üzerinde oluşan nesnelerin biçimsel olarak sınıflandırılması, bazı matematiksel analizlerin yapılmasını gerektirmektedir. Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması (SDSS; Sloan Digital Sky Survey), yukarıda da bahsedildiği gibi, parlak ve sönük ($14 < g < 23$ kadir) nesnelerin gözlenmesini hedefleyen bir araştırma programıdır (York ve diğ., 2000). SDSS programında Galaksi ve Galaksi-dışı nesnelerin ayırımındaki sorunlar Newberg ve Yanny (1997)'nin çalışmasında dile getirilmiştir. Fan (1999) anakol yıldızları, beyaz cüceler, çok

yoğun emisyon çizgili galaksiler ve kuazarlar gibi farklı nesnelerin akı dağılımlarını SDSS'in beş bandına (*ugriz*) ait duyarlılık fonksiyonlarıyla karşılaştırarak *ugriz* bandlarında ölçülmesi gereken parlaklıkları hesaplamıştır. Daha sonra Fan (1999) her bir nesnenin SDSS renk indekslerini hesaplayarak renk uzaylarındaki konumlarını tayin etmiştir. Bu da milyonlarca yıldızın gözlemlerinin yapıldığı SDSS programı çerçevesinde yıldızların renk uzaylarındaki sınıflamasına büyük bir kolaylık getirmiştir. Yüksek lisans tez çalışmasında bu amaç için birden fazla yöntem kullanılmış ve bunlar aşağıdaki bölümlerde detaylı olarak bahsedilmiştir.

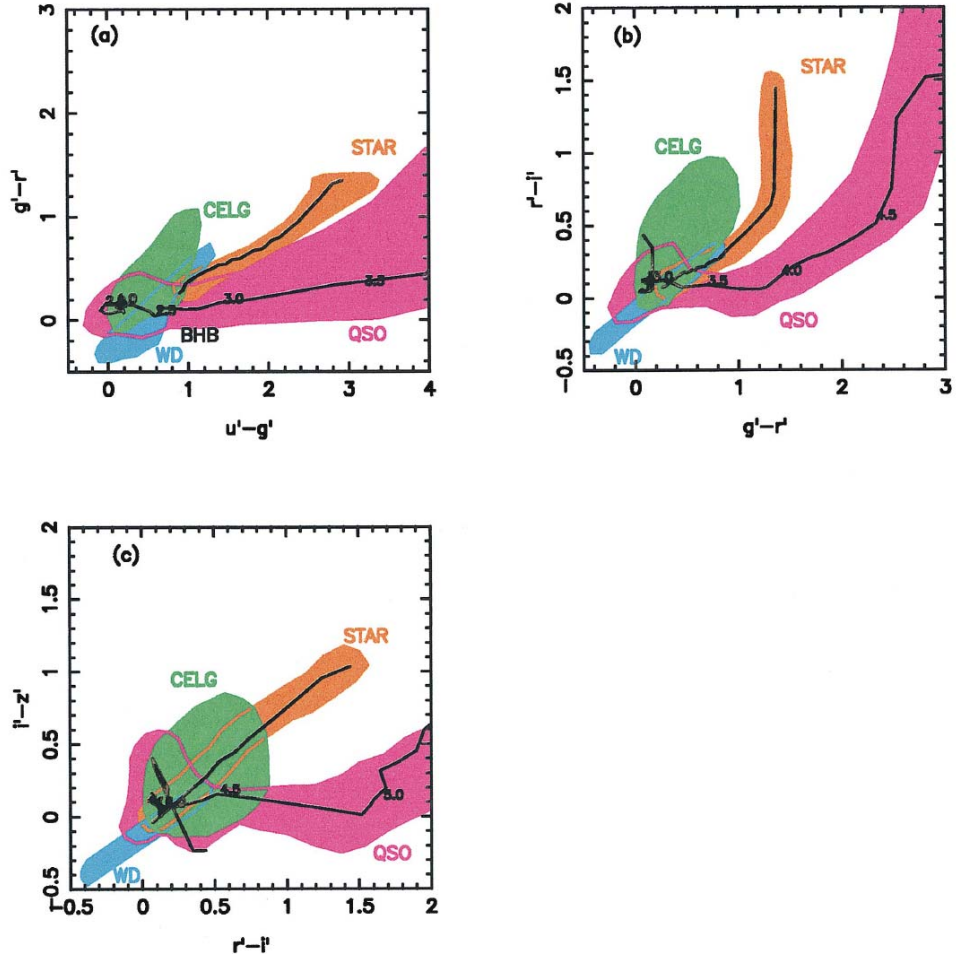
Farklı biçimsel yapılarda bulunan galaksiler, fotometrik gözlemlerde en kolay ayrımı yapılan nesnelerin başında gelir. CCD görüntüleri üzerinde biçimsel olarak basık yapılar olarak görülen *galaksiler* ile nokta kaynak olarak görülen *yıldızları* ayırt etmek kolaydır. Pratikte bu ayırım nesnelerin aletsel parlaklıklarıyla görüntü çapları arasında kurulan ilişkiyle tayin edilmektedir. Bertin ve Arnouts (1996) yıldız alanlarındaki nesnelerin CCD görüntüsü üzerindeki yapısal parametrelerinden yıldız/galaksi-dışı ayrımını yapan bir yöntem geliştirmiştir. Bertin ve Arnouts (1996), *kaynak-çıkartıcı yıldızlımsılık indeksi* ismini verdikleri kod ile (SExtractor; **Source-Extractor** Stellerity Index) CCD görüntüsündeki her bir kaynak için 0 ile 1 arasında tanımlanan yıldızlımsılık indeks (*YI*) değerini üretmişlerdir. Bu koda göre $YI = 1$ ve $YI = 0$ 'a yakın değerlerde bulunan nesneler, sırasıyla, *yıldız* ve galaksi-dışı nesneler olarak sınıflandırılmıştır. ESO-anahtar programı çerçevesinde sönük bir galaksiyi inceleyen Arnouts ve diğ. (1997)'nin yıldız alanındaki nesnelerin *R* bandındaki parlaklıklarıyla hesapladıkları *YI* değerleri arasındaki dağılım Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Çalışmalarında $YI = 0.8$ 'den büyük ve eşit olanlar nesneler yıldız, $YI = 0.8$ 'den daha küçük olanlar ise galaksi-dışı nesneler olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.6: ESO-anahtar programı çerçevesinde gözlemlerin yapıldığı bir yıldız alanında yıldız/galaksi ayırmında kullanılan nesnelerin yıldızlımsılık indeksiyle R görünen parlaklıkları arasındaki dağılım (Arnouts ve diğ., 1997).

SA 141 yıldız alanında derin CCD $UBVRI$ fotometrik gözlemler Siegel ve diğ. (2009) tarafından yapıldığından sönük parlaklıklara doğru galaksi-dışı nesnelerin sayılarında belirgin bir artış olması beklenir. Bu nedenle çalışmalarında gözlenen nesneler için verilen YI değerleri dikkate alınarak galaksi-dışı nesnelerin ayırımı bu yöntem ile yapılacaktır. Bu yöntemin yetersiz kaldığı noktalarda ise Fan (1999)'ın farklı gök cisimleri için SDSS fotometrisinde gerçekleştirdiği sayısal benzetimlerden faydalanılacaktır. Fan (1999)'ın oluşturduğu sayısal benzetimler ile, Galaktik veya galaksi-dışı nesnelerin tayfsal enerji dağılımı üzerinde kullanılan fotometrik sistemin duyarlılık fonksiyonlarından elde edilen renk indekslerinin SDSS fotometrisinde oluşturulan iki-renk diyagramları üzerine yerleştirilmesiyle nesnelerin renk uzaylarındaki konumları hakkında detaylı bilgiye sahip olunabilir. Farklı türden nesnelerin SDSS renk uzaylarındaki konumları Şekil 3.7'deki iki-renk diyagramlarında gösterilmiştir.

Ayrıca SDSS'in gözlemsel verileri üzerine çalışmalar yapan Chen ve diğ. (2001), küçük kırmızıya kayma gösteren kuazarları Samanyolu'nun yıldız örneğinden ayırt edebilmek için parlaklıklara ($g_0 < 23$) ve renk indeksine ($u-g = 0.5$ kadar) sınırlamalar getirmeyi tercih etmişlerdir. Buna göre inceledikleri nokta kaynaklar $g_0 < 23$ ve $(u-g)_0 > 0.5$ kadar şartlarını sağlıyorsa, oluşan örnek Samanyolu'nun yıldızlarından meydana gelmektedir.



Şekil 3.7: SDSS fotometrik sisteminde oluşturulan (a) $(u'-g' \times g'-r')$, (b) $(g'-r' \times r'-i')$ (c) $(r'-i' \times i'-z')$ iki-renk diyagramlarındaki farklı türden nesnelere konumları (Fan, 1999). Burada, CELG: sıkışık emisyon çizgili galaksi, QSO: kuazar, STAR: yıldız ve WD: beyaz cüceyi gösterir.

3.6. METAL BOLLUĞU GRADYENTİ

Galaksimizin iki farklı noktasındaki metal bolluklarının buldukları uzaklıklara oranıyla ifade edilen *metal bolluğu gradyenti* Galaksimizin kimyasal evriminin anlaşılmasında anahtar rol oynar. Metal bolluğu gradyentinin hesabında, incelenen doğrultudaki çok sayıda yıldızın metal bolluklarıyla uzaklıkları arasında oluşturulan dağılıma fit edilen doğrusal bağıntı (3.21) kullanılır.

$$d[\text{Fe}/\text{H}]/dr = m[\text{Fe}/\text{H}] + n \quad (3.21)$$

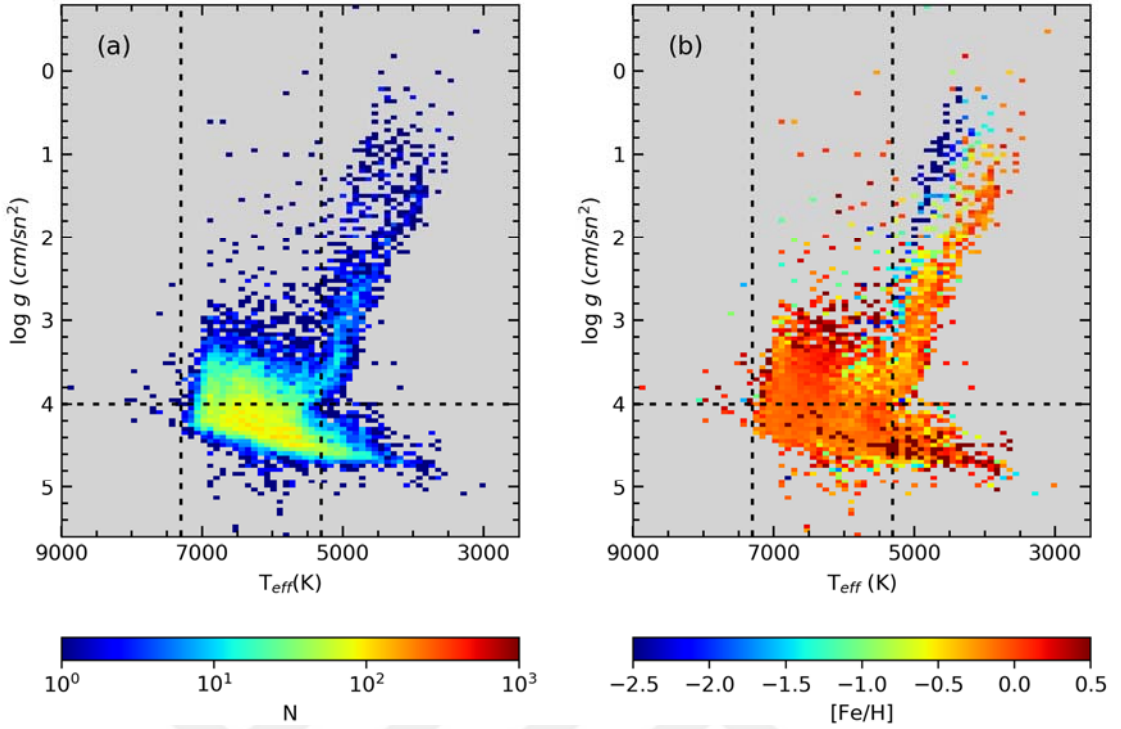
Burada, r uzaklığı, m ve n bağıntının, sırasıyla, eğimini ve sabitini gösterir. Bağıntının m parametresi metal bolluğu gradyentinin değerini ifade eder.

4. BULGULAR

Yüksek lisans tez çalışmasında, literatürde tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı tayin edilmiş orta tayf türündeki anakol yıldızlarının metal bolluğu ve mutlak parlaklıklarının hesaplanabilmesi için yeni kalibrasyonların oluşturulması ve bu kalibrasyonların güney Galaktik kutup doğrultusu yakınlarında bulunan SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarına uygulanarak Galaktik düzleme dik doğrultulardaki farklı uzaklıklar için metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Tez çalışmasının ilk aşamasında fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulması, ikinci aşamasında da elde edilen yeni kalibrasyonların bir yıldız alanına uygulanarak metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanması gerçekleştirilecektir.

4.1. KALİBRASYON YILDIZLARININ SEÇİMİ

Fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulması için tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı yıldızların bir araya getirilmesi gerekmektedir. Tez çalışmasının bu kısmı literatür ağırlıklı olup öncelikle tayfsal çalışmaları bulunan yıldızların bir araya getirilmesini içerir. Bölüm 3.1.1’de bahsedildiği gibi 14 araştırma grubundan derlenen, model atmosfer parametreleri hesaplanmış 23,727 yıldız bir araya getirilmiştir. F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının seçiminde Eker ve diğ. (2018)’nin geniş bir tayf türünün fotometrik ve tayfsal verilerini içeren yedi numaralı tablosu dikkate alınmıştır. Bu tabloya göre F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının yaklaşık etkin sıcaklıkları $5,300 < T_{eff} < 7,300$ K aralığında ve yüzey çekim ivmeleri de yaklaşık $\log g = 4$ (cgs) değerinden daha büyüktür. Eker ve diğ. (2018) tarafından belirlenen bu sınır şartları dikkate alınarak tayfsal olarak literatürden derlenen 23,727 yıldız uygulanmıştır. 23,727 yıldızın $T_{eff} \times \log g$ diyagramları ve Eker ve diğ. (2018)’den alınan sınır şartlar Şekil 4.1’de hem yıldız sayı yoğunluğuna hem de metal bolluğuna göre renklendirilerek gösterilmiştir. Etkin sıcaklık ve yüzey çekim ivme değerlerine getirilen sınırlamalar sonucunda orta tayf türündeki 10,899 anakol yıldızının seçimi gerçekleştirilmiştir. Anakol yıldızlarının trigonometrik paralakslarının belirlenebilmesi için, Bölüm 3.1.1’de bahsedildiği gibi, *Gaia* DR2 kataloğundan faydalanılmıştır (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018). *VizieR*’in bir alt servisi olan X-Match ara yüzünde yıldızların ekvatorial koordinatları girilerek *Gaia* DR2 kataloğundan (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) 9,283 yıldızın trigonometrik paralaks ve hatalarına ulaşılmıştır.



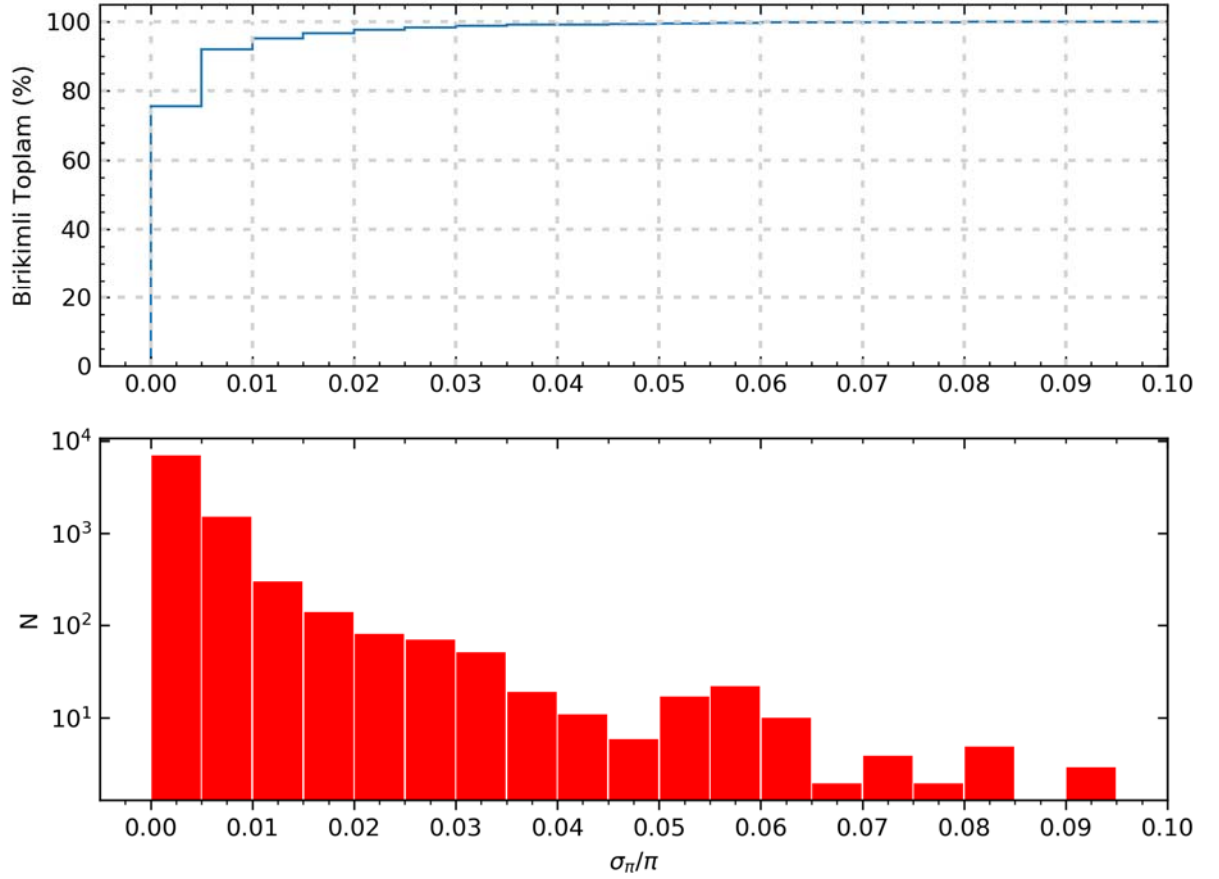
Şekil 4.1: Tayfsal olarak literatürden derlenen 23,727 yıldızın (a) sayı yoğunluğuna ve (b) metal bolluğuna göre renklendirilmiş HR diyagramlarındaki konumları. Kesikli çizgiler F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının seçimi için Eker ve diğ. (2018)'den alınan sınır değerlerini göstermektedir.

Trigonometrik paralakslarına ulaşılan 9,283 F ve G tayf türündeki anakol yıldızın rölatif paralaks hatalarına göre oluşturulmuş histogramı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Seçilen bu yıldızların rölatif paralaks hatalarının $\sigma_\pi/\pi = 0.1$ değerine kadar uzandığı görülmektedir (Şekil 4.2; alt panel). İstatistiksel analizler anakol yıldızlarının %68 ve %95'inin, sırasıyla, $\sigma_\pi/\pi = 0.005$ ve $\sigma_\pi/\pi = 0.015$ değerlerine karşılık geldiği göstermiştir (Şekil 4.2; üst panel). Bu da güncel *Gaia* uydu verilerinin oldukça hassas ölçümlere sahip olduğunu gösteren önemli bir bulgudur. Bilindiği gibi trigonometrik paralaks ölçümleri Lutz-Kelker (1973) yanlılığını içermektedir. Bu istatistiksel yanlılık $\sigma_\pi/\pi = 0.175$ değerine kadar düzeltilebilir. Ayrıca Lutz-Kelker (Lutz ve Kelker, 1973) yanlılığı Smith (1987) tarafından analitik olarak yeniden ifade edilmiş ve aşağıdaki bağıntıyla tanımlanmıştır:

$$\pi_0 = \pi \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - 16(\sigma_\pi/\pi)^2} \right) \quad (4.1)$$

Burada π_0 trigonometrik paralaksı düzeltilmiş değeri, π gözlemlerden hesaplanmış paralaksı ve σ_π/π de rölatif paralaks hatasını göstermektedir. Smith (1987)'in bağıntısına göre

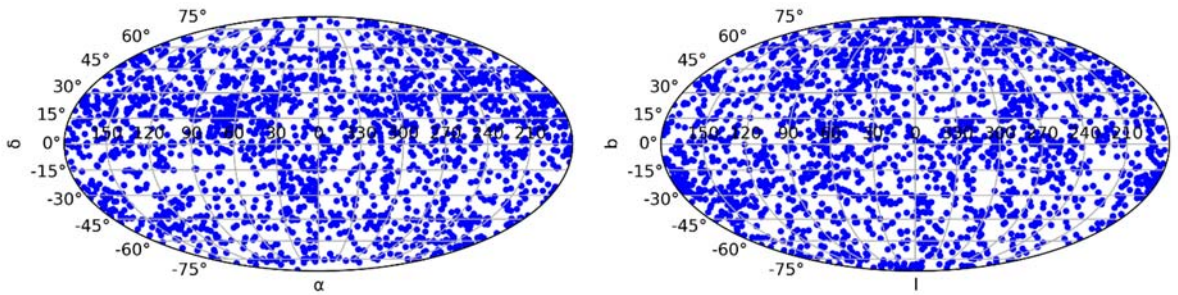
çalışmamızdaki en büyük rölatif paralaks hatası $\sigma_{\pi}/\pi = 0.1$ 'e kadar uzandığından gözlenen paralakslara uygulanması gereken en büyük Lutz-Kelker düzeltmesi (Lutz ve Kelker, 1973) yaklaşık %4.2 civarındadır. Örnekteki çoğu yıldızın rölatif paralaks değerleri $\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.01$ olduğundan, tez çalışmasında yıldızların rölatif paralaks değerlerine bir üst sınır getirilmesine karar verilmiştir. Böylece rölatif paralaks hatası $\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.01$ olan yıldızın sayısı 8,522'ye azalmış ve Lutz-Kelker (Lutz ve Kelker, 1973) yanlığı %0.04 değerine indirgenmiştir. Bu sonuç, örnekteki anakol yıldızlarının trigonometrik paralaks verilerine istatistiksel anlamda Lutz-Kelker (Lutz ve Kelker, 1973) düzeltmesi yapılmasını gerektirmemektedir.



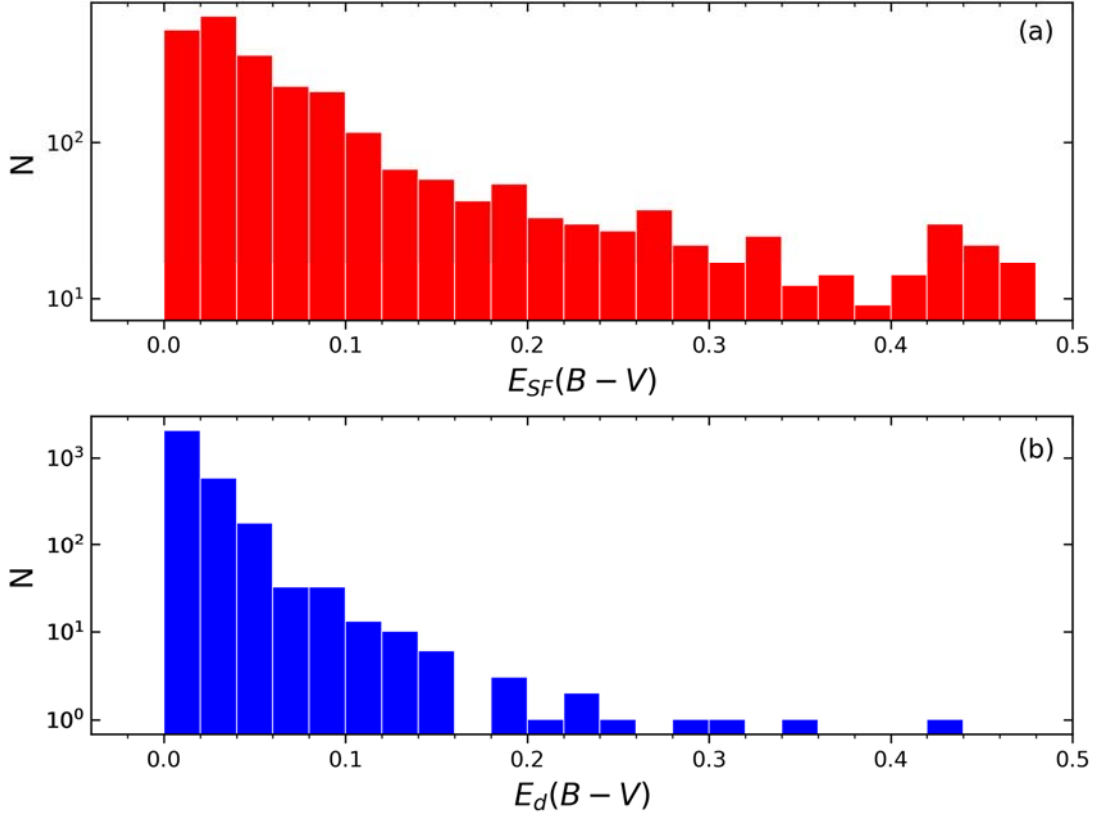
Şekil 4.2: 23,727 yıldız örneği içinde *Gaia* DR2 kataloğunda trigonometrik paralaks verilerine ulaşılan 9,283 yıldızın rölatif paralaks hataları (alt panel) ve bu hataların birikimli dağılımları (üst panel).

Tayfsal ve astrometrik verilerine ulaşılan F ve G tayf türündeki 8,522 anakol yıldızının *UBV* fotometrik verilerine ulaşabilmek için Mermilliod ve diğ. (1997)'nin kataloğundan faydalanılmıştır. Örnekteki yıldızların ekvatoral koordinatları dikkate alınarak Mermilliod ve diğ. (1997)'nin kataloğundaki veriler ile eşleştirilmiştir. Bu eşleştirme sonucunda 2,901 F ve G

anakol yıldızın V görünün parlaklığı ve $U-B$, $B-V$ renk indekslerine ulaşılmıştır. Böylece tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı olarak belirlenen 2,901 anakol yıldızına ulaşılmıştır. Bu yıldızların ekvatorial (α , δ) ve Galaktik koordinat (l , b) sistemlerindeki dağılımları da Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Yıldızların iki farklı koordinat sistemindeki dağılımlarına bakıldığında hemen hemen homojen olduğu görülmektedir. Galaktik koordinat sisteminde yıldızların $|b| \leq 30^\circ$, $30^\circ < |b| \leq 60^\circ$ ve $60^\circ < |b| \leq 90^\circ$ Galaktik enlem aralıklarındaki yıldız sayıları incelendiğinde, sırasıyla, 1,414; 1,008 ve 479 oldukları tespit edilmiştir. Beklenildiği gibi yıldız sayıları düşük Galaktik enlemlerde yoğunlaşmıştır. Bu da Galaktik düzleme yakın olan anakol yıldızlarının yüksek Galaktik enlemlerdeki yıldızlara göre daha büyük kızarma değerlerine sahip olacağını göstermektedir. Seçilen anakol yıldızlarının V görünün parlaklıklarının yıldızlararası sönmüleden arındırılmasıyla $U-B$ ve $B-V$ renk indekslerindeki kızarma düzeltmelerinin yapılabilmesi için Bölüm 3.2'de bahsedilen Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in kızarma haritalarından faydalanılmıştır. Yıldızların ekvatorial koordinatları IRSA web sayfasında bulunan kızarma hesaplama aracı üzerine yüklenerek incelenen yıldız doğrultusunda, Samanyolu'nun sınırına kadar ölçülmüş V bandı sönmüleme değerleri elde edilmiştir. Güneş ile yıldızlar arasındaki sönmülemelerin hesaplanmasında Bahcall ve Soneria (1980)'nin (3.1)'de verilen bağıntısı kullanılmıştır. Anakol yıldızlarının orijinal renk artıklarıyla indirgenen renk artıklarının karşılaştırılması Şekil 4.4'deki histogramlarda gösterilmiştir.

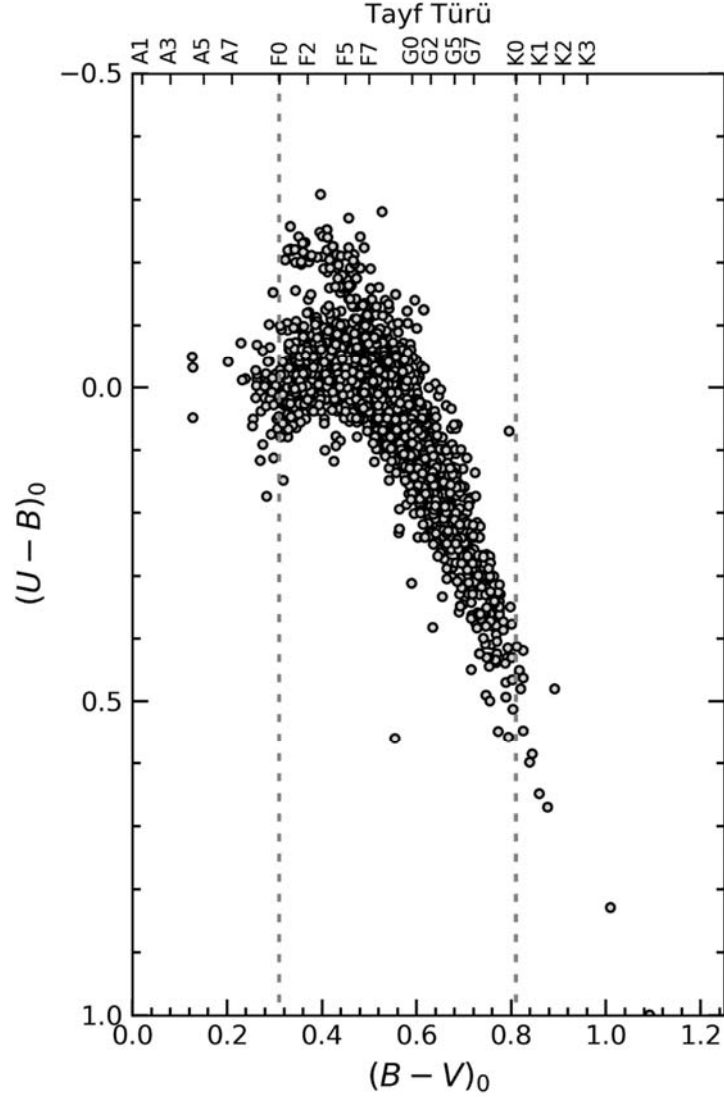


Şekil 4.3: F ve G tayf türündeki 2,901 anakol yıldızın ekvatorial (sol panel) ve Galaktik koordinat (sağ panel) sistemlerindeki dağılımları.



Şekil 4.4: F ve G tayf türündeki 2,901 anakol yıldızının orijinal ve indirgenmiş $E(B-V)$ renk artıkları. (a) Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in kızarma haritalarından elde edilmiş renk artıkları ($E_{SF}(B-V)$), (b) Bahcall ve Soneira (1980) bağıntısıyla Güneş ve yıldız arasındaki uzaklık için indirgenmiş renk artıkları ($E_d(B-V)$).

Şekil 4.4'ten de görüleceği gibi Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından alınan verilerin $E_{SF}(B-V)$, Bahcall ve Soneira (1980)'ya ait bağıntıyla indirgenmesi sonucunda $E_d(B-V)$ renk artıklarının $E_{SF}(B-V) = 0.5$ kadir değerinden 0.2 ile 0.3 kadir değerlerine kadar azaldığı, daha düşük kızarma değerlerindeki yıldızların da renk artık değerlerinin $E_d(B-V) = 0.1$ kadirden daha düşük değerlere azaldığı tespit edilmiştir. Anakol yıldızların $E_d(B-V)$ indirgenmiş renk artıkları daha sonra yıldızların parlaklık (V) ve renk indekslerinin ($U-B$, $B-V$) yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüleme ve kızarma etkilerinden arındırılmasında için Bölüm 3.2'te verilen bağıntılar (3.3) – (3.6)'da kullanılmıştır. Yıldızlararası ortamın etkilerinden arındırılan 2,901 yıldızın $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı üzerindeki konumları tayf türlerinin sınırlarını da içerecek biçimde Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5: 2,901 anakol yıldızının kızarmadan arındırılmış $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı. Diyagramın üst ekseninde yıldızların tayf türleri işaretlenmiştir. Kesikli çizgiler fotometrik olarak F ve G tayf türünde anakol sınırlarını göstermektedir.

Yüksek lisans tez çalışmasında kullanılan yıldız örneğinin tayfsal ve fotometrik açıdan birbirini desteklemesi gerekmektedir. Bu nedenle F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının tayfsal seçiminde kullanılan sınırlamanın bir benzeri fotometrik olarak da yıldız örneğine uygulanmıştır. Erken F ve geç G tayf türündeki anakol yıldızlarının gerçek renklerinin belirlenmesinde, Eker ve diğ. (2018)'nin $0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ kadir sınır değerleri dikkate alınmıştır. Şekil 4.5'te gösterilen $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramında fotometrik olarak erken F ve geç G tayf türündeki anakol yıldızlarının seçiminde Eker ve diğ. (2018)'den alınan sınırlar kesikli dikey çizgiler ile gösterilmiştir. Bu sınırlama sonucu tayfsal ve fotometrik olarak F ve

G tayf türünde olduğu tespit edilen anakol yıldızlarının sayısı 2,482 olmuştur. Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde kullanılan son bir sınırlama da yıldızların fotometrik değişkenliklerine aittir. Yıldızların fotometrik değişkenliklerine ait bilgiler (çift yıldızlar, kromosferik aktif yıldızlar, zonklayan yıldızlar gibi), Simbad veri tabanındaki tür sorgulayıcı¹ algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Bunun için 2,482 anakol yıldızının ekvatorial koordinatları servis üzerindeki menüler yardımıyla internet üzerinde yüklenerek sorgulanmıştır. Sorgu sonunda her anakol yıldızının fotometrik değişimleri hakkındaki bilgilere ulaşılmıştır. Buna göre 2,482 anakol yıldız içinde fotometrik değişim gösteren 1,589 yıldız tespit edilerek istatistik dışı bırakılmıştır. Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde tayfsal, astrometrik ve fotometrik gözlem verilerine getirilen sınırlamaların bir özeti Tablo 4.1’de listelenmiştir. Sonuç olarak, kalibrasyonların oluşturulmasında kullanılan anakol yıldız sayısı 893 olmuştur.

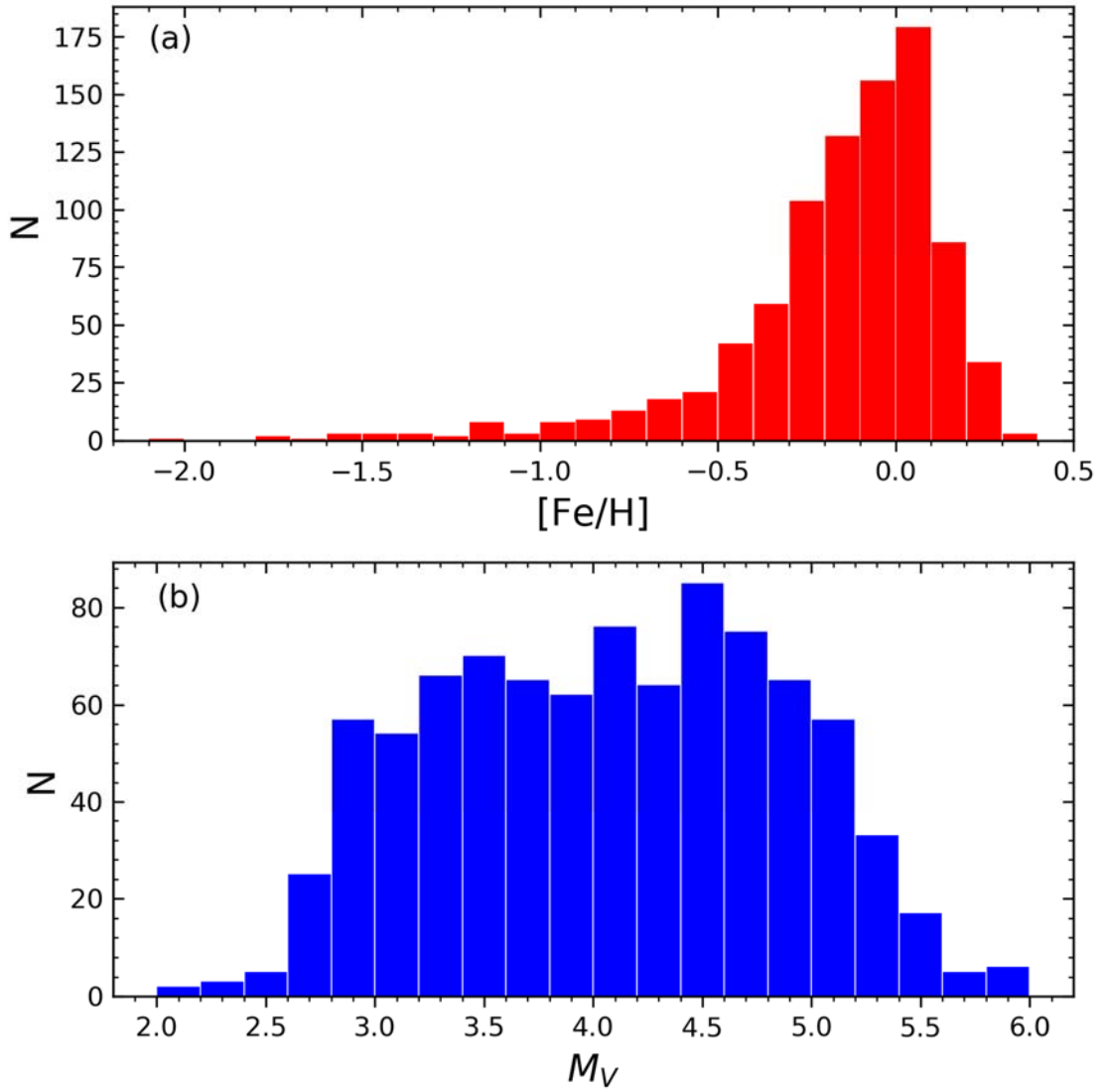
Tablo 4.1: Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde kullanılan sınırlamalar ve bu sınırlamalar sonucu elde edilen yıldız sayıları.

Sınırlamalar	Yıldız Sayısı
Tayfsal olarak seçilen yıldızlar	23,727
$5,300 < T_{eff} < 7,300$ (K) ve $\log g > 4$ (cgs)	10,899
Trigonometrik paralaksı bilinen	9,283
$\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.01$	8,522
UBV verileri bulunan	2,901
$0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ (kadir)	2,482
Fotometrik değişim göstermeyen yıldızlar	893

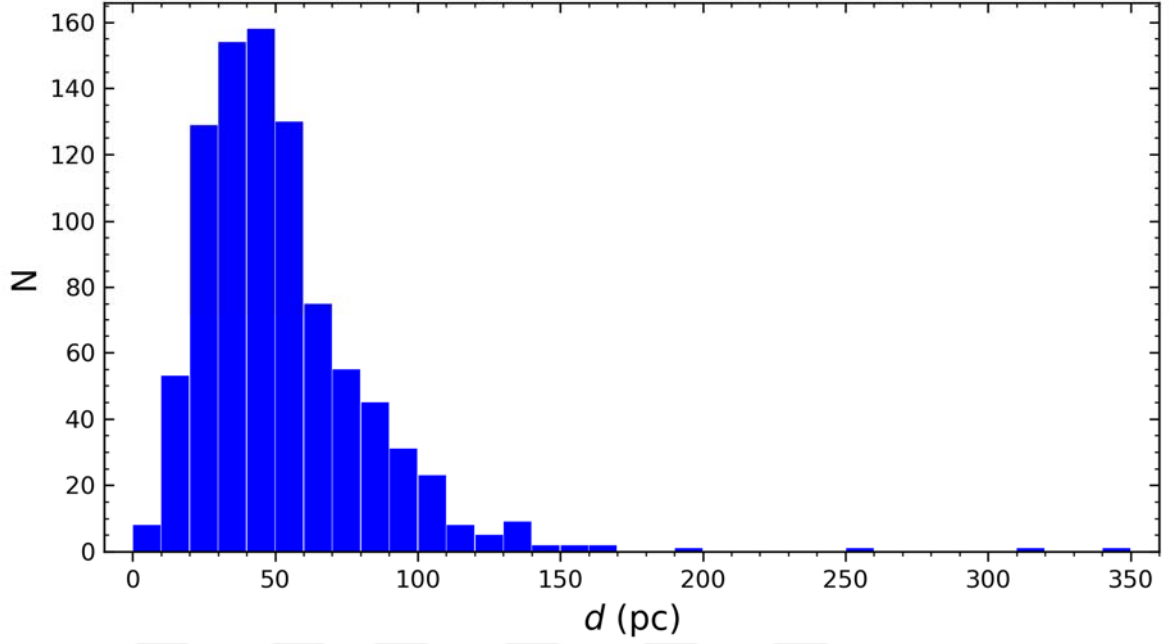
Kalibrasyon çalışmasında parametreleri duyarlı tayin edilmiş 893 yıldızın tayfsal metal bollukları ve *Gaia* DR2 kataloğundan (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) alınan trigonometrik paralaksılar ile yıldızların yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüklemeden arındırılmış V parlaklıklarının Pogson bağıntısında kullanılarak hesaplanmış M_V mutlak parlaklıklarının histogramları Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Yıldızların metal bolluğu dağılımları incelendiğinde (Şekil 4.6a) metalce en zengin yıldızın $[Fe/H] = 0.6$ dex, en fakirinin ise $[Fe/H] = -2.4$ dex’e kadar uzandığı görülmektedir. Dağılımdaki anakol yıldızlarının büyük çoğunluğunun $[Fe/H] = -0.5$ dex’ten daha zengin metal bolluklarında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu yıldızlar Galaksimizin genç ve yaşlı ince disk popülasyonuna aittir (Cox, 2000). Galaksimizin kalın disk bileşeninin baskın olduğu $-1.25 < [Fe/H] < -0.5$ dex aralığındaki yıldızlar incelendiğinde sayılarının 60 ila 10 aralığında değiştiği, buna karşın daha fakir metal bolluklarında bulunan halo anakol yıldızlarının sayısının ise bire kadar azaldığı dikkat çekmektedir. Fakat bu durum şaşırtıcı değildir. Çünkü tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri çok duyarlı seçilmiş bu

¹ <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>

yıldızların Güneş komşuluğunda bulunması gerekmektedir. Kalibrasyon yıldızlarının *Gaia* DR2'den (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) alınan trigonometrik paralaks verilerinden ($d = 1000/\pi$ (mas)) hesaplanan Güneş'e uzaklıkları incelendiğinde (Şekil 4.7), yıldızların $6 < d < 343$ pc uzaklık aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu yıldızların büyük kısmının Güneş'e uzaklığı en fazla $d = 150$ pc civarındadır. Kalibrasyon yıldızlarının medyan uzaklıkları ve standart sapması, sırasıyla, 47 ve 31 pc'tir. Bu bulgular kalibrasyon yıldızlarının Güneş civarında bulunduğunu ve metal bolluğu açısından da popülasyon I sınıfına ait olduğunu göstermektedir (Cox, 2000). 893 anakol yıldızının tayfsal yöntemler kullanılarak hesaplanan metal bolluklarındaki belirsizlik ortalama olarak 0.07 dex'tir (bkz Tablo 3.2).



Şekil 4.6: 893 kalibrasyon yıldızının tayfsal metal bolluklarıyla (a) trigonometrik paralakslarından hesaplanan V bandındaki mutlak parlaklıklarının (b) dağılımları.



Şekil 4.7: 893 kalibrasyon yıldızının *Gaia* DR2 kataloğundan alınan trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan uzaklıklarının dağılımı.

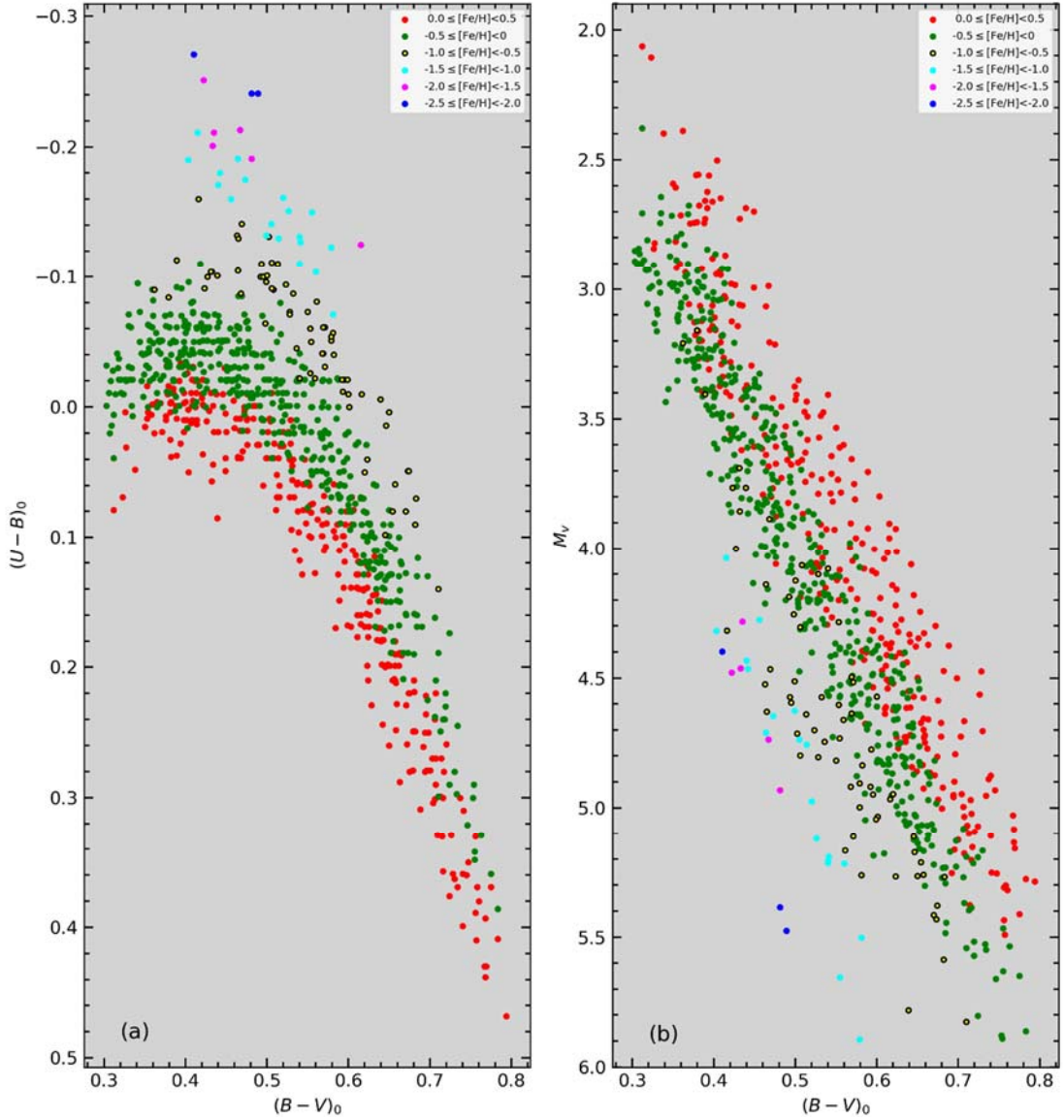
Kalibrasyon yıldızlarının mutlak parlaklıklarına ait histogram incelendiğinde (Şekil 4.6b), anakol yıldızlarının $2 < M_V < 6.2$ kadir aralığında bulunduğu görülmektedir. $2.8 < M_V < 5.2$ kadir aralığındaki yıldızların frekans değerlerine bakıldığında 50'den daha fazladır. Buna karşın erken tayf ($M_V < 2.8$) ve geç tayf ($M_V > 5.2$) türlerinde bulunan yıldızların frekans sayılarının ortalama olarak beşten az olduğu tespit edilmiştir. Popülasyon I anakol yıldızlarının HR diyagramı üzerinde ortalama astrofizik parametrelerini listeleyen Eker ve diğ. (2018)'nin yedi numaralı tablosu dikkate alındığında, F0 ile K0 tayf türü arasındaki anakol yıldızlarının V bandındaki mutlak parlaklıkları $2.37 < M_V < 5.45$ kadir aralığında bulunmaktadır. Bu veriler çalışmamızda hesaplanan $2 < M_V < 6.2$ kadir aralığıyla oldukça uyumludur. Mutlak parlaklıklar arasındaki en büyük fark, sönük mutlak parlaklıklarda kendini göstermektedir. Her iki mutlak parlaklık aralığının sönük uçları arasında 0.75 kadirlik bir fark görülmektedir ki bu sonuç şaşırtıcı değildir. Çünkü Eker ve diğ. (2018)'nin çalışması popülasyon I yıldızları için geçerliken bu tez çalışmasında literatürden derlenen yıldızlar dikkate alındığında popülasyon I yıldızları dışında ara popülasyon II ve popülasyon II yıldızlarını da içermektedir (bkz Şekil 4.6a).

Kalibrasyon yıldızlarının mutlak parlaklıklarında yapılan hatalar yıldızların V görünen parlaklığından, trigonometrik paralaks (σ_π/π) ve yıldızların renk artıklarındaki ($E(B-V)_{\text{hata}}$)

belirsizliklerden kaynaklanmaktadır. Yıldızların V bandındaki görünen parlaklıklarıyla renk artıklarındaki belirsizlikler ortalama olarak 0.005 kadir mertebesindedir ve uzaklık tayinindeki belirsizliğe önemli bir katkıları bulunmamaktadır. Bu durumda mutlak parlaklık hesabındaki (bağıntı 3.16) en büyük hatalar, yıldızların ölçülen trigonometrik paralakslarından ileri gelmektedir. Kalibrasyon yıldızlarının seçiminde rölatif paralaks hatalarına getirilen $\sigma_{\pi}/\pi < 0.01$ sınırlaması, yıldızların mutlak parlaklıklarında büyük bir hatanın hesaplanmayacağını göstermektedir. Bağıntı (3.17)'de verilen uzaklık hatasındaki belirsizliğin 893 yıldızın uygulanması sonucunda mutlak parlaklıklardaki belirsizliklerin $0 < \delta M_V \leq 0.032$ kadir aralığında bulunduğu ve dağılımın medyan ve standart sapma değerlerinin de, sırasıyla, 0.005 ve 0.005 kadir olduğu hesaplanmıştır.

Tez çalışmasındaki kalibrasyonlar oluşturulmadan önce kalibrasyonlarda değişken olarak kullanılacak fotometrik veriler ile gözlemlerden hesaplanan metal bollukları ve mutlak parlaklık verilerinin birbirleriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda 893 anakol yıldızı $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk ve $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramlarına yerleştirilerek metal bolluklarına göre değişimleri incelenmiştir (Şekil 4.8).

Kalibrasyon yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı üzerinde metal bolluğuna bağlı değişimlerinin oldukça belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 4.8a). Bunun için yıldızlar $0 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < 0.5$, $-0.5 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < 0$, $-1 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < -0.5$, $-1.5 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < -1$, $-2 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < -1.5$ ve $-2.5 \leq [\text{Fe}/\text{H}] < -2$ dex metal bolluğu aralıklarına göre altı alt gruba ayrılmış ve bu gruplar Şekil 4.8 üzerinde farklı renkler ile gösterilmiştir. Metalce zengin anakol yıldızları $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramının alt kısmında bulunurken, metalce en fakir yıldızlar ise bu diyagramın en üst kısmında toplanmışlardır. Bununla birlikte, Güneş'ten daha fakir metal bolluklarında bulunan yaşlı ince disk ve kalın disk yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramının orta kısımlarında buldukları görülmüştür. Ayrıca metal bolluklarına göre gruplanan yıldızların, $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı üzerinde konumlarına bakıldığında birbirleri içine geçemedikleri tespit edilmiştir. Ancak grupların alt ve üst metal bolluklarında bulunan az sayıdaki yıldızın bu sınırları geçtikleri görülmektedir.



Şekil 4.8: 893 anakol yıldızının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk ve $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramlarında metal bolluklarına göre renklendirilmiş konumları.

Kalibrasyon yıldızlarının $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramı üzerinde metal bolluğuna bağlı değişimlerinin de oldukça belirgin olduğu Şekil 4.8b'den görülmektedir. Metal bolluklarına göre sınıflanan altı gruptaki yıldızların renk-mutlak parlaklık diyagramındaki konumları incelendiğinde metalece en zengin olanlar diyagramın üst kısımlarında, metalece en fakir olanlar ise diyagramı alt kısımlarında yoğunlaşmaktadır. Kalibrasyon yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramlarındaki düzgün dağılımlarının aksine, $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramı metal bolluklarına göre ayrımı yapılan yıldızların birbirinin içine daha fazla nüfuz ettikleri görülmektedir. Buna rağmen metal bolluklarına göre belirgin bir ayrımının olduğu göze çarpmaktadır. Bu sonuçlara göre; tayfsal, fotometrik ve astrometrik verilere göre

seçilen 893 kalibrasyon yıldızının $U-B$ ve $B-V$ fotometrik verileri kullanılarak fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulabileceği Şekil 4.8'den görülmektedir.

4.2. METAL BOLLUĞU KALİBRASYONU

Fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunun oluşturulmasında; tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı olan ve bir önceki bölümde uygulanan sınırlamalar ile elde edilen F ve G tayf türündeki 893 anakol yıldızı kullanılmıştır. Bu kalibrasyon yıldızlarının literatürden derlenen tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri EK1'de sunulmuştur. EK1 tablosunda yıldızların sıra numarası, ekvatorial koordinatları (α , δ), Johnson-Morgan (1953) fotometrik sistemindeki verileri (V , $U-B$, $B-V$, $E_d(B-V)$), model atmosfer parametreleri (T_{eff} , $\log g$, $[Fe/H]$) ve *Gaia* DR2'den (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) alınan trigonometrik paralaks (π) ve hataları (σ_π) listelenmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmasında fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunun oluşturulması için 893 F ve G tayf türündeki anakol yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ renk indeksleriyle tayfsal yöntemlerden belirlenen metal bollukları, Bölüm 3.3'teki (3.14) bağıntısında verilen değişkenlere uygun hale getirilmiş ve verilere çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır. Bağıntı (3.14)'deki değişkenlere ait parametreler ile bu parametrelerin hataları, Minitab¹ istatistik yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda fotometrik metal bolluğu bağıntısı (4.2) aşağıdaki formuna uygun bir şekilde elde edilmiş ve değişkenlerin katsayıları ve hataları da Tablo 4.2'de verilmiştir.

$$[Fe/H] = a_1(U-B)_0^2 + b_1(B-V)_0^2 + c_1(U-B)_0 \times (B-V)_0 + d_1(U-B)_0 + e_1(B-V)_0 + f_1 \quad (4.2)$$

Tablo 4.2: Bağıntı (4.2)'deki değişkenlerin katsayıları ve hataları. Hatalar parantez içinde verilmiştir.

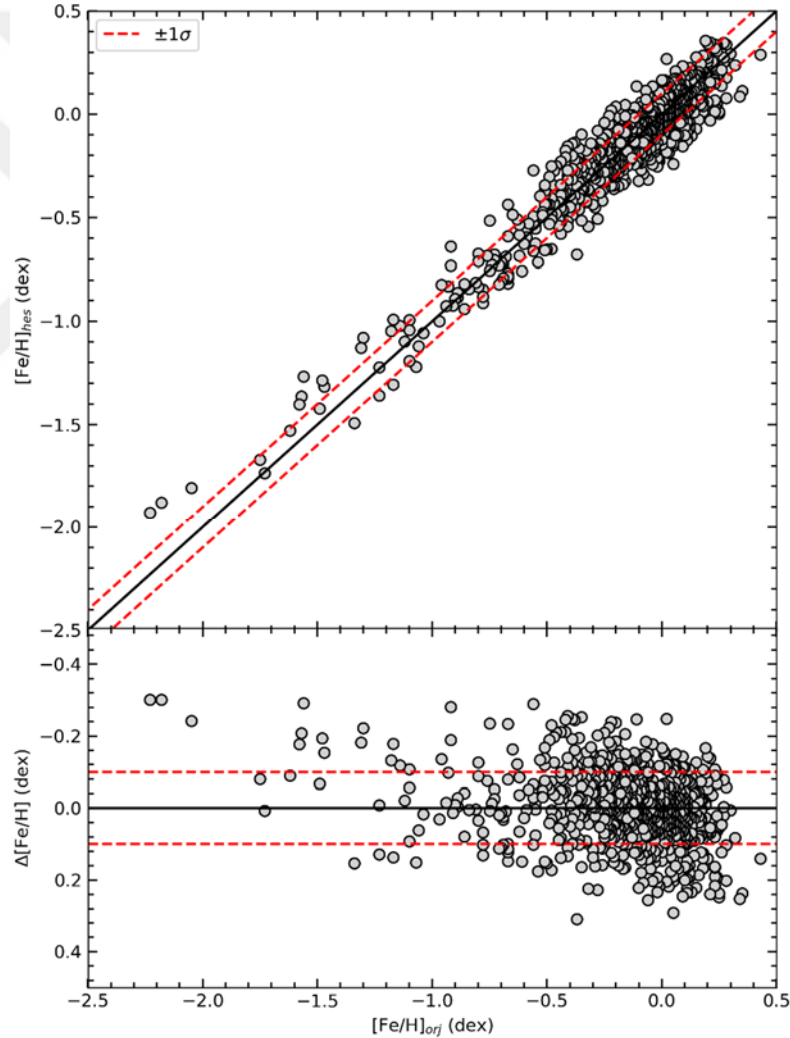
Katsayı	a_1	b_1	c_1	d_1	e_1	f_1
Değer	-10.1565	-16.5461	14.7738	-1.9766	13.3845	-2.6626
	(0.4746)	(0.5188)	(0.9550)	(0.5034)	(0.4997)	(0.1184)

Bağıntı (4.2)'nin korelasyon katsayısı ve standart sapma değeri, sırasıyla, $R^2 = 0.911$ ve $\sigma = 0.010$ dex'tir. Bu bağıntıda $[Fe/H]$, hesaplanan fotometrik metal bolluğu değerini, $(U-B)_0$

¹ <http://www.minitab.com/en-us/>

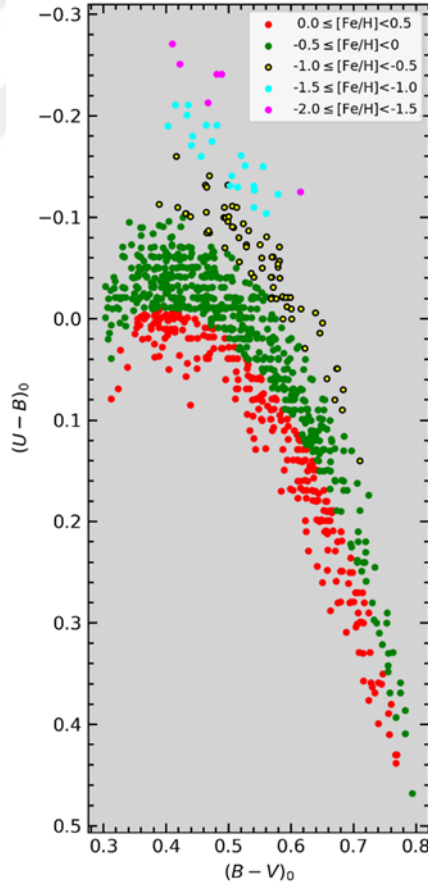
ve $(B-I)_0$ da yıldızların Johnson – Morgan (1953) fotometrik sistemindeki renk indekslerini göstermektedir.

Bu çalışmada hesaplanan fotometrik metal bolluğu değerlerinin ($[Fe/H]_{hes}$) tayfsal metal bolluklarıyla ($[Fe/H]_{orj}$) karşılaştırılmaları Şekil 4.9'un üst panelinde gösterilmiştir. 893 kalibrasyon yıldızının fotometrik metal bollukları bağıntı (4.2)'de verilen değişkenler ile bu değişkenlere ait katsayılar (bkz Tablo 4.2) kullanılarak hesaplanmıştır. Fotometrik metal bolluklarıyla tayfsal metal bollukları arasındaki farklar ($\Delta[Fe/H] = [Fe/H]_{orj} - [Fe/H]_{hes}$) Şekil 4.9'un alt panelinde gösterilmiştir.



Şekil 4.9: 893 kalibrasyon yıldızının fotometrik metal bolluklarıyla tayfsal metal bollukları arasındaki dağılım (üst panel). Siyah düz çizgi bire-bir çizgisini, kesikli kırmızı çizgiler $\pm 1\sigma$ standart sapmaları gösterir. Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden belirlenmiş metal bolluğu farkları (alt panel). Siyah düz çizgi sıfır seviyesini, kırmızı kesikli çizgiler de farkların $\pm 1\sigma$ standart sapmalarını göstermektedir.

Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden hesaplanan metal bolluğu değerleri arasındaki farkların ortalaması $\langle [Fe/H] \rangle$ ile bu farkların standart sapma değeri, sırasıyla, $\langle [Fe/H] \rangle = 0.00$ ve $\sigma_{\langle [Fe/H] \rangle} = 0.099$ dex'tir. Şekil 4.9'un üst panelindeki dağılımın bire-bir çizgisi etrafında yoğunlaştığı ve metal bolluğu farklarındaki saçılmanın da oldukça küçük olduğu görülmektedir. Şekil 4.9'un alt panelinde iki farklı yöntemden hesaplanan metal bolluğu farklarının ± 0.32 dex aralığında bulunduğu ve çoğu kalibrasyon yıldızının $\pm 1 \sigma$ standart sapma değerleri arasında yer aldığı görülmüştür. 893 anakol yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ renk indekslerinin yeni metal bolluğu kalibrasyonuna (Bağıntı 4.2) yerleştirilerek hesaplanan metal bollukları, beş farklı metal bolluğu grubuna göre sınıflandırılmış ve Şekil 4.10'daki $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı üzerinde gösterilmiştir. Söz konusu iki-renk diyagramında diyagramın alt kısımlarındaki yıldızlardan üst kısımlardaki yıldızlara doğru gidildikçe yıldızlar metalce fakirleşmekte olup grup yıldızlarının birbiri içine girmedikleri görülmektedir.



Şekil 4.10: 893 kalibrasyon yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ fotometrik verilerinin bağıntı (4.2)'nin kullanılmasıyla elde edilen metal bolluklarının gruplanması sonucunda oluşturulan $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramı.

Minitab istatistik yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen analizler, yüksek lisans tez çalışmasında elde edilen yeni fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunun $-2 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.5$ dex aralığındaki anakol yıldızlarının metal bolluklarının hesaplanması için oldukça güvenilir olduğunu göstermektedir.

4.3. MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONU

Johnson–Morgan (1953) fotometrik sisteminde mutlak parlaklık (M_V) kalibrasyonunun oluşturulmasında F ve G tayf türündeki seçilen 893 anakol yıldızı dikkate alınmıştır. Bu kalibrasyonun oluşturulmasında anakol yıldızlarının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ renk indeksleri ile *Gaia* DR2 kataloğundaki (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) trigonometrik paralaks verilerinden (3.16) bağıntısıyla hesaplanan M_V mutlak parlaklıkları, Bölüm 3.3'teki (3.15) bağıntısında verilen değişkenlere uygun hale getirilmiş ve verilere çoklu regresyon yöntemi uygulanmıştır. Bağıntıdaki değişkenlerin parametreleriyle bu parametrelerin hataları, Minitab istatistik yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda mutlak parlaklık bağıntısı (4.3) aşağıdaki formuna uygun bir şekilde elde edilmiş ve değişkenlerin katsayıları ve hataları da Tablo 4.3'te verilmiştir.

$$M_V = a_2(U-B)_0^2 + b_2(B-V)_0^2 + c_2(U-B)_0 \times (B-V)_0 + d_2(U-B)_0 + e_2(B-V)_0 + f_2 \quad (4.3)$$

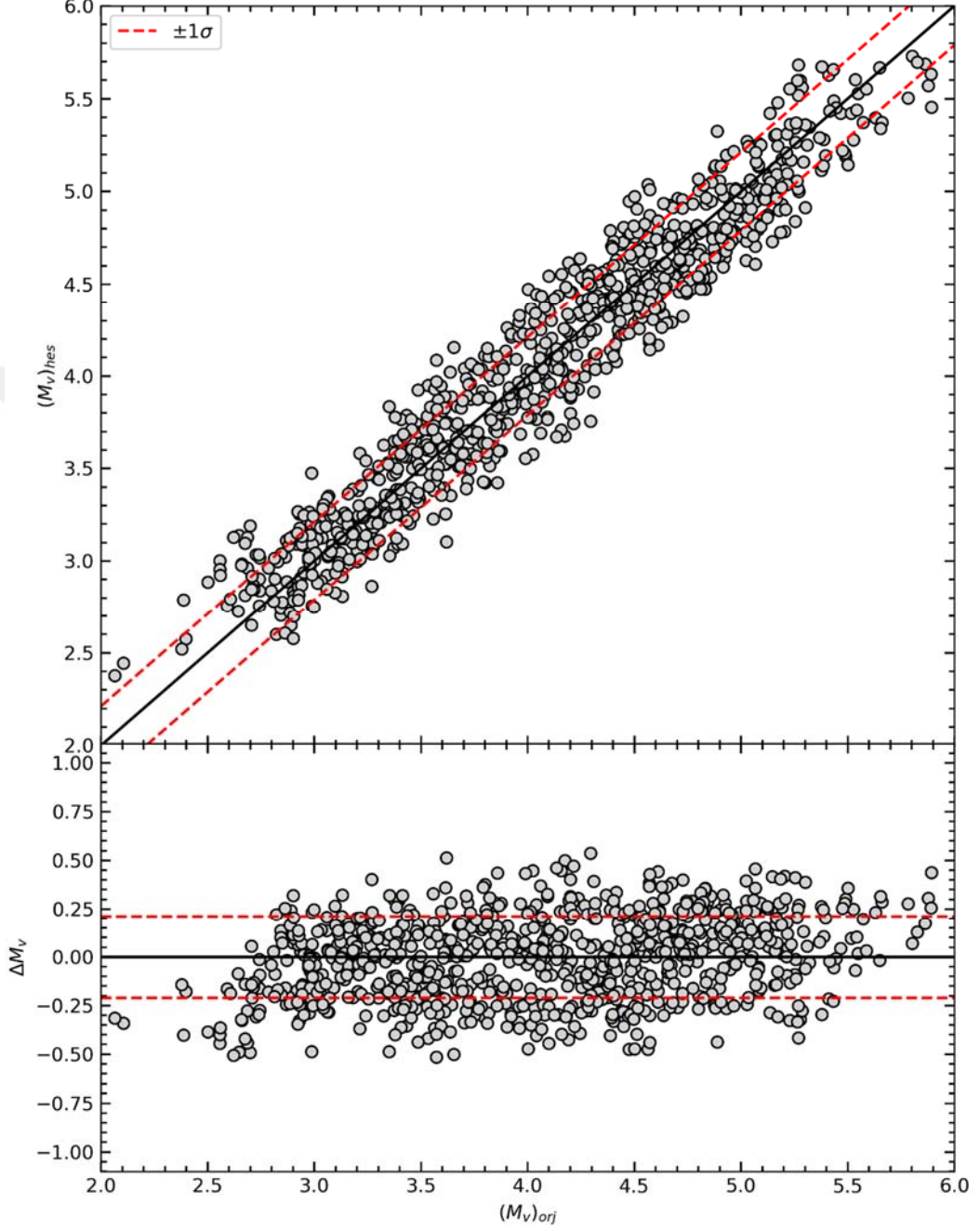
Tablo 4.3: Bağıntı (4.3)'teki değişkenlerin katsayıları ve hataları. Hatalar parantez içinde verilmiştir.

Katsayı	a_2	b_2	c_2	d_2	e_2	f_2
Değer	3.890	16.253	-6.207	-2.115	-6.912	3.2478
	(1.009)	(1.103)	(2.031)	(1.071)	(1.063)	(0.2518)

Bağıntı (4.3)'ün korelasyon katsayısı ve standart sapma değeri, sırasıyla, $R^2 = 0.927$ ve $\sigma = 0.212$ dex'tir. Bu bağıntıda M_V , hesaplanan mutlak parlaklık değerini, $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ de yıldızların Johnson – Morgan (1953) fotometrik sistemindeki renk indekslerini göstermektedir.

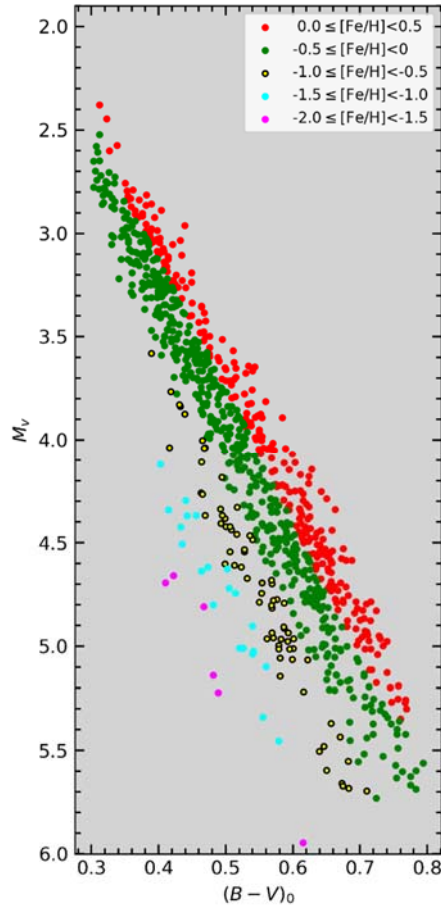
Bu çalışmada hesaplanan mutlak parlaklık değerlerinin ($(M_V)_{hes}$) *Gaia* DR2 (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundaki trigonometrik paralaks verilerinden belirlenen mutlak parlaklıklar ile ($(M_V)_{orj}$) karşılaştırılmaları Şekil 4.11'in üst panelinde gösterilmiştir. 893 kalibrasyon yıldızının mutlak parlaklıkları bağıntı (4.3)'te verilen değişkenler ile bu değişkenlere ait katsayılar (bkz

Tablo 4.3) kullanılarak hesaplanmıştır. İki farklı yöntemden elde edilen mutlak parlaklıklar arasındaki farklar ($\Delta M_V = (M_V)_{orj} - (M_V)_{hes}$) Şekil 4.11'in alt panelinde gösterilmiştir.



Şekil 4.11: 893 kalibrasyon yıldızının bağıntı (4.3) ile hesaplanan mutlak parlaklılarıyla *Gaia* DR2 (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundan alınan trigonometrik veriler kullanılarak elde edilen mutlak parlaklıkları arasındaki dağılım (üst panel). Siyah düz çizgi bire-bir çizgisini, kesikli kırmızı çizgiler $\pm 1\sigma$ standart sapmaları gösterir. Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden belirlenmiş mutlak parlaklık farkları (alt panel). Siyah düz çizgi sıfır seviyesini, kırmızı kesikli çizgiler de farkların $\pm 1\sigma$ standart sapmalarını göstermektedir.

Kalibrasyon yıldızlarının iki farklı yöntemden hesaplanan mutlak parlaklık değerleri arasındaki farkların ortalaması $\langle M_V \rangle$ ile bu farkların standart sapma değeri, sırasıyla, $\langle M_V \rangle = 0.00$ ve $\sigma_{\langle M_V \rangle} = 0.21$ kadirdir. Şekil 4.11'in üst panelindeki dağılımın bire-bir çizgisi etrafında yoğunlaştığı ve mutlak parlaklık farklarındaki saçılmanın da küçük olduğu görülmektedir. Şekil 4.11'in alt panelinde iki farklı yöntemden hesaplanan mutlak parlaklık farklarının ± 0.55 kadir aralığında bulunduğu ve çoğu kalibrasyon yıldızının $\pm 1 \sigma$ standart sapma değerleri arasında yer aldığı görülmüştür. 893 anakol yıldızın $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ renk indekslerinin yeni mutlak parlaklık kalibrasyonuna (Bağıntı 4.3) yerleştirilerek hesaplanan mutlak parlaklıkları, beş farklı metal bolluğu grubuna göre sınıflandırılmış ve Şekil 4.12'deki $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramı üzerinde gösterilmiştir. Söz konusu renk-mutlak parlaklık diyagramının üst kısımlarındaki yıldızlardan alt kısımlardaki yıldızlara doğru gidildikçe yıldızlar metalce fakirleşmekte olup grup yıldızlarının birbiri içine girmedikleri görülmektedir.



Şekil 4.12: 893 kalibrasyon yıldızının $(U-B)_0$ ve $(B-V)_0$ fotometrik verilerinin bağıntı (4.2) kullanılmasıyla elde edilen metal bolluklarının gruplanması sonucunda oluşturulan $M_V \times (B-V)_0$ renk-mutlak parlaklık diyagramı.

Minitab istatistik yazılımı kullanılarak gerçekleştirilen analizler, yüksek lisans tez çalışmasında elde edilen yeni mutlak parlaklık kalibrasyonunun $2 < M_V < 6$ kadir aralığındaki anakol yıldızlarının mutlak parlaklık hesaplanması için oldukça güvenilir olduğunu göstermektedir.

4.4. YENİ KALİBRASYONLARIN SA 141 YILDIZ ALANINA UYGULANMASI

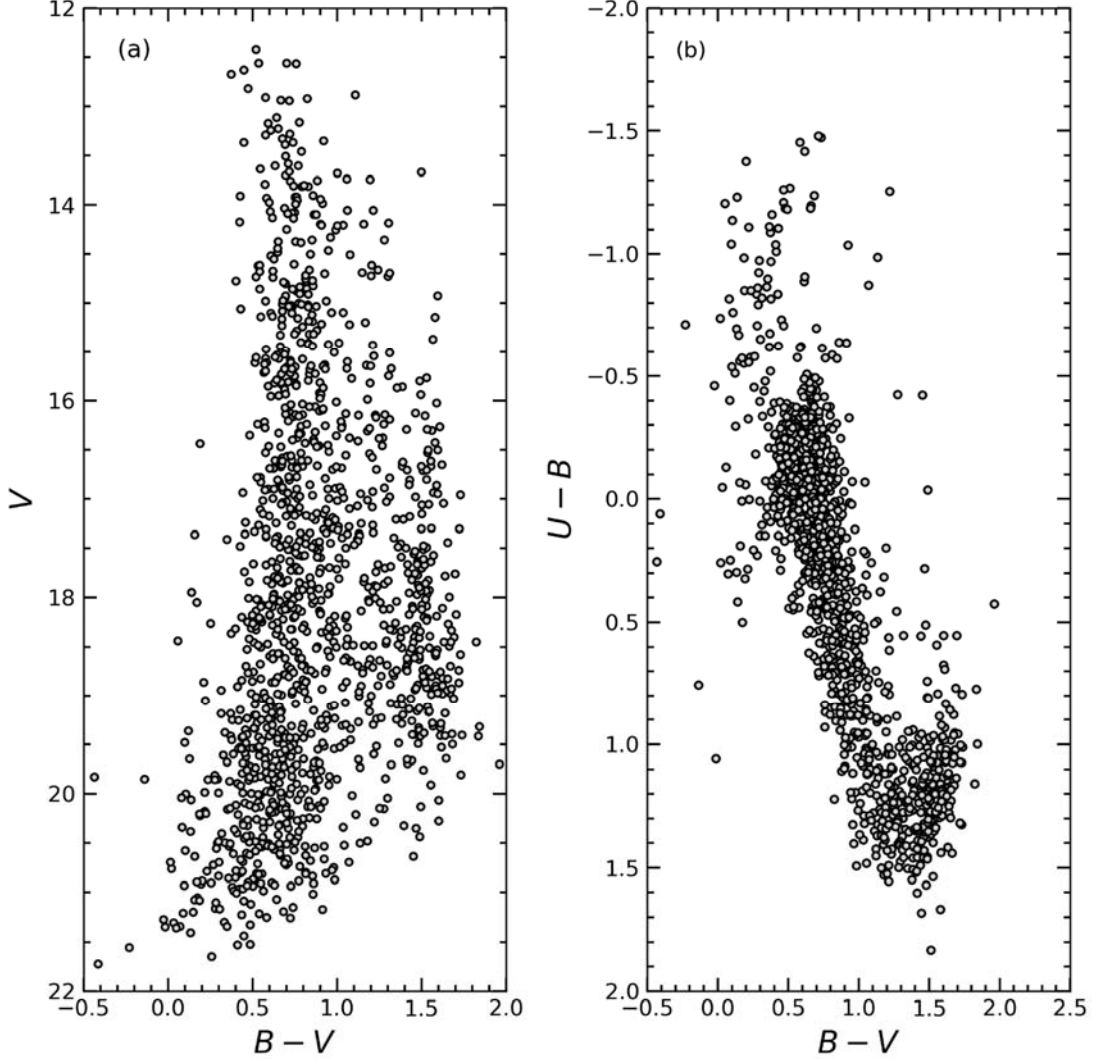
Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan yeni kalibrasyonlar, SA 141 yıldız alanında bulunan farklı Galaktik popülasyonlardaki yıldızların metal bollukları ve uzaklıklarının belirlenmesinde kullanılmış ve Galaktik düzlemden dik doğrultulardaki farklı uzaklıklar için metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır.

4.4.1 Renk – Parlaklık ve İki – Renk Diyagramları

SA 141 yıldız alanına ait CCD *UBVRI* fotometrik verileri, Bölüm 3.1.2’de detaylıca bahsedildiği gibi, Siegel ve diğ. (2009)’nin çalışmasından alınmıştır. Veriler tez danışmanının Dr. Siegel ile 20 Kasım 2011 tarihinde yapmış olduğu özel yazışmayla Bölümümüze getirilmiştir. Dr. Siegel o günkü çalışma şartlarına uygun olarak elindeki verileri sadece “yıldız” örneğini içerecek şekilde göndermiştir. Çalışmasında SA141 yıldız alanında bulunan tüm nesnelerin derin CCD *UBVRI* gözlemlerini yapmış ve nesnelerin biçimsel sınıflamalarını Bölüm 3.5’te bahsedilen yöntem ile analiz ederek yıldız/galaksi-dışı ayrımını gerçekleştirmiştir. Bu nedenle Siegel ve diğ. (2009)’nin fotometrik verileri sadece yıldız örneğine aittir.

Siegel ve diğ. (2009)’ne ait fotometrik verilerin analizine geçilmeden önce biçimsel olarak ayrımı yapılan yıldız örneği içine karışmış diğer galaksi-dışı nesneleri belirleyebilmek için $V \times (B-V)_0$ renk-parlaklık ve $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramlarının incelenmesi gerekmektedir. SA 141 yıldız alanında biçimsel olarak sınıflaması yapılan 1,299 yıldızın bulunduğu tespit edilmiştir. Yüksek lisans tez çalışmasında üretilen kalibrasyonlar, Johnson-Morgan (1953) fotometrik sistemindeki *UBV* bandlarına duyarlı olduğundan 1,299 yıldızının $V \times (B-V)_0$ renk-parlaklık ve $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramlarında renk uzaylarındaki konumları incelenmiştir (Şekil 4.13). SA 141 yıldız alanının $V \times (B-V)_0$ renk-parlaklık diyagramına bakıldığında (Şekil 4.13a) üç modlu bir dağılım bulunduğu göz ile tespit edilebilmektedir. Buna göre ilk iki mod görünen parlaklıkları $V \leq 18$ ve $V > 18$ kadir olan bölgelerdeki yıldızların,

sırasıyla, ortalama renk indeksleri $\langle B-V \rangle = 0.7$ ve $\langle B-V \rangle = 0.5$ kadir ve üçüncü mod da görünen parlaklıkları $V > 15$ kadir ve ortalama renk indeksi $\langle B-V \rangle = 1.5$ kadir civarındadır.



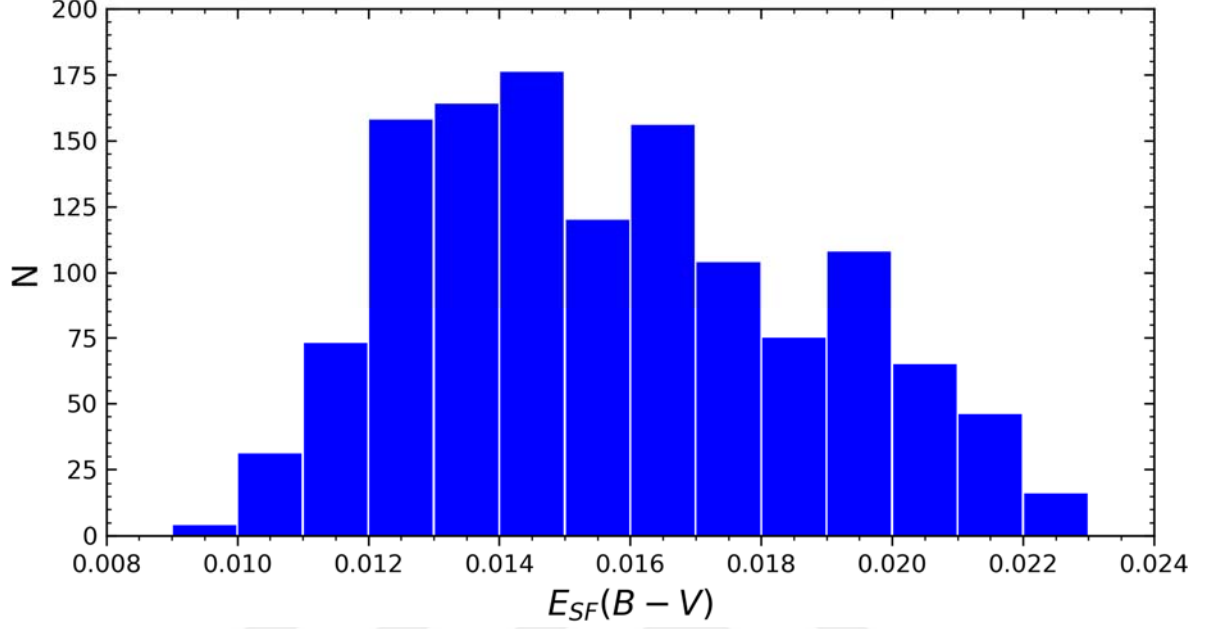
Şekil 4.13: Johnson-Morgan (1953) fotometrik sistemindeki UBV bandlarına duyarlı 1,299 yıldızın $V \times (B-V)$ renk-parlaklık (a) ve $(U-B) \times (B-V)$ (b) iki-renk diyagramlarında renk uzaylarındaki konumları.

Renk-parlaklık diyagramında belirlenen bu yoğun yıldız bölgeleri Galaksimizin üç temel yıldız popülasyonuna aittir. Buna göre modların parlaklık ve renk indekslerinde yoğunlaştığı ($V \leq 18$, $\langle B-V \rangle = 0.7$), ($V > 18$, $\langle B-V \rangle = 0.5$) ve ($V > 15$, $\langle B-V \rangle = 1.5$) bölgelerindeki yıldızlar, sırasıyla, Galaksimizin kalın disk, halo ve yaşlı ince disk popülasyonu temsil eder. Bu bulgu, Chen ve diğ. (2001)'nin SDSS fotometrisinde ve Bilir ve diğ. (2006a)'nin Vega fotometrisinde inceledikleri farklı yıldız alanlarındaki sonuçlar ile oldukça uyumludur. Yani SA 141 yıldız alanında Galaksimizin üç temel popülasyonuna ait yıldızlar bulunmaktadır.

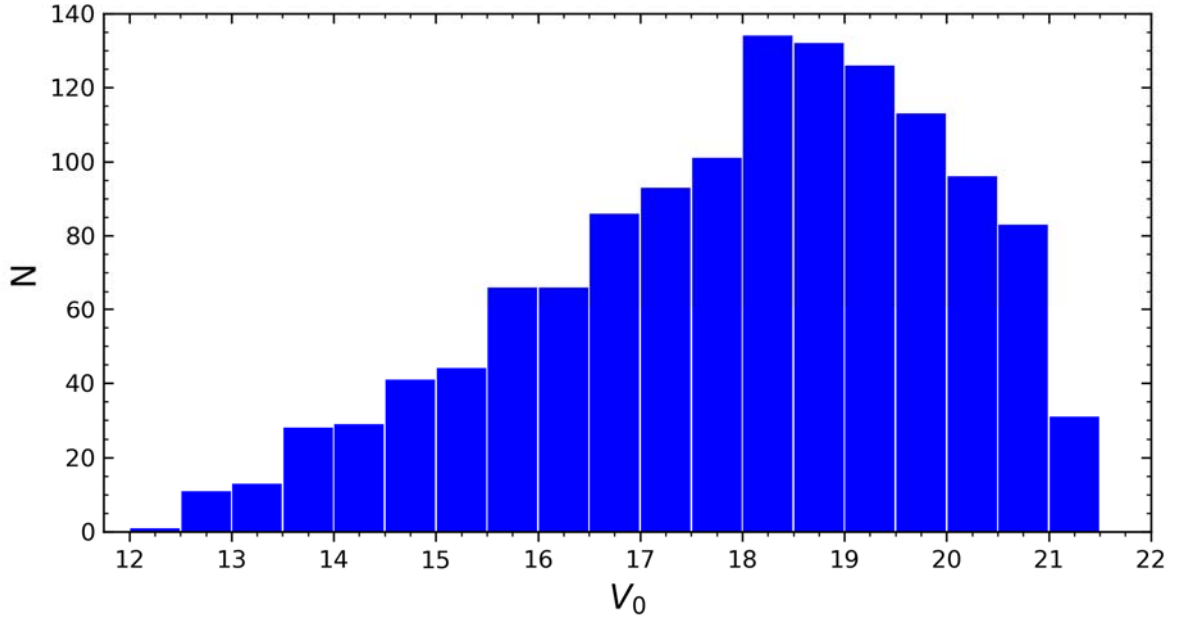
SA 141 yıldız alanındaki nesnelere fotometrik analizlerine geçmeden önce yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüleme ve kızarma etkilerinin nesnelere ait fotometrik ölçümlerden arındırılması gerekmektedir. Yıldız alanındaki her bir nesnenin UBV fotometrisindeki renk artıkları ($E_{SF}(B-V)$), nesnelere Galaktik koordinatları dikkate alınarak, Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından belirlenmiştir. SA 141'deki nesnelere $V = 12$ kadirinden daha sönük olduğu Şekil 4.13a'dan görülmektedir. Buna göre yıldız alanındaki en parlak nesnelere anakol ve Güneş benzeri olduğu kabul edilirse, bu yıldızların Güneş'e uzaklığı yaklaşık 330 pc hesaplanmaktadır. Galaksimizdeki tozun yükseklik ölçeği $100 \leq H_{Toz} \leq 125$ pc aralığında verilmektedir (Marshall ve diğ., 2006). Tozun yükseklik ölçeği $H_{Toz} = 100$ pc ve eksponansiyel bir değişim gösterdiği kabul edilirse, $\sim \exp(Z/H_{toz})$, Galaktik düzlemden $Z = 330$ pc uzaklıkta bulunan bir yıldız, $\%100 - \exp(-\frac{330}{100})$ bağıntısıyla, yaklaşık %75 oranında yıldızlararası ortamın neden olduğu sönmüleme ve kızarma etkisine maruz kalır. Tahmin edileceği gibi sönük yıldızlara doğru gidildikçe bu etki en büyük değerine ulaşacaktır. SA 141 yıldız alanında $V = 13$ kadirinden daha sönük, Güneş benzeri anakol yıldızları Galaktik düzlemdaki gaz ve tozun tüm etkilerine maruz kalmaktadır. Şekil 4.13a'dan da görüleceği gibi SA 141 yıldız alanındaki çoğu nesnenin $V = 12$ kadirinden daha sönük olduğundan Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından alınan $E_{SF}(B-V)$ renk artıkları Güneş ile yıldız arasındaki uzaklığa indirgenmemiştir. Yıldız alanındaki her bir kaynağın renk artıklarına ait histogramı Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Yıldızların renk artıklarının $0.009 \leq E_{SF}(B-V) \leq 0.023$ kadir aralığında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu renk artığı değerleri, beklenildiği gibi, yüksek Galaktik enlemlerdeki renk artıklarıyla uyumludur. SA 141 yıldız alanındaki nesnelere UBV fotometrisindeki sönmüleme ve kızarmadan arındırılmasında Bölüm 3.2'te verilen bağıntılar (3.3) – (3.6) kullanılmıştır.

Bir yıldız alanı üzerine yapılan ilk analiz fotometrik tamlık üzerine olup gözlemlerdeki pozlama süresi ve teleskobun ayna çapıyla doğrudan ilişkilidir. Yüksek lisans tez çalışmasında, SA 141 yıldız alanı doğrultusunda nesnelere parlaklık sınırlarını belirleyebilmek için her bir nesnenin yıldızlararası ortamın sönmüleme etkisinden arındırılmış V_0 parlaklıklarının histogramı oluşturulmuştur. Şekil 4.15'de gösterilen V_0 parlaklık histogramında nesnelere $12 < V_0 \leq 21.5$ kadir aralığında bulunduğu ve $V_0 = 19.5$ kadirinde yıldız sayılarında belirgin bir azalmanın olduğu dikkate çekilmektedir. Bu da çalışmanın sönük limit parlaklığının $V_0 = 19.5$ kadir

olduğunu göstermektedir. Bu sınır dikkate alındığında SA 141'deki nesne sayısı 971 olmaktadır.

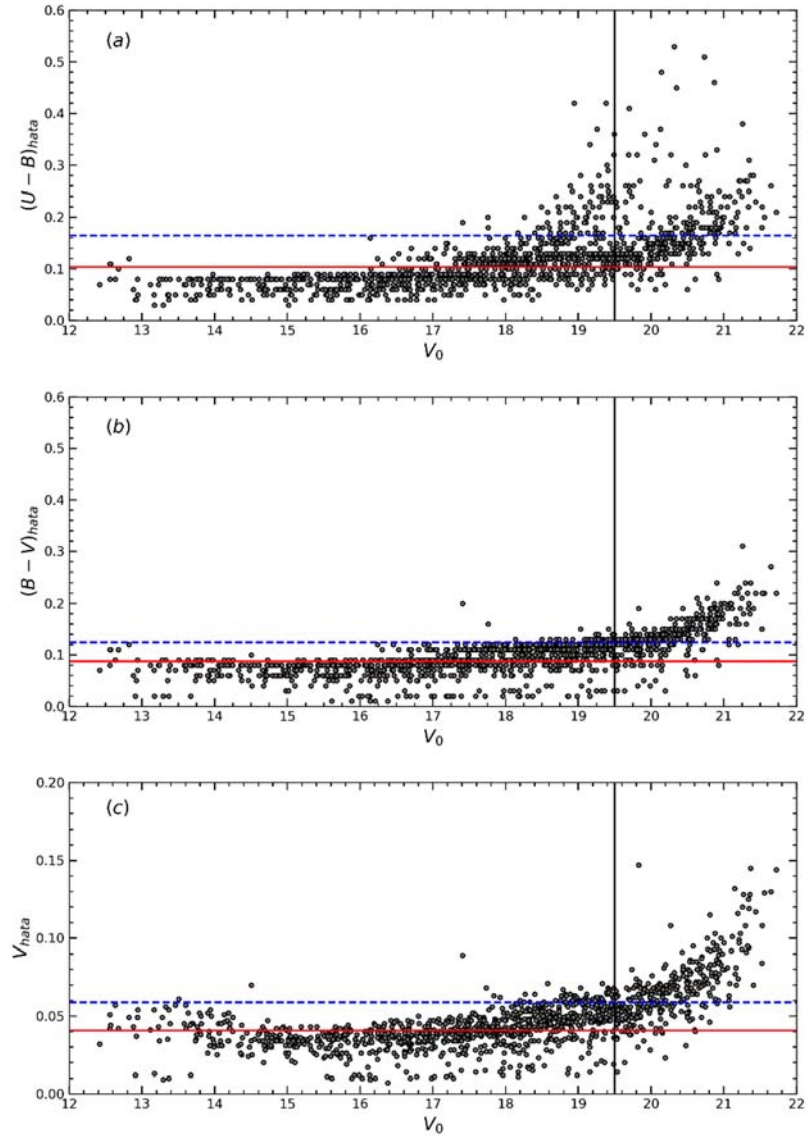


Şekil 4.14: SA 141 yıldız alanındaki 1,299 nesnenin Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından hesaplanan $E_{SF}(B-V)$ renk artışı değerleri.



Şekil 4.15: SA 141 yıldız alanındaki nesnelerin V_0 parlaklık histogramı.

Fotometrik analizlerde tamlık sınırı çalışmalarından sonra yapılan bir başka önemli analiz de gözlemlerdeki iç hataların belirlenmesidir. Bunun için $(U-B)_{hata} \times V_0$, $(B-V)_{hata} \times V_0$ ve $V_{hata} \times V_0$ diyagramlarının oluşturulması parlaklık ve renk indeksindeki hataların belirlenmesi gerekir. Şekil 4.16'da SA 141 yıldız alanındaki nesnelerin parlaklık ve renk indekslerindeki hatalar, V_0 görünen parlaklığının bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Şekildeki her bir panelde gösterilen dik siyah çizgi, bu çalışmada yıldız alanı için belirlenen fotometrik tamlık sınırını ($V_0 = 19.5$ kadar) ifade etmektedir.



Şekil 4.16: SA 141 yıldız alanındaki nesnelerin renk indekslerindeki (a, b) ve parlaklıktaki (c) hataları. Her bir paneldeki siyah düz çizgi tamlık sınırını, kırmızı düz çizgi tamlık sınırı içinde kalan nesneler için hesaplanan ortalama hatayı ve mavi kesikli çizgi de dağılımın $+1\sigma$ seviyesini gösterir.

Parlaklık ve renk indekslerindeki hatalar görünen parlaklığın bir fonksiyonu olarak incelendiğinde sönük parlaklıklara doğru hataların belirgin bir şekilde arttığı görülmektedir. Yıldız alanındaki en parlak nesnelere parlaklık ve renk indekslerinin CCD görüntüsü üzerindeki doygun seviyesine yakın bulduklarından daha sönük parlaklıktaki nesnelere göre daha büyük iç hatalara sahiptir. SA 141'deki nesnelere görünen parlaklıklarındaki ortalama hatası ve bu hatanın standart sapma değeri, sırasıyla, $\langle V_{hata} \rangle = 0.041$ ve $\sigma_{V_{hata}} = 0.018$ kadirdir. Benzer şekilde $U-B$ ve $B-V$ renk indekslerindeki ortalama hatalar ve bu hataların standart sapma değerleri de, sırasıyla, $\langle (U-B)_{hata} \rangle = 0.104$, $\langle (B-V)_{hata} \rangle = 0.087$ ve $\sigma_{(U-B)_{hata}} = 0.061$, $\sigma_{(B-V)_{hata}} = 0.037$ kadir olarak hesaplanmıştır. Yüksek lisans tez çalışmasında kalibrasyonların UBV fotometrisindeki parlaklık ve renk indekslerine bağlı olması ve metal bolluğu gradyentinin duyarlı olarak hesaplanabilmesi için SA 141 yıldız alanındaki nesnelere fotometrik olarak yeterince duyarlı seçilmesini gereklidir. Bu amaç doğrultusunda parlaklık ve renk indekslerindeki ortalama hatalara, 1σ değeri eklenerek fotometrik hatalara bir üst sınır getirilmiştir. Buna göre SA 141 yıldız alanındaki en büyük parlaklık ve renk indeksi hataları $V_{hata} = 0.059$, $(U-B)_{hata} = 0.165$ ve $(B-V)_{hata} = 0.124$ kadir olarak hesaplanmış ve nesnelere seçimi için bu sınır değerler dikkate alınarak örnek sayısı 840'a indirgenmiştir.

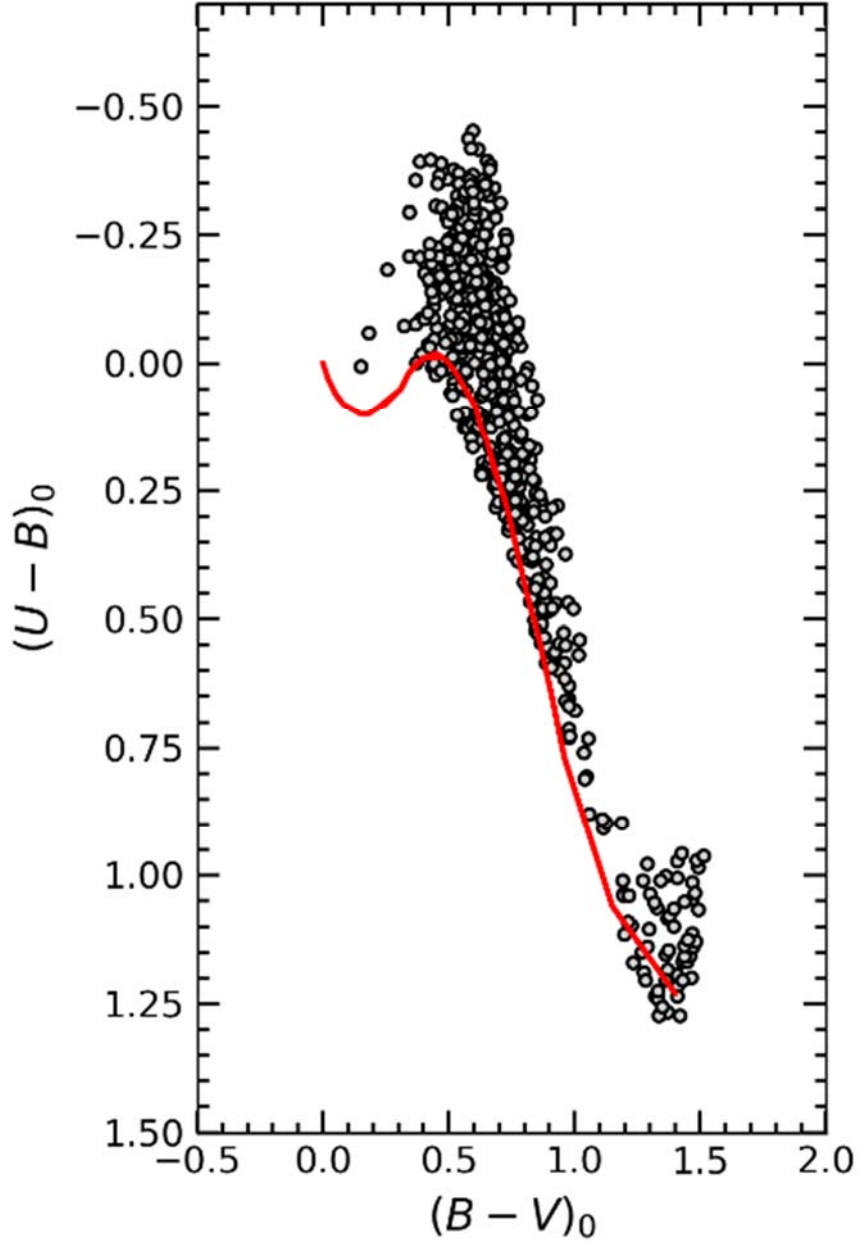
SA 141 yıldız alanındaki nesnelere $(U-B) \times (B-V)$ iki-renk diyagramlarındaki konumlarına bakıldığında $-0.5 < U-B < 1.5$ ve $0.4 < B-V < 1.8$ kadir aralığındaki anakol bandının yoğun bir şekilde olduğu Şekil 4.13b'den görülmektedir. Fakat renk indeksi $U-B = -0.5$ kadirinden daha mavi ve anakol bandının alt ve üst kısımlarında görülen nokta kaynakların da $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramlarında yer aldığı görülmektedir. Bu nesnelere içinde küçük kırmızıya kayma gösteren kuazarlar, çift yıldızlar ve az sayıda da evrimleşmiş yıldız bulunabilir. Küçük kırmızıya kayma gösteren kuazarların anakol yıldızlarından ayırt edilebilmesi için Chen ve diğ. (2001) renk uzayında $(u-g)_0 > 0.50$ sınırlamasını kullanmışlardır. Bu renk indeksinin Smith ve diğ. (2002)'ne ait dönüşüm formüllerinden UBV fotometrik sistemine dönüştürülmesiyle kuazar sınırının yaklaşık $U-B = -0.48$ kadir olduğu görülmüştür. Bu bulgu, Siegel ve diğ. (2009) tarafından da çalışmalarında dikkate alınmıştır. Yüksek lisans tez çalışmasında ise bu sınırın yaklaşık $U-B = -0.50$ kadir olarak alınması tercih edilmiştir. SA 141 yıldız alanındaki çift yıldızların tek zamanlı fotometrik gözlem tekniği kullanılarak ayırt edilebilmesi neredeyse imkânsızdır. Bu etkinin ortadan kaldırılabilmesi için alandaki yıldızların tayf gözlemlerinin yapılması ayrıca uzun dönemli fotometrik değişiminin araştırılması gerekmektedir. Bu işlem

yapılmadığı sürece SA 141 yıldız alanındaki çift yıldız etkisi ortaya konamaz. Evrimleşmiş yıldızların ayrımı ise literatürdeki birçok çalışmada verilen yöntemler ile yapılabilmektedir (Becker, 1962; Bilir ve diğ. 2006b; Helmi ve diğ. 2003). Özellikle renk indeksi $B-V = 1$ kadirinden daha büyük olan yıldızlar içinde evrimleşmişlerin sayısı fazladır. Bu etki sönük parlaklıklara doğru yerini anakol yıldızlarına bırakmaktadır. Tez çalışmasında üretilen yeni kalibrasyonlar $0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ kadir aralığındaki anakol yıldızları için geçerli olduğundan, yukarıda bahsedilen bilgi çerçevesinde, evrimleşmiş yıldızların bulunduğu bölgeyle çakışmamaktadır. Bu nedenle SA 141 yıldız alanı içinde dev/cüce yıldız ayırımına gidilmemiştir. Sonuç olarak, yıldız alanı içinde küçük kırmızıya kayma gösteren kuazarları ayırt edebilmek (Chen ve diğ., 2001) ve anakol bandı dışında yer alan nesnelere örnekten çıkartabilmek için Fan (1999)'ın renk uzaylarındaki sayısal benzetimler dikkate alınarak anakol yıldızlarının seçimi gerçekleştirilmiştir. Bu sınırlamalar sonucunda SA 141 yıldız alanı için anakol yıldızı olarak sınıflanan nesne sayı 434 olmuştur. Yıldız alanı içinde farklı nesnelere yıldız örneğinden ayırt edilmesi sonucunda oluşturulan $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramındaki konumlar Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Ayrıca bu şekil üzerinde, Eker ve diğ. (2018)'nin popülasyon I türündeki anakol yıldızlarının renk uzaylarındaki konumlarını gösteren kırmızı düz çizgide verilmiştir. Genel olarak SA 141 yıldız alanında seçilen anakol yıldız örneği Eker ve diğ. (2018)'nin anakoluyla oldukça uyumludur. Farklı Galaktik popülasyondaki anakol yıldızlarının, beklenildiği gibi, metal bollukları fakirleştikçe $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramındaki anakol bandını genişlettiği görülmektedir. SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarının fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklıklarının belirlenmesinde bu yüksek lisans tez çalışmasında elde edilen (4.2) ve (4.3) bağıntıları kullanılmıştır. Kalibrasyonlar $0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ kadir aralığında geçerli olduğundan SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarına son bir sınırlama daha getirilmiş ve F ve G tayf türündeki yıldız sayısı 180 olmuştur.

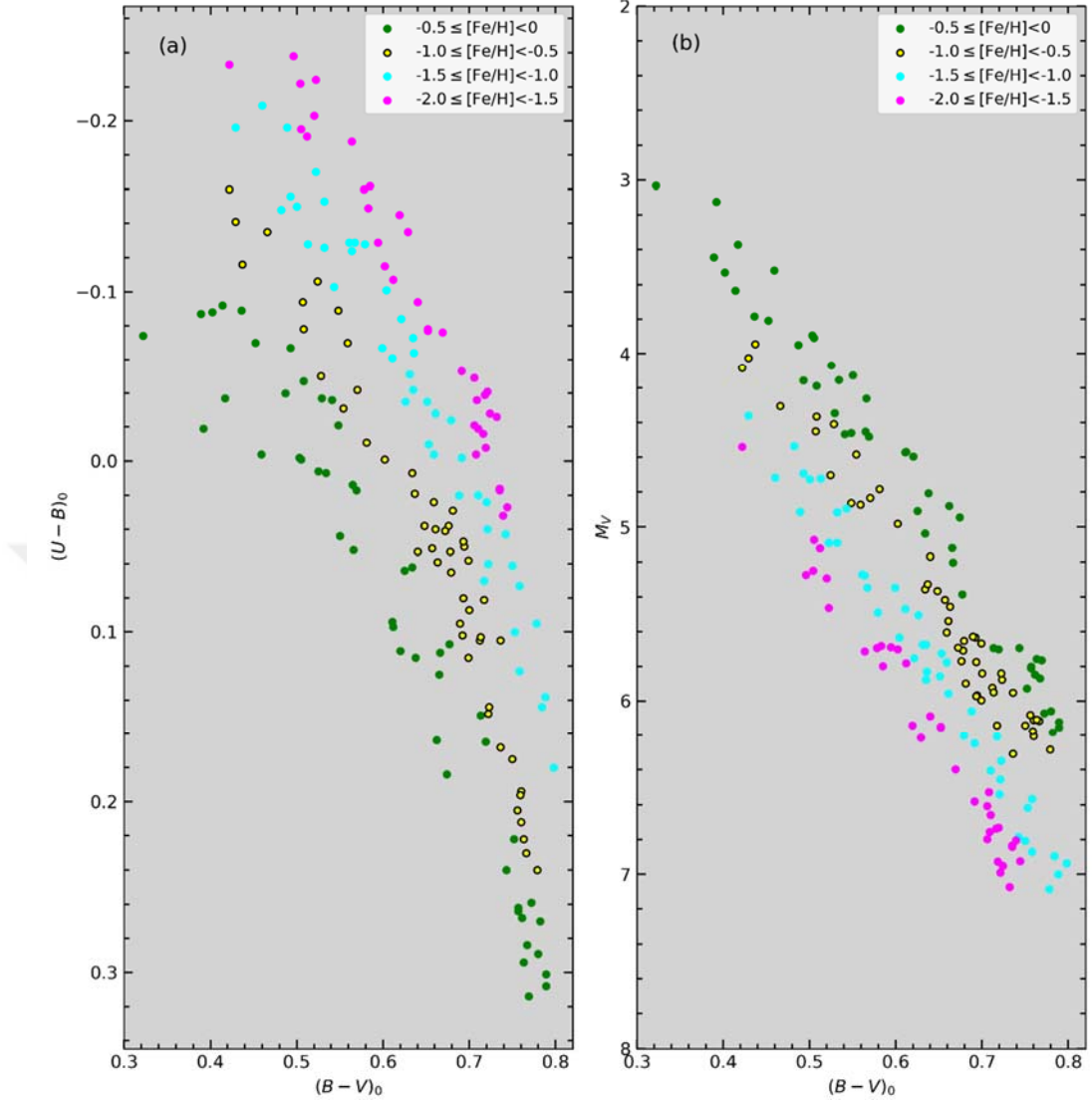
4.4.2 Anakol Yıldızlarının Metal Bollukları ve Mutlak Parlaklıklarının Hesaplanması

Metal bollukları ve mutlak parlaklıkları yeni kalibrasyonlar ile hesaplanan 180 anakol yıldızının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk ve $M_V \times (B-V)_0$ mutlak parlaklık-renk diyagramlarındaki konumları metal bolluklarına göre renklendirilerek Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Yıldızların hesaplanan metal bolluklarına göre $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramındaki (Şekil 4.18a) konumları incelendiğinde metalce en zengin grubun diyagramın en alt kısmında, metalce en fakir yıldız grubun ise diyagramın en üst kısmında bulunduğu ve gruptaki yıldızlarının birbirleri içine

karışmadıkları görülmektedir. Benzer durum $M_V \times (B-V)_0$ mutlak parlaklık-renk diyagramında (Şekil 4.18b) da dikkat çekicidir. Buna göre metalce en zengin grup diyagramın en üst kısmında, metalce en fakir grup ise diyagramın en alt kısmında yer almaktadır. Diğer metal bolluklarındaki yıldızların da farklı gruplardaki yıldızlara karışmadıkları tespit edilmiştir.

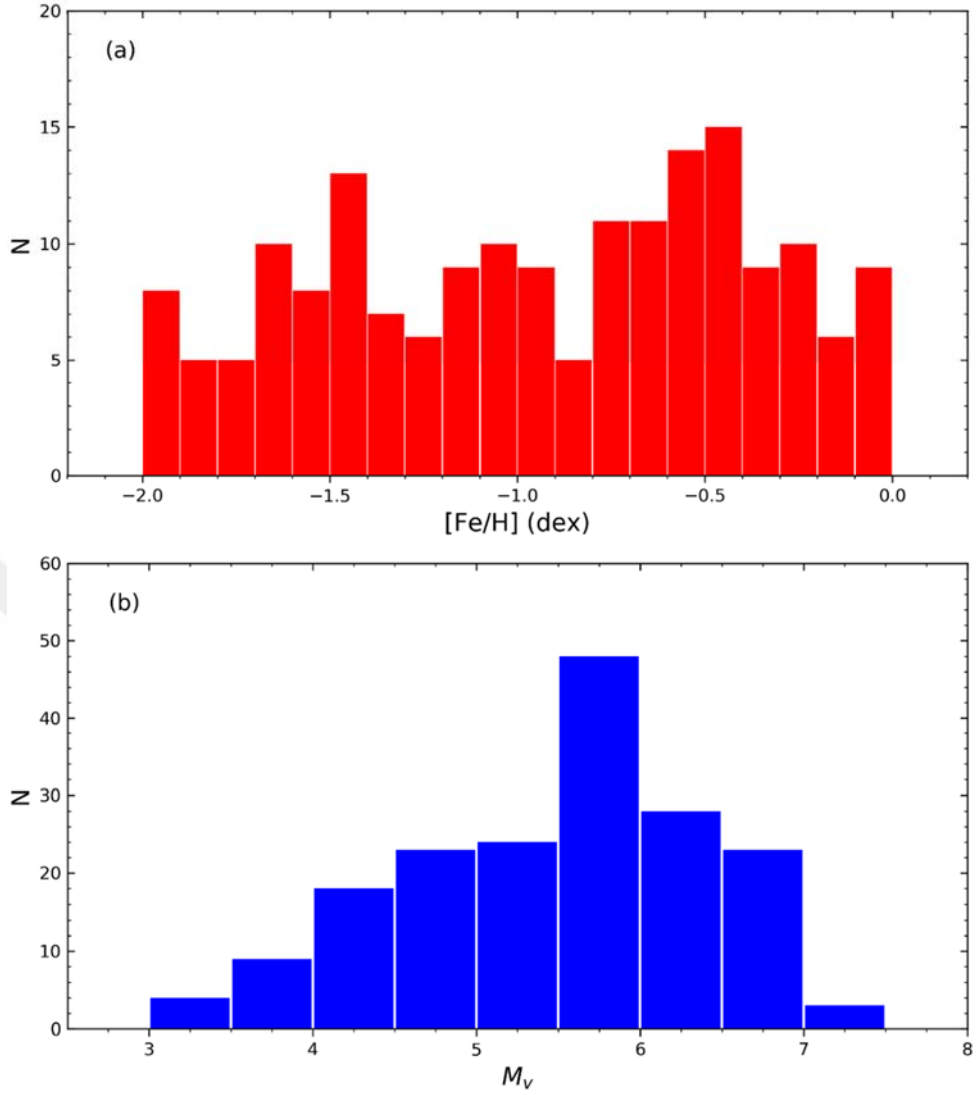


Şekil 4.17: SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramındaki konumları. Kırmızı düz çizgi Eker ve diğ. (2018)'nin popülasyon I türündeki anakol yıldızlarının renk uzaylarındaki konumlarını göstermektedir.



Şekil 4.18: SA 141 yıldız alanındaki 180 anakol yıldızının $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk (a) ve $M_V \times (B-V)_0$ mutlak parlaklık-renk (b) diyagramlarındaki konumları. Yıldızlar metal bolluklarına göre gruplandırılmış ve diyagram üzerinde farklı renkler ile gösterilmiştir.

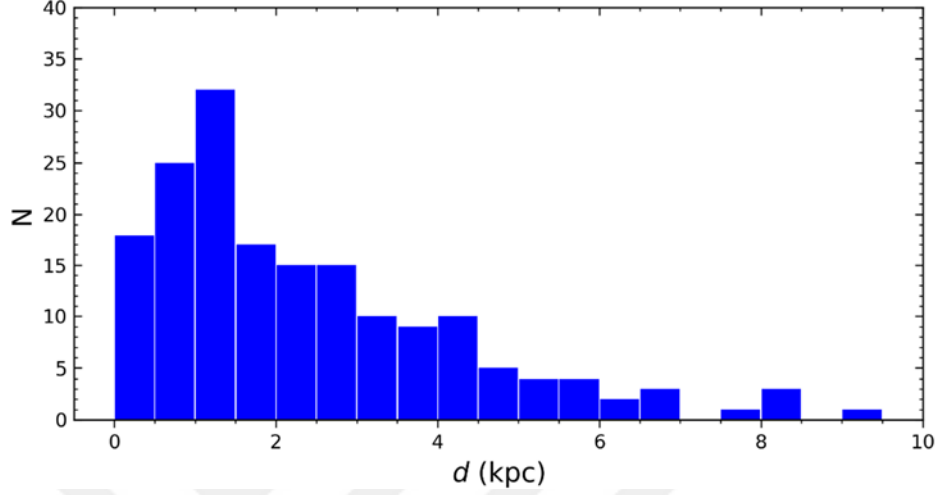
Yeni kalibrasyonların SA 141 yıldız alanındaki anakol yıldızlarına uygulanması sonucunda hesaplanan metal bollukları ve mutlak parlaklıklarının histogramları Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Anakol yıldızların metal bolluğu dağılımları (Şekil 4.19a) incelendiğinde, $-2 < [Fe/H] < 0$ dex aralıklarında buldukları ve bu aralıklarında en az iki en fazla 17 yıldızın yer aldıkları görülmüştür. Yıldız alanı yüksek Galaktik enlemlerde bulunduğu için farklı popülasyonlarda bulunan yıldız gruplarının sayıları hemen hemen birbirine eşittir. Benzer incelemeler 180 anakol yıldızının mutlak parlaklık dağılımı (Şekil 4.19b) için yapıldığında yıldızların $3 < M_V < 7.5$ kadir aralığında buldukları ve dağılımın orta kısımlarında yıldız sayılarının hemen hemen eşit olduğu görülmüştür.



Şekil 4.19: Yeni metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarına göre SA 141 yıldız alanında bulunan F ve G tayf türündeki 180 anakol yıldızının metal bolluğu (a) ve mutlak parlaklık (b) dağılımlarına ait histogramlar.

Yıldızların V_0 görünen parlaklıklarıyla hesaplanan M_V mutlak parlaklıkları bağıntı (3.16)'da verilen Pogson bağıntısında kullanılarak Güneş'e uzaklıkları (d) tayin edilmiştir. Anakol yıldızlarının uzaklıklarındaki belirsizliklerin hesaplanması için bağıntı (3.17), Galaktik düzlemde dik doğrultudaki uzaklıklarının (Z) tayininde de bağıntı (3.18) kullanılmıştır. SA 141 yıldız alanı yüksek Galaktik enlemlerli bir alan olduğu için yıldız uzaklıkları hemen hemen Galaktik düzlemde dik doğrultudaki uzaklıklara eşittir. 180 anakol yıldızının Güneş'e uzaklıklarına göre oluşturulmuş histogramı Şekil 4.20'de gösterilmiştir. Yıldızların $d = 10$ kpc'lik uzaklıklara kadar eriştiği fakat büyük kısmının $d = 5$ kpc'den daha yakın uzaklıklarda toplandıkları görülmektedir. SA 141 yıldız alanında incelenen 180 anakol yıldızının metal

bollukları ve Güneş'e uzaklıkları bir arada analiz edildiğinde Galaksimizdeki üç popülasyona üye yıldızların buldukları tespit edilmiştir. Bu bağlamda farklı uzaklık aralıkları için metal bolluğu gradyent araştırmasının yapılabileceği görülmektedir.



Şekil 4.20: SA 141 yıldız alanındaki 180 F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının Güneş'e uzaklıklarına ait histogram.

4.4.3 SA 141 Yıldız Alanında Metal Bolluğu Gradyent Hesabı

Samanyolu'nun oluşumu ve evriminin anlaşılmasında Galaktik düzleme dik doğrultuda hesaplanan metal bolluğu gradyentinin önemli bir rolü vardır. Günümüzde metal bolluğu gradyent hesabının duyarlı analizinin yapılabilmesi için çok sayıda yıldızın yüksek çözünürlüklü tayf verilerinden belirlenen metal bolluklarıyla *Gaia* uydu verilerinden sağlanacak trigonometrik verilerinin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Fakat sönük yıldızların duyarlı tayfları henüz elde edilemediğinden bu yıldızlar için fotometrik yöntemlerden belirlenen metal bolluğu değerleri güncelliğini halen korumaktadır. Yüksek lisans tez çalışmasında Güneş civarında incelenen yıldızlardan hesaplanan yeni fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonları bu açıdan önemlidir. Özellikle derin CCD gözlemleri bulunan yıldız alanlarındaki anakol yıldızlarına uygulanacak yeni kalibrasyonlar, Galaksimizin farklı doğrultularındaki metal bolluğu gradyent hesaplamalarının yapılmasına fırsat vermektedir. Bu motivasyon ile bu tez çalışmasında üretilen yeni kalibrasyonlar SA 141 yıldız alanına uygulanmış ve metal bolluğu gradyent hesabı yapılmıştır.

SA 141 yıldız alanındaki F ve G tayf türünde bulunan 180 anakol yıldızının metal bollukları ($[Fe/H]$) ve mutlak parlaklıkları (M_V) belirlendikten sonra Güneş'ten (d) ve Galaktik düzlemde

dik doğrultudaki uzaklıkları (Z) bir önceki bölümde verilen bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Yıldız alanında Galaktik düzleme dik doğrultudaki metal bolluğu gradyentini hesaplayabilmek için 180 anakol yıldızının $[Fe/H] \times Z$ diyagramı oluşturulmuştur. Farklı tayf türündeki yıldızlardan elde edilecek metal bolluğu gradyent değerlerini analiz edebilmek için ayrıca anakol yıldızları mutlak parlaklık aralıklarına ayrılarak da incelenmiştir. Mutlak parlaklara göre ayrımı yapılan 180 anakol yıldızının $[Fe/H] \times Z$ diyagramları Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Şekil 4.21’nin en üst panelinde $3 < M_V \leq 8$ kadir aralığında bulunan 180 anakol yıldızının $[Fe/H] \times Z$ diyagramı verilmiştir. Bu diyagramdan da görüleceği gibi $Z = 5$ kpc’lik uzaklığa kadar yıldızların homojen bir dağılım gösterdikleri, bu uzaklığın ötesinde ise genellikle metalce zengin bölgede toplandıkları görülmektedir. Bu durumda SA 141 yıldız alanındaki tüm yıldızlar için metal bolluğu gradyenti hesaplamak çok anlamlı bir sonuç vermeyecektir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için yıldızlar mutlak parlaklık aralıklarına ayrılmıştır. Ayrıca her bir mutlak parlaklık aralığı da farklı Z değerlerine ayrılarak medyan Z ve medyan $[Fe/H]$ değerleri hesaplanmıştır. Böylece her bir panelden hesaplanacak metal bolluğu gradyentlerinin istatistiksel anlamda daha güçlü noktalarda belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Her bir panelde ağırlıklandırılmış noktalar büyük kırmızı daireler ile gösterilmiş olup bu noktalara ait hataların belirlenmesinde incelenen uzaklık aralıklarındaki (ΔZ) metal bolluğu ve Z uzaklıklarının standart sapma değerleri kullanılmıştır (Tablo 4.4). Şekil 4.21’nin ikinci ($3 < M_V \leq 4$ kadir) ve altıncı ($7 < M_V \leq 8$ kadir) panellerindeki yıldızların sayısal olarak az olmasından dolayı bu iki mutlak parlaklık aralıkları için metal bolluğu gradyent incelenmesi yapılmamıştır.

İstatistiksel açıdan yeterli yıldız içeren $4 < M_V \leq 5$, $5 < M_V \leq 6$ ve $6 < M_V \leq 7$ kadir aralıkları için yukarıda açıklanan yöntem ile yıldızlar uzaklık aralıklarına göre ayrılarak ağırlıklandırılmış $[Fe/H]$ ve Z değerleri hesaplanmıştır. $4 < M_V \leq 5$ mutlak parlaklık aralığındaki uzaklık dağılımı incelendiğinde Galaksimizin disk ve halosuna ait anakol yıldızlarının bulunduğu tespit edilmiştir. Bu iki bileşen için Bölüm 3.6’da bahsedilen ve bağıntı (3.21) ile verilen doğrusal fitler ağırlıklandırılmış noktalara uygulanmıştır. Bu analizlere göre $Z \leq 5$ ve $Z > 5$ kpc aralıkları için metal bolluğu gradyent değerleri, sırasıyla, $d[Fe/H]/dZ = -0.271 \pm 0.085$ ve $d[Fe/H]/dZ = -0.008 \pm 0.077$ dex/kpc hesaplanmıştır.

Tablo 4.4: SA 141 yıldız alanında bulunan 180 anakol yıldızın mutlak parlaklık (M_V) ve Galaktik düzlemde dik doğrultudaki uzaklık (Z) aralıklarına göre ayrımı yapılan yıldızlar için hesaplanan ağırlıklandırılmış Z ve $[\text{Fe}/\text{H}]$ değerleri. N , her bir uzaklık aralığındaki anakol yıldız sayısını göstermektedir.

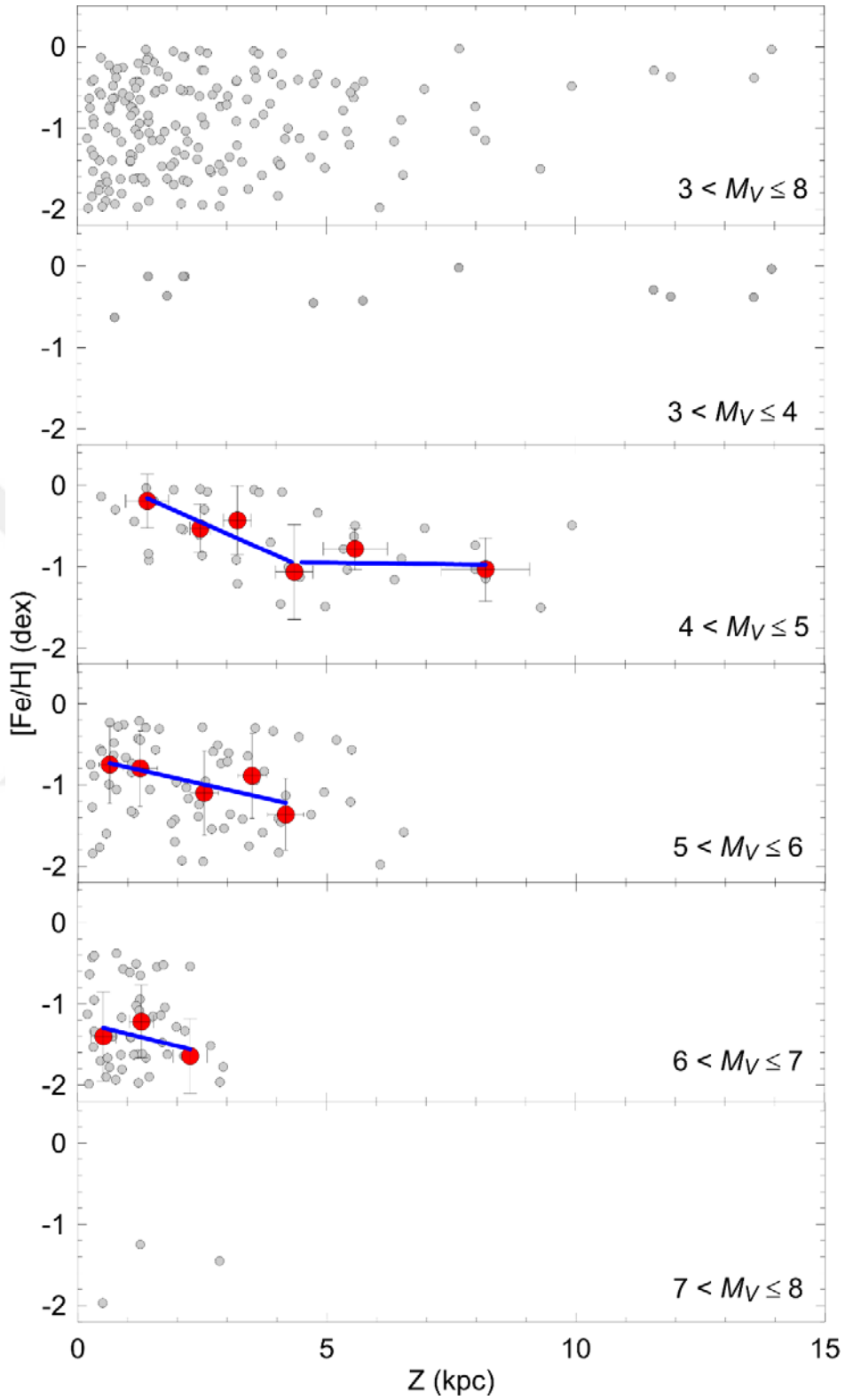
M_V aralığı (kadir)	Z aralığı (kpc)	N	\bar{Z} (kpc)	$[\text{Fe}/\text{H}]$ (dex)
$4 < M_V \leq 5$	$0 < Z \leq 2$	9	1.401 ± 0.433	0.433 ± 0.433
	$2 < Z \leq 3$	7	2.462 ± 0.210	0.210 ± 0.210
	$3 < Z \leq 4$	7	3.208 ± 0.279	0.279 ± 0.279
	$4 < Z \leq 5$	6	4.352 ± 0.378	0.378 ± 0.378
	$5 < Z \leq 7$	7	5.577 ± 0.642	0.642 ± 0.642
	$7 < Z \leq 9$	5	8.193 ± 0.886	0.886 ± 0.886
$5 < M_V \leq 6$	$0 < Z \leq 1$	19	0.636 ± 0.208	0.208 ± 0.208
	$1 < Z \leq 2$	17	1.250 ± 0.341	0.341 ± 0.341
	$2 < Z \leq 3$	14	2.538 ± 0.285	0.285 ± 0.285
	$3 < Z \leq 4$	10	3.497 ± 0.288	0.288 ± 0.288
	$4 < Z \leq 5$	7	4.173 ± 0.361	0.361 ± 0.361
$4 < M_V \leq 5$	$0 < Z \leq 1$	20	0.516 ± 0.251	0.251 ± 0.251
	$1 < Z \leq 2$	21	1.278 ± 0.243	0.243 ± 0.243
	$2 < Z \leq 3$	7	2.260 ± 0.344	0.344 ± 0.344

$5 < M_V \leq 6$ mutlak parlaklık aralığında anakol yıldızlarının Galaktik düzlemde 7 kpc uzaklığına kadar uzandığı fakat yıldızların büyük kısmının $Z = 5$ kpc'den daha yakın uzaklıklarda bulunduğu tespit edilmiş ve ağırlıklandırma bu uzaklığa kadar dikkate alınmıştır. Bu mutlak parlaklık aralığı için elde edilen metal bolluğu gradyenti $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.137 \pm 0.058$ dex/kpc olarak hesaplanmıştır.

Metal bolluğu gradyentinin hesaplandığı son panel $6 < M_V \leq 7$ mutlak parlaklık aralığına aittir. Bu aralıktaki yıldızların Galaktik düzlemde $Z = 3$ kpc'ye kadar uzandığı ve ağırlıklandırılmış metal bolluğu değerlerinin $[\text{Fe}/\text{H}] = -1$ dex daha fakir olduğu tespit edilmiştir. $6 < M_V \leq 7$ mutlak parlaklık aralığı için metal bolluğu gradyenti $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.151 \pm 0.190$ dex/kpc olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak üç mutlak parlaklık aralığı ($4 < M_V \leq 5$, $5 < M_V \leq 6$ ve $6 < M_V \leq 7$ kadir) için Galaktik düzlemde dik doğrultuda hesaplanan metal bolluğu gradyentleriyle bu gradyentlere ait istatistiksel bulgular Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Üç mutlak parlaklık ve farklı Z aralıkları için hesaplanan Galaktik düzlemde dik doğrultudaki metal bolluğu gradyentleri. R^2 ve σ , sırasıyla, korelasyon katsayısını ve standart sapmayı göstermektedir.

M_V aralığı (kadir)	Z aralığı (kpc)	$d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ$ (dex/kpc)	R^2	σ
$4 < M_V \leq 5$	$0 < Z \leq 5$	-0.271 ± 0.085	0.753	0.183
	$5 < Z \leq 10$	-0.008 ± 0.077	0.378	0.218
$5 < M_V \leq 6$	$0 < Z \leq 5$	-0.137 ± 0.058	0.532	0.173
$6 < M_V \leq 7$	$0 < Z \leq 3$	-0.151 ± 0.190	0.224	0.235



Şekil 4.21: SA 141 yıldız alanındaki F ve G tayf türündeki 180 anakol yıldızının farklı mutlak parlaklık gruplarına ayrılmış $[Fe/H] \times Z$ diyagramları. Anakol yıldızları gri daire, ağırlıklarındırılmış noktalar da kırmızı daire sembolüyle ve metal bolluğu fitleri de mavi çizgiyle gösterilmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüksek lisans tez çalışmasında, *UBV* fotometrisi için F ve G tayf türünden anakol yıldızlarının literatürden derlenen duyarlı tayfsal (T_{eff} , $\log g$ ve $[Fe/H]$), fotometrik (V , $U-B$, $B-V$) ve astrometrik (π) verileri kullanılarak fotometrik metal bolluğu ve mutlak parlaklıklarının hesaplanabilmesi için yeni kalibrasyonlar üretilmiştir. Bu kalibrasyonlar, güney Galaktik kutup civarındaki SA 141 yıldız alanında bulunan orta tayf türünden anakol yıldızlarının *UBV* fotometrik verilerine uygulanarak, alan yıldızlarının Galaktik düzlemden dik doğrultudaki uzaklıkları ile fotometrik metal bollukları ve Samanyolu diski (ince ve kalın diskler) ile halosunda Galaktik düzleme dik doğrultulardaki metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır.

Yeni kalibrasyonların oluşturulmasında öncelik duyarlı tayfsal verileri bulanan yıldızlara verilmiş ve literatür taraması sonucunda 14 araştırma grubundan sağlanan 23,727 yıldızın model atmosfer parametrelerine ulaşılmıştır. Bu örnek içinde F ve G tayf türünden anakol yıldızlarının seçimi için Eker ve diğ. (2018)'nin T_{eff} ve $\log g$ değerlerine getirdiği sınırlamalar dikkate alınarak yıldız sayısı 10,899 olmuştur. Tayfsal analizlere bağlı olarak seçilen örneğin trigonometrik paralaksarı yıldızların ekvatorial koordinatlarının *Gaia* DR2 kataloğuyla (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) eşleştirilmesi sonucunda belirlenmiş ve yıldız sayısı 9,283 olmuştur. Tez çalışmasında, hassas trigonometrik verilerin dikkate alınması gerektiğinden örnekteki yıldızların rölatif paralaks hatalarına $\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.01$ şartı getirilmiş ve yıldız sayısı 8,522'ye azalmıştır. Tayfsal ve astrometrik verileri bulunan yıldızların *UBV* fotometrik verilerinin belirlenmesi için yine yıldızların ekvatorial koordinatları Mermilliod ve diğ. (1997)'nin kataloğuyla eşleştirilmiştir. Bu eşleştirme sonucunda tayfsal, astrometrik ve fotometrik yöntemler kullanılarak verileri hassas tayin edilmiş 2,901 F ve G tayf türünden anakol yıldızına ulaşılmıştır. Fotometrik verilerin yıldızlararası ortamın sönümlenme ve kızarma etkilerinden arındırılmasında Schlafly ve Finkbeiner (2011)'nin toz haritalarından faydalanılmıştır. Bu toz haritaları Samanyolu'nun sınırlarına kadar tayin edildiğinden Bahcall ve Soneira (1980)'nin bağıntısı kullanılarak bu sönümlenme ve kızarma etkileri Güneş ile yıldız arasındaki uzaklığa indirgenmiştir. Cardelli ve diğ. (1989)'nin bağıntılarının kullanılmasıyla da 2,901 anakol yıldızının V görünen parlaklığı ve $U-B$ ve $B-V$ renk indeksleri yıldızlararası ortamın etkilerinden arındırılmıştır. Üretilen kalibrasyonların orta tayf türündeki yıldızları fotometrik olarak daha iyi ifade edebilmesi için F0 ile G9 tayf türünden yıldızların renk indekslerine bir sınırlama ($0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ kadir; Eker ve diğ. 2018) daha getirilmiştir ve yıldız sayısı 2,482 olmuştur.

İncelenen örneğe son bir sınırlama da yıldızların fotometrik değişkenliklerine getirilmiştir. Buna göre Simbad veri tabanında çift yıldız, kromosferik aktif yıldız, zonklayan yıldız gibi kayıtlı bilgileri bulunan yıldızların örnekten çıkarılmasıyla birlikte kalibrasyonlarda kullanılacak yıldız sayısı 893 olmuştur.

Yeni metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyon bağıntılarının oluşturulmasında yıldızların fotometrik verileri, tayfsal yöntemler ile belirlenen $[Fe/H]$ ve astrometrik yöntemler ile belirlenen trigonometrik paralaksarı arasında bir köprü vaziyesi görececek çok değişkenli çoklu regresyon yöntemi kullanılmıştır. Buna göre yüksek lisans tez çalışmasının 4. Bölümünde verilen bağıntılar (4.2) ve (4.3) ile bu kalibrasyonlar oluşturulmuştur. Kalibrasyonların istatistiksel duyarlılıkları dikkate alındığında, benzer yöntemler kullanılarak oluşturulan metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarıyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan yeni kalibrasyonlar, Samanyolu'nun oluşumu ve evriminin araştırılması için güney Galaktik kutup doğrultusundaki SA 141 yıldız alanındaki nesnelere uygulanmıştır. Siegel ve diğ. (2009), merkezi Galaktik koordinatları $(l, b) = (246^\circ.33, -85^\circ.83)$ ve büyüklüğü 1.3 derece kare olan SA 141 yıldız alanı içinde görünen parlaklıkları $12 < V < 22$ kadir aralığında bulunan 1,299 nokta kaynağın CCD *UBVRI* fotometrik verilerini ölçmüştür. Yüksek lisans tez çalışmasında bu nesnelere yıldızlararası sönmüleme ve kızarmadan arındırmak için yine Schlafly ve Finkbeiner (2011)'in toz haritalarından faydalanılmıştır. Yıldızlararası ortamın neden olduğu fotometrik etkilerin ortadan kaldırılmasıyla alandaki nesnelere tamlik sınırı incelenerek $V_0 = 19.5$ kadir olduğu tespit edilmiştir. Fotometrik tamlik sınırındaki 971 nesnenin, parlaklık ve renk indekslerindeki hataları büyük olanlar tespit edilip örnekten çıkartılmasıyla alandaki nesne sayısı 840 olmuştur. Ayrıca alandaki nesnelere içinde galaksi-dışı, çift yıldız ve evrimleşmiş yıldız gibi kaynakları ayırt edebilmek için renk uzaylarında Chen ve diğ. (2001)'nin sınırlaması ve Fan (1999)'ün sayısal benzetimleri dikkate alınarak SA 141 içindeki anakol yıldız sayısı 434 olmuştur. Son olarak üretilen yeni kalibrasyonların geçerlilik sınırlarına uygun seçimlerin yapılmasıyla yıldız sayısı 180'e azalmıştır. Bu yıldızlardan itibaren metal bolluğu gradyent hesaplamalarının yapılabilmesi için literatürden farklı olarak örnek mutlak parlaklık aralıklarına ayrılmış ve $[Fe/H] \times Z$ diyagramları üzerinde işaretlenmiştir. Ardından bu verilere doğrusal fitler geçirilmiş ve metal bolluğu gradyentleri hesaplanmıştır.

5.1. YENİ METAL BOLLUĞU KALİBRASYONUNUN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

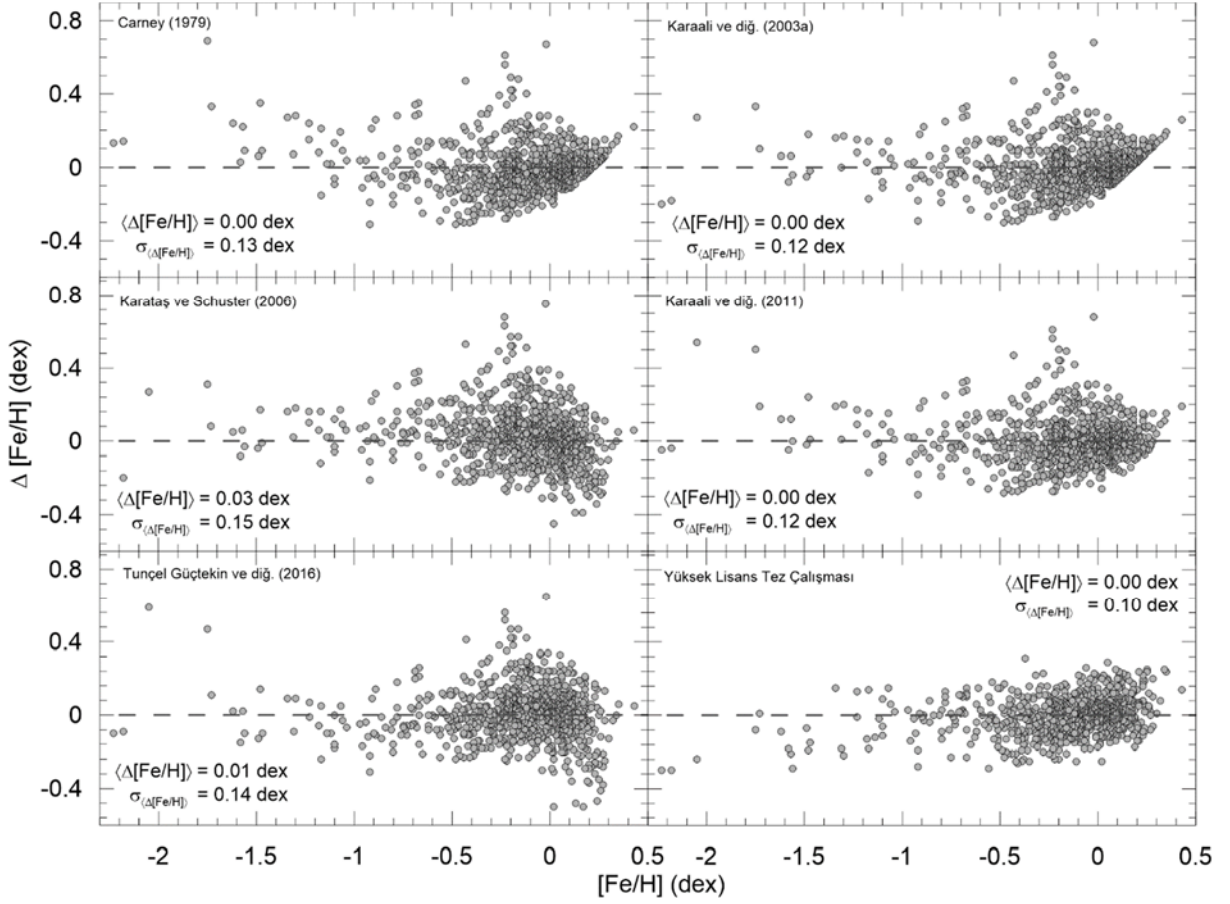
Yüksek lisans tez çalışmasında Güneş civarındaki yakın anakol yıldızlarının duyarlı tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri dikkate alınarak çoklu regresyon yöntemiyle UBV fotometrisi için bir metal bolluğu bağıntısı üretilmiştir (bkz bağıntı 4.2). Yeni metal bolluğu kalibrasyonunun literatürdeki benzer çalışmalara göre birkaç üstün yanı bulunmaktadır. Bunların başında tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri oldukça duyarlı çok sayıda anakol yıldızının kullanılmış olması ve fotometrik metal bolluğu tayini için standartlaştırılmış bir mor-ötesi artığına bağlı olmadan orta tayf türünden anakol yıldızlarının metal bolluğu tayinin mümkün olması gelmektedir.

Literatürde fotometrik metal bolluğu kalibrasyonlarının oluşturulmasında yıldızların $(U-B)_0 \times (B-V)_0$ iki-renk diyagramlarından hesaplanan mor-ötesi artıklarıyla tayfsal verilerden belirlenen metal bollukları arasında farklı dereceden polinomlar ile ifade edilen ilişkiler kullanılmıştır. Yaklaşık 60 yıldır benzer yöntemin gelişen teknolojiye paralel olarak artan fotometrik, tayfsal ve astrometrik duyarlılık çerçevesinde yıldızlara uygulanması, farklı zamanlarda geliştirilen kalibrasyonların duyarlılıklarını da etkilemiştir. Literatürde UBV fotometrisi için mor-ötesi artıklarına duyarlı geliştirilen metal bolluğu kalibrasyonları incelendiğinde Tablo 5.1’de verilen çalışmalar dikkat çekmektedir. Modern alıcıların astronomik gözlemlerde kullanılmaya başladığı 1980’li yıllardan günümüze kadar geçen sürede üretilen metal bolluğu kalibrasyonlarının sayısının beş olduğu görülmektedir. Tablo 5.1’de listelenen metal bolluğu kalibrasyonlarının analitik ifadelerine bakıldığında, kalibrasyonların renk indeksi $(B-V)_0 = 0.6$ kadire normalize edildiği mor-ötesi artıklarına (δ_0) bağlı olduğu görülmektedir. Metal bolluğu kalibrasyonları arasındaki farklılıklar, yıldızların fotometrik mor-ötesi artıklarının, tayfsal metal bolluklarına farklı dereceden polinomlar ile bağlanmış olmasıdır. Tablo 5.1’de listelenen güncel kalibrasyon çalışmaları halen literatürde sönük alan anakol yıldızların metal bolluklarının belirlenmesinde, açık ve küresel kümeye üye yıldızların metal bolluklarını belirleyerek bağlı buldukları kümelerin metal bolluklarının belirlemesi gibi çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır (Karaali ve diğ., 2003b, Siegel ve diğ., 2009, Yontan ve diğ., 2015, Bostancı ve diğ., 2015; 2018; Ak ve diğ., 2016, Bilir ve diğ., 2016).

Tablo 5.1: *UBV* fotometrik sistemi için üretilen metal bolluğu kalibrasyonları. Bağıntılarda verilen $\delta_{0.6}$ ifadesi renk indeksi $(B-V)_0 = 0.6$ kadire normalize edilmiş mor-ötesi artışı gösterir.

Araştırmacılar	Kalibrasyon bağıntıları
Carney (1979)	$[\text{Fe}/\text{H}] = 0.11 - 2.90 \delta_{0.6} - 18.68 \delta_{0.6}^2$
Karaali ve diğ. (2003a)	$[\text{Fe}/\text{H}] = 0.10 - 2.76 \delta_{0.6} - 24.04 \delta_{0.6}^2 + 30.00 \delta_{0.6}^3$
Karataş ve Schuster (2006)	$[\text{Fe}/\text{H}] = 0.13(0.05) - 5.43(0.78)\delta_{0.6} - 6.28(2.93)\delta_{0.6}^2$
Karaali ve diğ. (2011)	$[\text{Fe}/\text{H}] = 0.057(0.017) + 3.419(0.100)\delta_{0.6} - 11.612(0.496)\delta_{0.6}^2$
Tunçel Güçtekin ve diğ. (2016)	$[\text{Fe}/\text{H}] = 0.105(0.010) - 5.428(0.521)\delta_{0.6} + 7.340(5.895)\delta_{0.6}^2 - 50.081(16.359)\delta_{0.6}^3$

Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan metal bolluğu kalibrasyonu ile diğer araştırmacılar tarafından üretilen kalibrasyonlar arasındaki farklılıkları görebilmek için, bu çalışmada tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri hassas seçilen 893 kalibrasyon yıldızı Tablo 5.1’de verilen araştırma gruplarına ait metal bolluğu bağıntılarına yerleştirilerek orjinal metal bolluklarıyla olan farklar incelenmiştir. Literatürden derlenen beş çalışma (Carney, 1979; Karaali ve diğ., 2003a; Karataş ve Schuster, 2006; Karaali ve diğ., 2011 ve Tunçel Güçtekin ve diğ., 2016) ve yüksek lisans tez çalışmasında elde edilen metal bolluğu kalibrasyonları 893 F ve G tayf türünden anakol yıldızına uygulanmasından hesaplanan metal bolluklarının tayfsal metal bolluklarıyla karşılaştırılmasından hesaplanan metal bolluğu farklarının ($\Delta[\text{Fe}/\text{H}]$) tayfsal metal bolluklarına ($[\text{Fe}/\text{H}]_{\text{orj}}$) göre dağılımları Şekil 5.1’de gösterilmiştir. Metal bolluğu kalibrasyonlarının geçerlilik sınırları da dikkate alınarak yapılan analizlerde benzer fark dağılımlarının elde edildiği görülmektedir. Dağılımlara ait istatistiksel analizler yapıldığında dört araştırma grubunun (Carney, 1979; Karaali ve diğ., 2003a; Karaali ve diğ., 2011 ve yüksek lisans tez çalışması) kalibrasyonlarına ait farkların ortalamaları sıfıra eşit çıkarken geriye kalan iki çalışmada (Karataş ve Schuster, 2006 ve Tunçel Güçtekin ve diğ., 2016) bir miktar farklıdır. Metal bolluğu fark dağılımlarının dispersiyonları söz konusu olduğunda en küçük standart sapma değeri bu yüksek lisans tez çalışmasında hesaplanmış olup değeri 0.10 dex’tir. Diğer çalışmaların standart sapma değerleri ise 0.12 ile 0.15 dex aralığındadır ve birbirine yakındır. İstatistiksel açıdan bu analizler sonucunda elde edilen ortalama metal bolluğu farkları ve standart sapma değerleri dikkate alındığında yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan kalibrasyonun oldukça duyarlı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.1: Literatürden ve bu tez çalışmasından üretilen metal bolluğu kalibrasyonlarının F ve G tayf türündeki 893 anakol yıldızına uygulanması sonucunda hesaplanan fotometrik metal bolluklarıyla tayfsal bollukları arasındaki farkların tayfsal bolluklara göre dağılımı.

5.2. YENİ MUTLAK PARLAKLIK KALİBRASYONUNUN LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Yüksek lisans tez çalışmasında mutlak parlaklık kalibrasyonunun oluşturulmasında Güneş civarından seçilen 893 F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının *UBV* fotometrik verileri (Mermilliod ve diğ., 1997) ve *Gaia* DR2 (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundan alınan trigonometrik paralaks verileri dikkate alınmıştır. Çoklu regresyon yöntemiyle fotometrik ve astrometrik veriler arasında bir ilişki kurularak *UBV* fotometrik sistemi için bir mutlak parlaklık kalibrasyonu (bkz bağıntı 4.3) elde edilmiştir. Yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırıldığında bu çalışma, renk indeksi $(B-V)_0 = 0.6$ kadirine göre normalize edilmiş mor-ötesi artığı kullanılmamış ve çok sayıda, duyarlı tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri bulunan anakol yıldızı dikkate alınmıştır.

Literatürde morötesi artığına duyarlı üretilen mutlak parlaklık kalibrasyonlarının bir listesi Tablo 5.2’de verilmiştir. Farklı zamanlarda, farklı fotometrik ve trigonometrik paralaks verileri kullanılarak üretilen bu çalışmaların ortak yönleri dikkate alındığında, yıldızların mor-ötesi artığına bağlı üçüncü derece polinom fonksiyonlar ile ifade edilmiş olmaları ve hesaplamalarda referans olarak Hyades açık kümesinin anakolunun kullanıldığı görülmektedir (Laird ve diğ., 1988; Karaali ve diğ., 2003c, Karataş ve Schuster, 2006 ve Tunçel Güçtekin ve diğ., 2016). Genel olarak literatürde üretilen mutlak parlaklık bağıntıları birbirine benzemelerine karşın bazı küçük farklılıklar içermektedir. Laird ve diğ. (1988) ve Karataş ve Schuster (2006) mutlak parlaklık bağıntılarını yıldızların mor-ötesi artışlarına ve $B-V$ renk indeksine bağlı olarak ifade ederken, Karaali ve diğ. (2003c) ve Tunçel Güçtekin ve diğ. (2016) bu bağıntılarını sadece mor-ötesi artışlarına duyarlı olacak şekilde tanımlamışlardır. Fakat Karaali ve diğ. (2003c) yıldızların farklı $B-V$ renk indeks aralıkları için farklı katsayılar üreterek bağıntısını daha hassas hale getirmiştir. Söz konusu katsayılar Tablo 5.3’te listelenmiştir.

Tablo 5.2: Literatürde UBV fotometrik sistemindeki anakol yıldızları için mor-ötesi artışlarına ve $B-V$ renk indekslerine bağlı üretilmiş mutlak parlaklık kalibrasyonları.

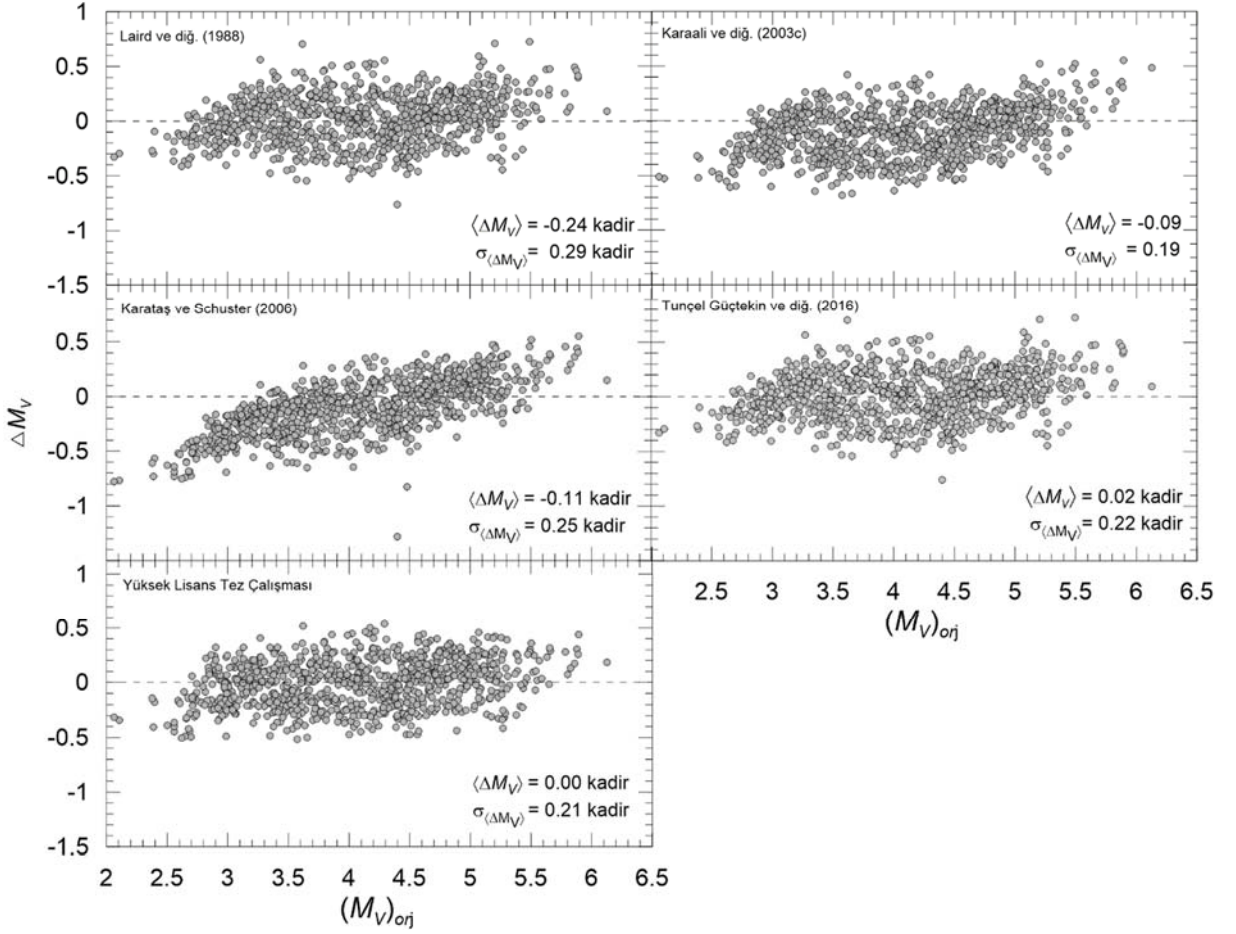
Araştırmacılar	Kalibrasyon bağıntıları
Laird ve diğ. (1988)	$\Delta M_V^H(B-V, \delta_{0.6}) = \left[\frac{2.31 - 1.04(B-V)}{1.594} \right] [-0.68 \delta_{0.6} + 53.14 \delta_{0.6}^2 - 97.004 \delta_{0.6}^3]$
Karaali ve diğ. (2003c)	$\Delta M_V^H(\delta_{0.6}) = a_3 \delta_{0.6}^3 + a_2 \delta_{0.6}^2 + a_1 \delta_{0.6} + a_0$
Karataş ve Schuster (2006)	$\Delta M_V^H(B-V, \delta_{0.6}) = \left[\frac{1.42 - 0.08(B-V)}{1.37} \right] [3.17 \delta_{0.6} - 8.69 \delta_{0.6}^2 + 61.77 \delta_{0.6}^3]$
Tunçel Güçtekin ve diğ. (2016)	$\Delta M_V^H(\delta_{0.6}) = 28.477 \delta_{0.6}^3 - 5.292 \delta_{0.6}^2 + 5.278 \delta_{0.6} - 0.174$

Tablo 5.3: Karaali ve diğ. (2003c)’nin mutlak parlaklık kalibrasyonuna ait parametrelerin $B-V$ renk indeks aralıklarındaki katsayıları.

$(B-V)_0$	a_3	a_2	a_1	a_0
$0.3 < (B-V)_0 \leq 0.4$	-35.7800	+17.9170	+1.4505	+0.2389
$0.4 < (B-V)_0 \leq 0.5$	-15.4620	+3.5129	+4.5340	+0.2865
$0.5 < (B-V)_0 \leq 0.6$	+4.9011	-5.3226	+5.4334	+0.3294
$0.6 < (B-V)_0 \leq 0.7$	-11.0040	-0.3570	+5.0207	+0.3491
$0.7 < (B-V)_0 \leq 0.8$	+0.0737	-3.6154	+4.6223	+0.3237
$0.8 < (B-V)_0 \leq 0.9$	-2.4661	+0.1822	+3.4514	+0.3102
$0.9 < (B-V)_0 \leq 1.0$	-20.8350	+6.0860	+2.0942	+0.3206
$1.0 < (B-V)_0 \leq 1.1$	-8.3965	+5.0002	+1.0912	+0.2903

Yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan mutlak parlaklık kalibrasyonu ile diğer araştırmacılar tarafından üretilen kalibrasyonlar arasındaki farklılıkları görebilmek için, bu çalışmada tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri hassas seçilen 893 kalibrasyon yıldızı Tablo 5.2’de verilen araştırma gruplarına ait mutlak parlaklık bağıntılarına yerleştirilerek orijinal mutlak parlaklıkları arasındaki farklar incelenmiştir. Literatürden derlenen dört çalışma (Laird ve diğ., 1988; Karaali ve diğ., 2003c, Karataş ve Schuster, 2006 ve Tunçel Güçtekin ve

diğ., 2016) ve yüksek lisans tez çalışmasında elde edilen mutlak parlaklık kalibrasyonlarının 893 F ve G tayf türünden anakola yıldızına uygulanmasından hesaplanan mutlak parlaklıklarının *Gaia* DR2 (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundan alınan trigonometrik paralaks verilerinden hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla karşılaştırılmasından belirlenen mutlak parlaklık farklarının (ΔM_V) *Gaia* uydusundan tayin edilen mutlak parlaklıklarına ($(M_V)_{\text{orj}}$) göre dağılımları Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Kalibrasyonlardan hesaplanan mutlak parlaklıkların $2 < M_V < 6.5$ kadir aralığında bulunduğu ve *Gaia* uydu verilerinden hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla farklarının $-1 < \Delta M_V < +1$ kadir aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Genel olarak literatürden alınan kalibrasyon bağıntılarının $M_V = 3$ parlak ve $M_V = 5.5$ kadirden sönük yıldızların hesaplanan mutlak parlaklık farklarının sistematik hatalar içerdiği görülmektedir. Bu sistematik farklar, mutlak parlaklığın sönük bölgelerinde ($M_V > 5.5$ kadir) kalibrasyonların yıldız uzaklıklarını daha uzak ölçmesine, parlak bölgelerinde ($M_V < 2.5$ kadir) *Gaia* uydu verilerine göre daha yakın ölçmesine neden olmaktadır. Karataş ve Schuster (2006)’nin kalibrasyonundan hesaplanan mutlak parlaklık farklarının sadece daha kısıtlı bir mutlak parlaklık aralığı için *Gaia* uydusuyla uyumlu olduğu görülmekte olup bu kalibrasyonun daha büyük sistematik hatalar içerdiği tespit edilmiştir. Mutlak parlaklık farklarının dağılımlarına ait istatistiksel analizler dikkate alındığında en uyumsuz kalibrasyon çalışmasının Laird ve diğ. (1988)’e ait olduğu, bunları sırasıyla, Karataş ve Schuster (2006) ve Karaali ve diğ. (2003c)’nin kalibrasyonları takip etmektedir. En uyumlu çalışmalar ise yüksek lisans tez çalışması ve Tunçel Güçtekin ve diğ. (2016)’e aittir. Yukarıdaki sırada verilen araştırma gruplarının mutlak parlaklık farklarının ortalaması ve bu ortalama farkların standart sapma değerleri, sırasıyla, -0.24, 0.11, -0.09, +0.02, 0.00 ve 0.29, 0.25, 0.19, 0.22 ve 0.21 kadirdir. İstatistiksel açıdan bu analizler sonucunda elde edilen ortalama mutlak parlaklık farkları ve standart sapma değerleri dikkate alındığında yüksek lisans tez çalışmasında oluşturulan kalibrasyonun oldukça duyarlı olduğu görülmektedir.

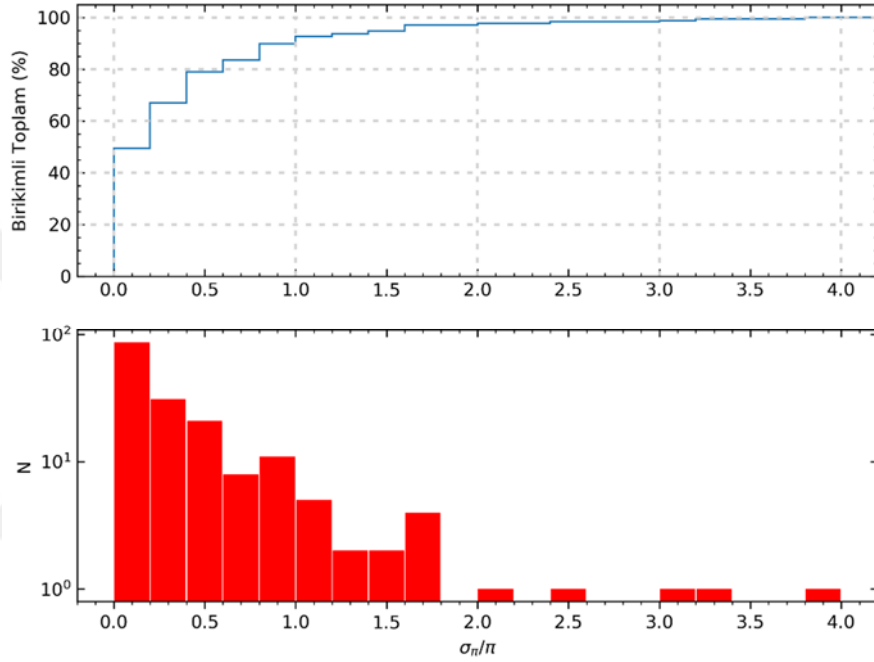


Şekil 5.2: Literatürde ve bu tez çalışmasında üretilen mutlak parlaklık kalibrasyonlarının F ve G tayf türünden 893 anakol yıldızına uygulanmasından hesaplanan mutlak parlaklıklarıyla *Gaia* uydu verilerinden tayin edilen mutlak parlaklıkları arasındaki farkların *Gaia* mutlak parlaklıklarına göre dağılımı.

5.3. SA 141'DEKİ YILDIZ UZAKLIKLARININ *Gaia* DR2 VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

SA 141 yıldız alanında yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu kullanılarak uzaklıkları belirlenen 180 F ve G tayf türündeki anakol yıldızının uzaklıkları, *Gaia* DR2 kataloğunda (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) verilen trigonometrik paralaks verileriyle de karşılaştırılmıştır. Bunun için Siegel ve diğ. (2009) tarafından gözlemleri yapılan yıldızların ekvatorial koordinatları, Vizier'in alt bir servisi olan X-Match ara yüzüne girilerek *Gaia* DR2 (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) kataloğundan SA 141'deki 180 anakol yıldızlarının trigonometrik paralaks ve hatalarına ulaşılmıştır. Yıldızların trigonometrik paralaksları $d = 1000/\pi$ (mas) bağıntısında kullanılarak Güneş'e uzaklıkları tayin edilmiştir. SA 141'de trigonometrik paralaks verilerine ulaşılan *Gaia* yıldızlarının rölatif paralaks hataları Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Anakol yıldızlarının rölatif

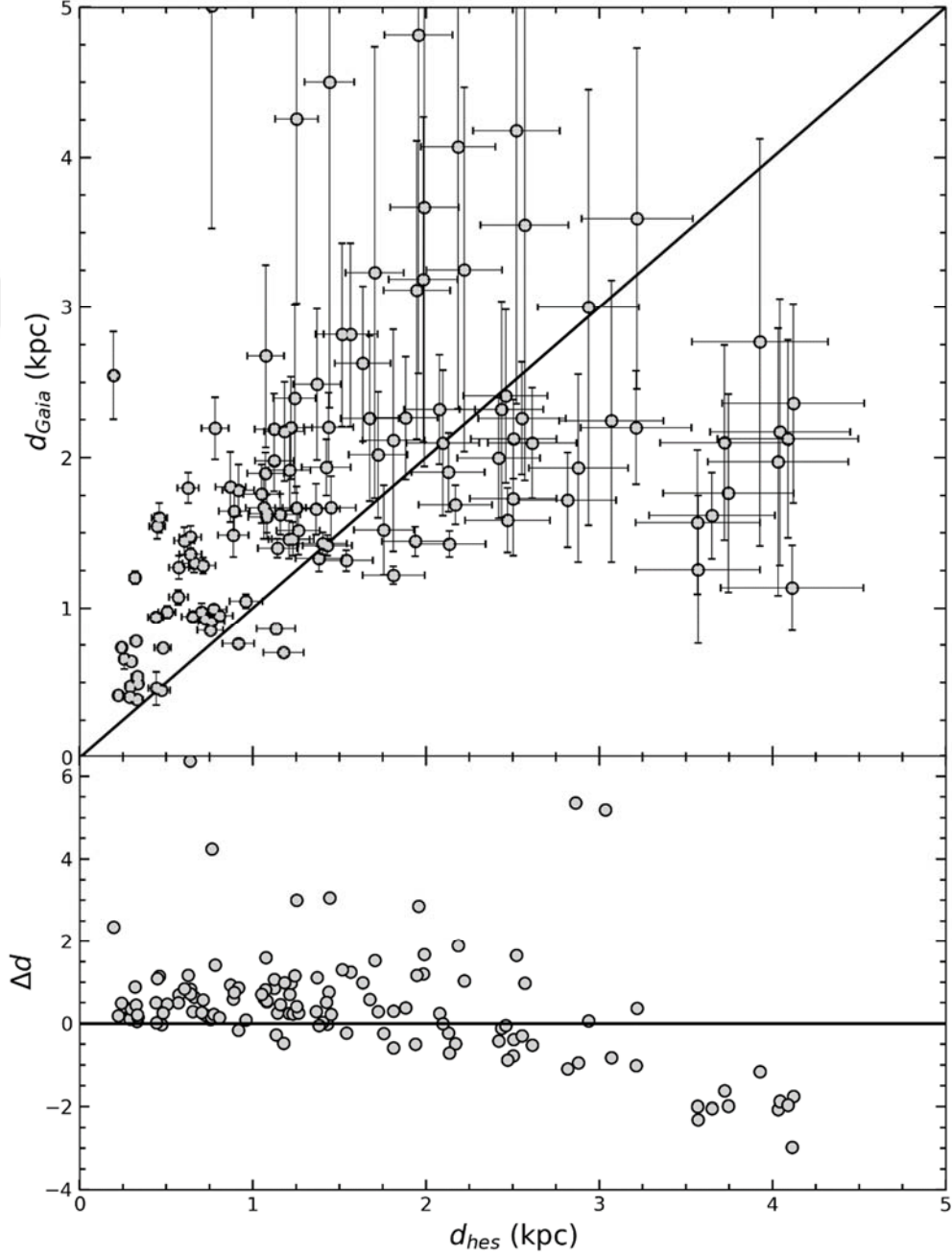
paralaks hatalarının $\sigma_\pi/\pi = 4$ değerine kadar uzandığı görülmektedir. Şekil 5.3'teki dağılım detaylı bir şekilde incelendiğinde, rölatif paralaks hatalarının $\sigma_\pi/\pi = 0.5$ değerinde örneğin yaklaşık %80'i içerdiği tespit edilmiştir. Bu değer ötesinde yıldız sayıları azalmakta ve birikimli örneğe katkıları küçülmektedir. Bu nedenle, hesaplanan uzaklıkların daha duyarlı bir karşılaştırılmasını yapabilmek için rölatif paralaks hatalarına $\sigma_\pi/\pi = 0.5$ sınırı getirilmiştir ve yıldız sayısı 125 olmuştur.



Şekil 5.3: SA 141 yıldız alanındaki 180 anacol yıldızın *Gaia* DR2 kataloğundan belirlenen rölatif paralaks hatalarının dağılımı (alt panel) ve bu dağılımın birikimli toplamı (üst panel).

Yıldız alanındaki 125 anacol yıldızın iki farklı yöntem kullanılarak hesaplanan Güneş'e uzaklıkları, hataları ve uzaklık farkları Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Güneş'ten $0 < d < 5$ kpc'lik uzaklık aralığı içinde bulunan bu yıldızların artan uzaklık ile birlikte hataları da büyümektedir. İlk bakışta $0 < d \leq 2$ kpc uzak aralığında, göreceli olarak yakın yıldızların iki yöntemden hesaplanan uzaklıkları arasında belirgin bir sistematik farklılığın bulunduğu görülmektedir. Bu uzaklık aralığı için iki farklı yöntemden hesaplanan yıldız uzaklıkları arasındaki farkların ortalaması ve standart sapması, sırasıyla, $\langle \Delta d \rangle = 0.72$ ve $\sigma_{\Delta d} = 0.99$ kpc'dir. Bu değerler, *Gaia* uydu verilerinden hesaplanan uzaklıkların yeni kalibrasyondan hesaplanana göre daha büyük olduğunu ve sistematik bir seviye farkını göstermektedir. Şekil 5.4'te $d = 2$ kpc ötesinde iki farklı yöntemden hesaplanan uzaklıklar arasındaki sistematik farkların yavaş yavaş ortadan

kalktığı fakat saçılmaların artarak ilerlediği görülmektedir. Uzaklıklar arasındaki farklılıkları daha iyi analiz edebilmek için SA 141 alanında 125 yıldız aynı uzaklık düzlemi üzerinde yıldızların hem rölatif paralaks hatalarına hem de metal bolluklarına göre gruplandırılarak farklı renkler ile gösterilmiştir (Şekil 5.5).

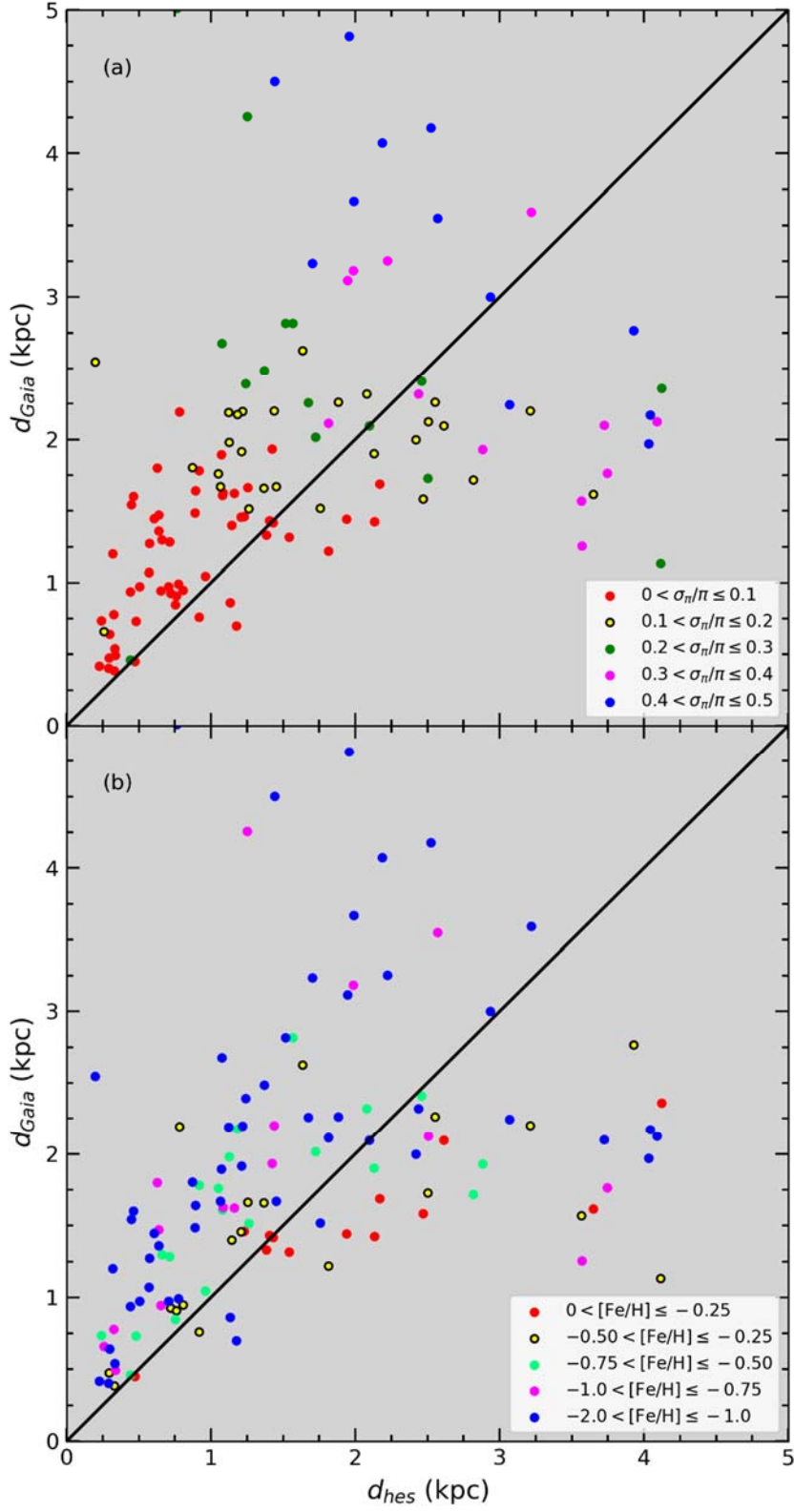


Şekil 5.4: SA 141 yıldız alanındaki 125 anacol yıldızının iki farklı yöntemden hesaplanmış uzaklıklarının hatalarıyla birlikte karşılaştırılması (üst panel) ve uzaklık farklarının (alt panel) gösterimi.

Anakol yıldızlarının uzaklık düzlemi üzerinde rölatif paralaks hatalarına göre beş grupta ($0 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.1$, $0.1 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.2$, $0.2 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.3$, $0.3 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.4$ ve $0.4 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.5$) değerlendirildiği konumları Şekil 5.5a'da gösterilmiştir. Beklenildiği gibi artan uzaklıkla birlikte yıldızların rölatif paralaks hataları büyümektedir. Rölatif paralaks hataları $0 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.1$ aralığında bulunan yıldızların $d = 2$ kpc uzaklık içinde yer aldığı, buna karşın en büyük rölatif paralaks değerlerinde bulunan $0.4 < \sigma_{\pi}/\pi \leq 0.5$ aralığındaki yıldızların ise $d = 2$ kpc'den daha uzakta yer aldıkları görülmektedir.

Metal bolluklarına göre beş gruba ($-0.25 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq 0$, $-0.5 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.25$, $-0.75 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.5$, $-1 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.75$ ve $-2 < [\text{Fe}/\text{H}] \leq -1$ dex) ayrılan yıldızların uzaklık düzlemi üzerindeki dağılımları Şekil 5.5b'de gösterilmiştir. Genel olarak metalce zengin gruplarda bulunan anakol yıldızlarının birebir çizgisine yakın bulunduğu, metalce fakir gruplardakilerin ise sistematik olarak birebir çizgisinden uzaklaştığı dikkat çekicidir. Özellikle rölatif olarak metalce fakir tayin edilmiş anakol yıldızlarının ($[\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.75$ dex) *Gaia* uzaklıklarının bu tez çalışmasında hesaplanan uzaklıklara göre çok daha büyük ölçüldüğü tespit edilmiştir.

İki farklı yöntemden hesaplanan uzaklıklar arasındaki farklılıklar birkaç nedenden kaynaklanabilir. Bunların başında *Gaia* uydusuyla ölçülen trigonometrik paralakslardaki yanlışlıklar olabilir. Trigonometrik paralakslardaki ilk yanlışlık ölçümlerin *sıfır noktasından* kaynaklanıyor olabilir. *Gaia* DR2 verileri literatüre henüz yeni kazandırıldığı için (Gaia çalışanları ve diğ., 2018) farklı nesnelere için uzaklık ölçümlerinin farklı yöntemler ile sınanarak uzaklık ölçümlerine ait sıfır noktasındaki seviye farklılıklarının incelenmesi gerekmektedir. Trigonometrik paralaks verilerinde olası diğer bir yanlışlık da, yüksek lisans tez çalışmasının 3. Bölümünde de bahsedildiği gibi LK (Lutz-Kelker, 1973) olabilir. Bilindiği gibi LK yanlışlığı (1973) yıldızların ölçülen trigonometrik paralakslarının, gerçek ölçümlere göre daha büyük olduğunu söylemektedir. Bu farklılığın giderilebilmesi için LK (1973), hesaplanan rölatif paralaks oranlarına uygulanan istatistiksel düzeltmeler yaparak ölçülen trigonometrik paralaks değerlerini gerçek değerlerine indirgemıştır. SA 141 yıldız alanında iki farklı uzaklık tayin yöntemiyle incelenen 125 yıldızın rölatif paralaks hataları $\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.5$ aralığında bulunmaktadır. Bu yıldızların büyük kısmında da (bkz Şekil 5.3) $\sigma_{\pi}/\pi = 0.1$ değerinden daha küçük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5: SA 141 yıldız alanındaki 125 anakol yıldızının iki farklı yöntemden hesaplanmış uzaklıklarının, rölatif paralaks hatalarına (a) ve metal bolluklarına (b) göre gruplandırılmış gösterimi.

Bu yıldızlara uygulanması gereken en büyük LK düzeltmesinin de Smith (1987) tarafından verilen Bölüm 4'teki bağıntı (4.1)'nin kullanılmasıyla ölçülen trigonometrik paralakslara %4'lük bir düzeltme yapılarak paralakslarının küçültülmesi gerekmektedir ki bu incelenen anakol yıldızlarının *Gaia* uzaklıklarına göre daha uzakta hesaplanmasına neden olur. İki uzaklık yöntemindeki uzaklık farkları bu açıdan incelendiğinde ise LK düzeltmesi (1973) bu farklılıkların daha fazla artmasına neden olmaktadır. Bu durumda trigonometrik ölçümlerdeki en büyük yanlışlık ölçümlerdeki sıfır seviye farkından kaynaklanıyor olabilir.

İki farklı yöntemden hesaplanan uzaklıklar arasındaki farklılıkların nedenlerinden biri de bu yüksek lisans tez çalışmasında üretilen mutlak parlaklık kalibrasyonundan kaynaklanabilir. Söz konusu mutlak parlaklık kalibrasyonu, Güneş civarındaki yakın yıldızların hassas tayfsal, astrometrik ve fotometrik verilerinden oluşturulmuştur. Kalibrasyon yıldızlarının *Gaia* DR2 kataloğundan (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) alınan trigonometrik paralakslarından hesaplanan mutlak parlaklıklar ve bağıntı (4.3) ile literatüre yeni kazandırılan mutlak parlaklık kalibrasyonundan belirlenen mutlak parlaklıklar arasındaki farkların küçük oluşu üretilen kalibrasyonun oldukça duyarlı olduğunu ve sönük yıldızların fotometrik verilerinin kullanılmasıyla uzaklık tayini yapılabileceğini göstermektedir. Ayrıca kalibrasyondan hesaplanan mutlak parlaklıklara ait belirsizliklerin de literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumlu olması bu kanaati desteklemektedir.

İki ayrı yöntemden hesaplanan yıldız uzaklıklarının sistematik olarak farklı bulunmasının bir başka nedeni, gözlem teknikleri dışında yıldızların doğasından kaynaklanabilir. Yıldız alanlarının fotometrik incelenmesine dayalı çalışmalarda en büyük problemlerinden biri de *çift yıldız* etkisidir (Duquennoy ve Mayor, 1991; Kraus ve diğ., 2011). Parlak ve sönük yıldızların bir arada incelenmesini hedefleyen Galaktik yapı çalışmalarında genellikle orta büyüklükteki teleskoplar kullanılmakta olup bu teleskoplardaki ayırma gücü, buldukları gözlem yerleşkesindeki atmosfer şartlarına ve gözlemlerin yapıldığı dalga boyuna bağlıdır. Bir gözlem yerleşkesindeki ortalama görüş kalitesi 1" civarındadır. Bu da yapılan fotometrik gözlemlerde iki yıldızın birbirinden ayırt edilebilmesine bir üst sınır getirmektedir. Üst sınır olarak belirlenen bu görüş değeri ancak Güneş civarındaki yakın çift sistemlerin birbirinden ayırt edilebileceğini ifade eder. Sönük yıldızların incelendiği derin fotometrik CCD gözlemlerinde bu etki daha büyük bir orana ulaşmaktadır. Bu durumda çift yıldız etkisini daha iyi ayırt edebilmek için fotometrik değişkenliğin zamana bağlı incelenmesi gerekir. Fakat

burada incelenen çift yıldız sisteminin bakış doğrultusunda yaptığı açının (i) büyük önemi vardır. Bir çift sistemin bakış doğrultusuyla oluşturduğu açı yaklaşık $i = 60^\circ$ 'den küçük olduğunda, fotometrik değişkenliğin tutulmalara bağlılığı azalmakta ve iki yıldızdan gelen akı ayırt edilememektedir. Sonuç olarak, çift sistemde bulunan iki yıldızdan gelen toplam akı, tek bir yıldızın akısı olarak gözlenir. Bu da çift yıldız etkisine neden olur. Çift yıldız etkisinin büyük kısmının ortadan kaldırılmasına yönelik en iyi yöntem tayfsal gözlemlerdir. Tayfsal çalışmalar sayesinde fotometrik olarak ayırt edilemeyen çift sistemlerdeki bileşenler farklı zamanlarda alınan tayf verileriyle ayırt edilebilmektedir. Fakat bu yöntemde bileşenler arasındaki görünen parlaklık farkı 4 – 5 kadire ulaştığında, yoldaş bileşenin tayf çizgileri alınan tayfta görülmez. Bu da sistemin tayfsal olarak çift yapıda bulunabileceğini göstermez.

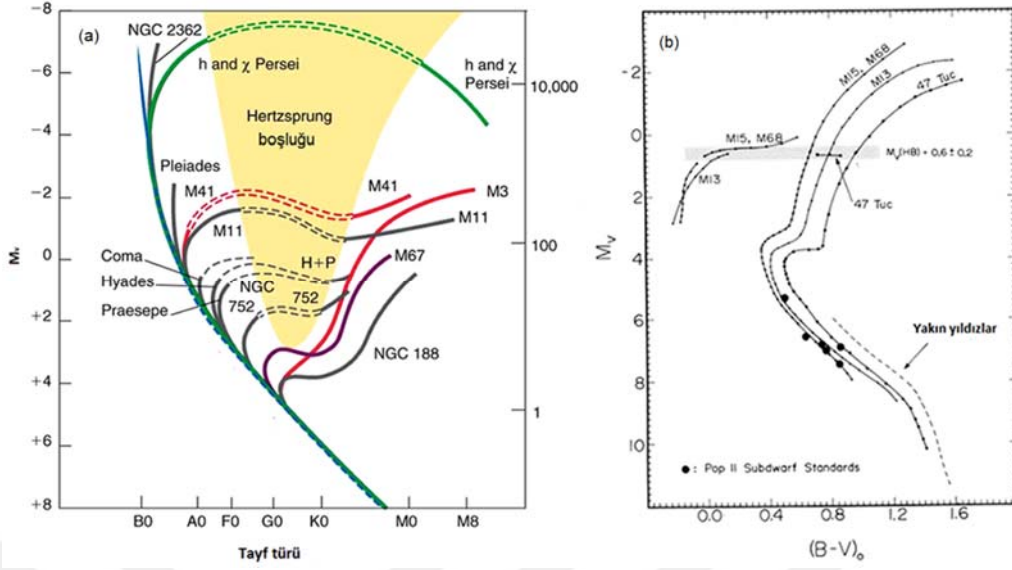
Çift yıldız etkisinin anlaşılmadığı bir durumda tek bir yıldız olarak sınıflaması yapılan yıldızın ışıma gücü aynı tayf türündeki benzer bir yıldızla göre daha büyük ve daha kırmızı renk indekslerinde görülmesine neden olur. Tek yıldız olarak sınıflanan bir çift sistemin renk indeksinin daha kırmızı görülmesinin nedeni çift sistemdeki bileşenlerin kütle oranındaki ($q = M_2 / M_1$) farklılık iken, daha parlak görülmesinin sebebi bileşen yıldızlarının ışıma güçlerinin bir arada gözlenmesidir. Işıma gücündeki en büyük değer, tahmin edilebileceği gibi, çift sistemdeki bileşen yıldızların kütlelerinin birbirine eşit olduğu durumdur. Pogson bağıntısında bu durum analiz edilirse, sistemin görünen parlaklığında 0.75 kadirlik bir artışa neden olur.

Galaksimizin farklı doğrultularında bulunan alan yıldızları içinde çift yıldız etkisinin belirlenememesi incelenen yıldızların parlaklık ve renk indekslerini etkilemektedir. Yüksek lisans tez çalışmasında yıldızların fotometrik metal bollukları ve mutlak parlaklıkları Johnson – Morgan (1953) fotometrik sisteminde ölçülen ve yıldızlararası ortamın neden olduğu etkilerin arındırılması sonucu hesaplanan V_0 görünen parlaklık ve $(U-B)_0$, $(B-V)_0$ renk indeksleri kullanılarak hesaplandığından bu parametreler çift yıldız etkisini içerebilir. Yukarıda detaylı açıklanan nedenlerden dolayı çift yıldız etkisini ortadan kaldırmak veya en az indirgeyebilmek için incelenen yıldız alanında uzun zamanlı tayfsal taramaların yapılması gerekmektedir.

İki uzaklık tayin yöntemi kullanılarak hesaplanan uzaklıkların birbirinden farklı ve sistematik etki içermesinin bir başka nedeni de seçilen yıldızlar içinde evrimleşmiş yıldızların bulunabilme ihtimalinin olmasıdır. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için trigonometrik paralakslarındaki

ölçüm hataları küçük olan yıldızların *Gaia* verileri dikkate alınarak yıldızların mutlak parlaklıklarının hesaplanması ve anakol/alt dev yıldızı olup olmadıklarının araştırılması gerekmektedir. Çalışmamızda evrimleşmiş yıldız (kırmızı dev yıldızlar) etkisinin en aza indirgenmesi için renk indeksleri $0.3 < (B-V)_0 < 0.8$ kadir arasındaki yıldızlar seçilmiştir (bkz Bölüm 4.4.1). Fakat bu renk indeksi aralığında seçilen yıldızlar içinde dönüm noktasında, terminal anakolu terk etmekte olan veya alt dev aşamasına geçen yıldızlar (evrimleşmiş) bulunabilir. Bu durum en iyi açık ve küresel kümelerin mutlak parlaklıklarına göre oluşturulmuş renk – parlaklık diyagramlarından görülebilir.

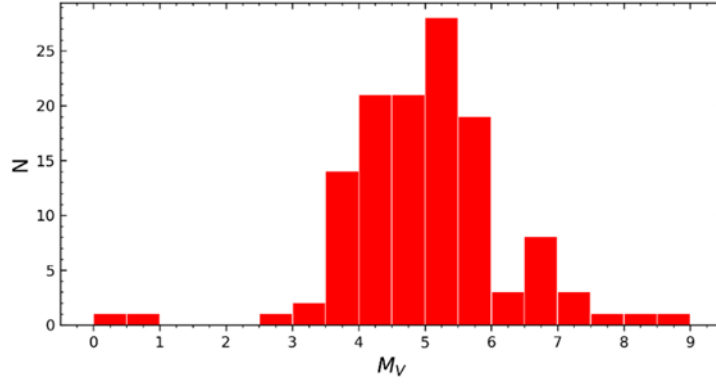
Açık ve küresel kümelerdeki yıldızlar Güneş'ten hemen hemen aynı uzaklıkta, aynı metal bolluğunda ve aynı yaşta buldukları için HR diyagramı üzerinde analiz edilmeleri yıldızların evrimlerinin anlaşılması açısından önemlidir. Küme yıldızlarındaki yegâne farklılık kütleleri olup bu da kümenin başlangıç kütle fonksiyonuyla (IMF) doğrudan ilgilidir. Bilindiği gibi kümenin büyük kütleli yıldızları anakolu, küçük kütleliye göre daha hızlı terk ederler. Bu durumda bir kümenin dönüm noktasındaki yıldızlarının renk indekslerinin incelenmesi küme yaşının belirlenmesinde önemlidir. Şekil 5.6'da Samanyolu'nda bulunan bazı açık ve küresel kümelerin mutlak parlaklık – renk diyagramları gösterilmiştir. Açık kümelerin renk – parlaklık diyagramları (Şekil 5.6a) incelendiğinde dönüm noktaları $-4 < M_V < + 4.5$ kadir iken küresel kümelerde (Şekil 5.6b) $3 < M_V < 5$ kadir aralığındadır. Görüldüğü gibi açık kümeler geniş bir yaş aralığında (<10 Gyl) bulunduğundan dönüm noktalarının mutlak parlaklık değerleri büyük bir aralıkta yer alır. Galaksimizin kalın disk, halo ve şişkin bölgelerindeki küresel kümelerin ise bu değerleri daha küçük bir aralıkta bulunmaktadır ki bu da küresel kümelerin hemen hemen benzer yaşlarda bulduklarını gösterir. Açık ve küresel kümelerde fazla sayıda yıldız bulunduğundan anakoldan ayrılmak üzere olan yıldızları teşhis edebilmek yıldız alanlarındakine göre çok daha kolaydır. Bu nedenle yıldız alanlarında $M_V < + 4.5$ kadirde daha parlak yıldızlar incelendiğinde anakol ve evrimleşmiş yıldızların bir arada bulunma olasılıkları yüksektir ve geniş band fotometrik çalışmalarıyla bu etkiyi birbirinden ayırt edebilmek neredeyse imkansızdır.



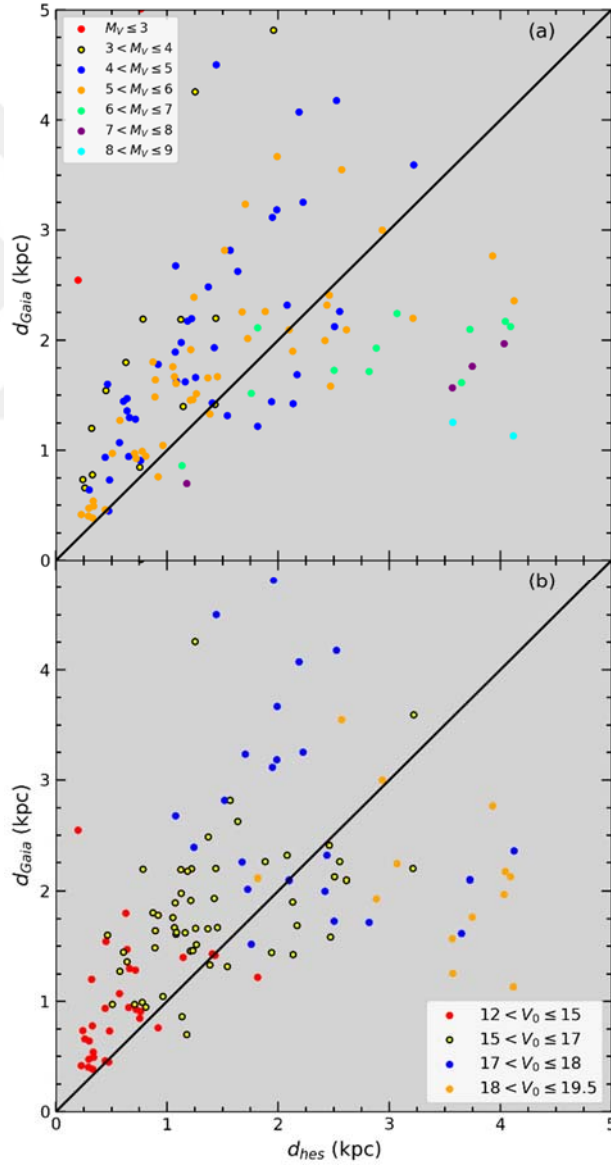
Şekil 5.6: Galaksimizdeki bazı açık (a) ve küresel (b) kümelerin V bandındaki mutlak parlaklık – renk diyagramları.

Yüksek lisans tez çalışmasında dikkate alınan iki uzaklık tayin yönteminden hesaplanan uzaklıklar arasında sistematik farklılık bulunmasının bir diğer nedeni de derin CCD gözlemlerinde yapılan *fotometrik hatalardır*. Tek pozlu CCD gözlemlerinde parlak ve sönük kadirlerdeki nesnelerin parlaklık ve renk indekslerindeki hatalar genellikle büyüktür (bkz Şekil 4.16) ve kalibrasyonlardan hesaplanan parametrelerin hatalarının belirlenmesinde *iç hataların* yanında fotometrik verilerden kaynaklanan *dış hataların* da dikkate alınması gerekir.

Anakol yıldızlarının uzaklık ölçümlerindeki farklılıkların detaylı bir şekilde sunulduğu bu bölümde etkileri birbirlerinden ayırabilmek için bir takım ek analizler daha yapılmıştır. Öncelikle, SA 141 yıldız alanında *Gaia* uydu verilerinden ve yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu ile hesaplanan ve rölatif paralaks hataları $\sigma_{\pi}/\pi \leq 0.5$ olan 125 yıldızın uzaklıkları yeniden dikkate alınmıştır. Bu yıldızların *Gaia* DR2’den (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) belirlenen trigonometrik paralaksları ve sönümlenmeden arındırılmış görünen parlaklıkları Pogson formülüne yerleştirilerek mutlak parlaklıkları hesaplanmış ve dağılımları Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Diyagramdaki dağılımdan görüleceği gibi yıldızlar $0 < M_V < 9$ kadir aralığında bulunmaktadır. Bu yıldızların bir kısmı ($M_V < 4.5$ kadir) evrimleşmiş yıldız olabilir. Bu etkiyi daha iyi görebilmek için alandaki yıldızlar mutlak parlaklık ve görünen parlaklık aralıklarına göre gruplanmıştır ve bu gruplar Şekil 5.8’de farklı renkler ile gösterilmiştir.



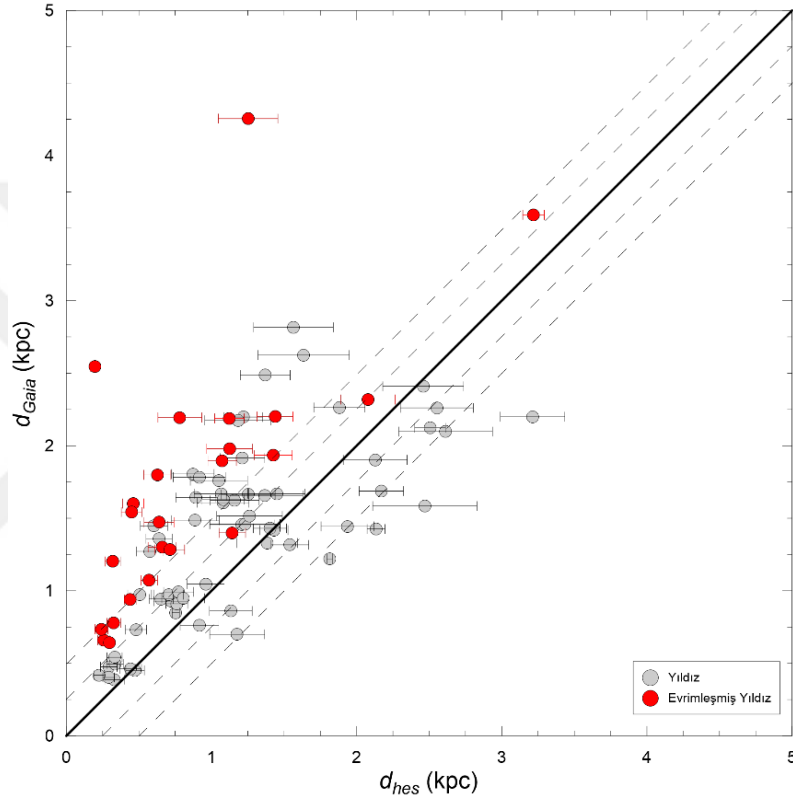
Şekil 5.7: SA 141 yıldız alanındaki 125 yıldızın *Gaia* DR2’den (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) alınmış trigonometrik paralakslarından hesaplanan mutlak parlaklık dağılımları.



Şekil 5.8: 125 yıldızın *Gaia* DR2’den (*Gaia* çalışanları ve diğ., 2018) ve yeni kalibrasyondan hesaplanan uzaklıklarının, *Gaia* mutlak parlaklıklarına (a) ve görünen parlaklıklarına (b) göre gruplanmış diyagramları.

Şekil 5.8a'dan da görüleceği gibi erken tayf türündeki yıldızların mutlak parlaklıkları dikkate alındığında, *Gaia* uydu verilerinden hesaplanan yıldızların kalibrasyondan hesaplanana göre daha uzak bulunduğu görülmektedir. Mutlak parlaklıkları $0 < M_V < 3$, $3 < M_V < 4$ kadirindeki tüm yıldızlar ile $4 < M_V < 5$ kadirindeki çoğu yıldızın birebir çizgisinin üstünde olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgu SA 141 alanında evrimleşmiş yıldızların bulunabileceğini gösteren en önemli kanıttır. Ayrıca Şekil 5.8b'de yeni mutlak parlaklık kalibrasyonunun kullanılmasıyla hesaplanan uzaklıklar dikkate alındığında, Güneş'ten $d = 3$ kpc uzaklık ötesindeki yıldızların çoğunun *Gaia* uydu verilerine göre daha uzak hesaplandığı ve bu yıldızlarının da V_0 görünen parlaklıklarının $V_0 = 17$ kadirinden daha sönük olduğu görülmektedir. İncelenen uzaklık aralığında görülen bu sistematik farklılığın sebebinin gözlemlerden kaynaklanan fotometrik hataların büyüklüğü olabilir. Bu motivasyon ile yüksek lisans tezinin Bulgular kısmında fotometrik hataların verildiği Bölüm 4.4.1'de gösterilen Şekil 4.16'da yeniden incelendiğinde görünen parlaklıkları $V_0 = 17$ kadirinden daha parlak olan nesnelere ortalama parlaklık ve renk hatalarının $V_0 = 17$ 'den daha sönük nesnelere göre daha küçük olduğu görülmektedir. Örnekteki yıldızların fotometrik hatalarından kaynaklandığı görülen sistematik farklılığın ortadan kaldırılabilmesi ve bu hataların yıldız uzaklıklarına olan etkilerini ortaya koyabilmek için $V_0 = 17$ kadirinden daha parlak nesnelere parlaklık ve renk indekslerine ait hatalarına yeni bir üst sınır getirilmiştir. Buna göre V bandındaki hatalar için $V_{hata} = 0.05$ kadir, $U-B$ ve $B-V$ renk indekslerindeki hatalar için de, $(U-B)_{hata} = 0.1$ ve $(B-V)_{hata} = 0.09$ kadir değerleri dikkate alınmıştır (bkz Şekil 4.16). Fotometrik verilerin hatalarına getirilen sınırlamalar sonucunda örnekteki yıldız sayısı 125'ten 87'ye azalmıştır. Ölçüm tekniklerinden kaynaklanan hataların en aza indirgenmesiyle 87 yıldızdan oluşun örneğin iki farklı uzaklık yöntemiyle tayin edilmiş uzaklıklarının karşılaştırılması Şekil 5.9'da gösterilmiştir. Şekil üzerindeki kırmızı renk ile gösterilen yıldızlar, uzaklıkları *Gaia* uydu verilerinden hesaplanan ve mutlak parlaklıkları $M_V = 4.5$ kadirinden daha parlak evrimleşmiş yıldızları, gri renkte olanlar da yıldız olarak sınıflananları ifade etmektedir. Şekildeki yıldızların yatay eksenlerinde verilen uzaklıktaki belirsizlikler, yeni mutlak parlaklık kalibrasyondan (iç hata) ve fotometrik verilerden (dış hata) gelen toplam hatalardan hesaplanmıştır. Fotometrik hataların hesabında, yukarıda belirtildiği gibi, üst sınırlar dikkate alınmıştır. Bu hataların istatistiksel olarak daha anlamlı belirlenebilmesi için her yıldızın fotometrik verilerine (V_0 , $(U-B)_0$, $(B-V)_0$), üst sınırları belirlenen parametre hataları içinde 10,000 yapay fotometrik hata değeri rastgele üretilerek (V_{hata} , $(U-B)_{hata}$, $(B-V)_{hata}$) yıldızın gerçek fotometrik verilerine ilave edilmiştir. Bağntı (4.3)'de

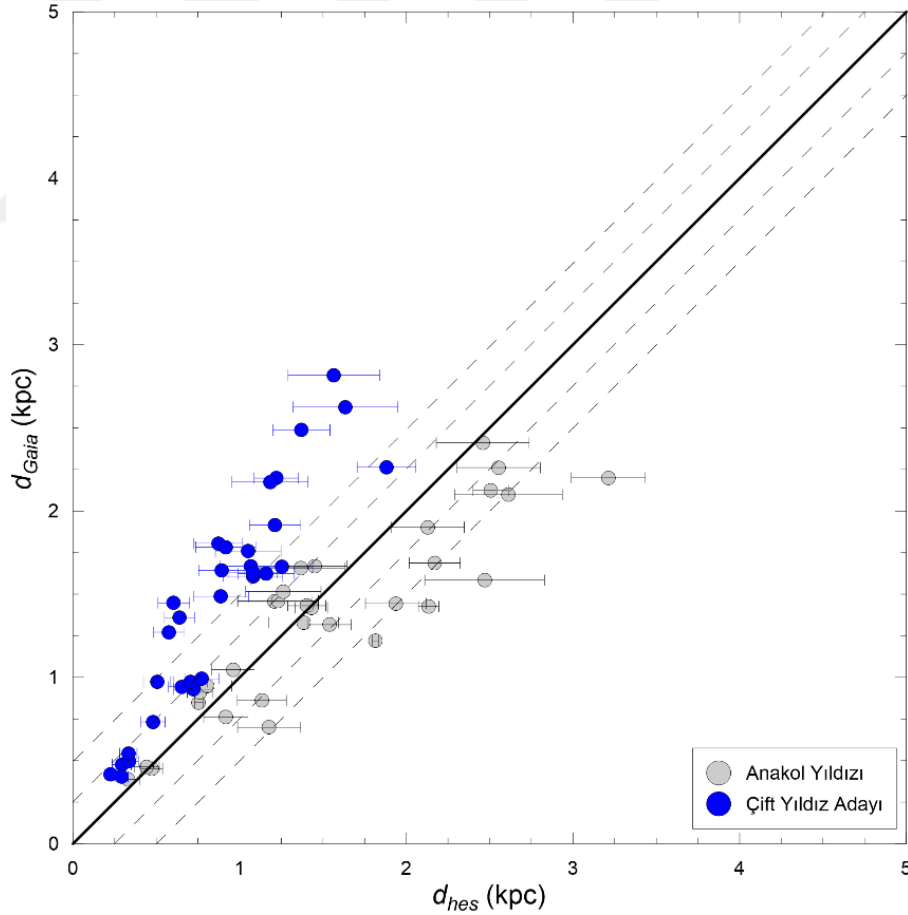
verilen yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu ile sanal olarak üretilen verilerden, yıldızların mutlak parlaklıkları ve Pogson bağıntısından da yıldız uzaklıkları tayin edilmiştir. Bu uzaklıkların ortalama değerleri hesaplanarak yıldızın fotometrik verilerden kaynaklanan uzaklık hatası belirlenmiş olup kalibrasyondan gelen uzaklık hatalarına eklenmiştir. İç ve dış hatalardan kaynaklanan belirsizliklerin uzaklık parametresine aktarılması sonucu oluşan toplam uzaklık hatası, Şekil 5.9’da gösterilmiştir.



Şekil 5.9: İki farklı yöntem ile uzaklıkları tayin edilmiş 87 yıldızın uzaklıklarının karşılaştırılması, Siyah düz çizgi birebir doğrusunu, kesikli çizgiler de 250 pc’lik adımlar ile uzaklık farklarını göstermektedir.

Şekil 5.9’daki 87 yıldızın büyük çoğunluğu, Güneş’e uzaklığı $d = 3$ kpc içindedir. Evrimleşmiş yıldız olarak sınıflanan 26 yıldızın birebir çizgisinden en az $d = 250$ pc uzakta bulunduğu ve yataydaki uzaklık belirsizliklerinin de birebir çizgisine değmediği dikkat çekmektedir. Bu durum dikkate alındığında bu yıldızların evrimleşmiş olduğu kanaati güçlenmektedir. Örnek içinden evrimleşmiş yıldızların çıkartılması sonucu oluşturulan uzaklık – uzaklık diyagramı Şekil 5.10’da gösterilmiştir. 61 yıldızdan oluşturulan yeni uzaklık dağılımı gözden geçirildiğinde halen *Gaia* uzaklıklarının sistematik olarak büyük ölçüldüğü görülmektedir. Bu sistematik etki ancak incelenen yıldızların çift yıldız olmalarından kaynaklanmalıdır. Eğer çift

sistemdeki yıldızlar birbirinden ayırt edilemiyorsa toplam ışımaya güçleri daha büyük olacağından daha uzakta görülmesi beklenir. Örnek içinde çift yıldız etkisini ortaya çıkartabilmek için yeni mutlak parlaklık kalibrasyonu ile hesaplanan uzaklıklara iç ve dış hataların etkilerinden yansıyan uzaklık belirsizlikleri toplanarak birebir çizgisiyle uyumlu olup olmadıkları incelenmiştir. Beklenildiği gibi tüm hataların dikkate alındığı bu son durumda yıldızın uzaklıklarının *Gaia* uydu verilerinden hesaplanan değerlere ulaşması beklenmektedir. Eğer böyle bir uyum halen sağlanmıyorsa, bunun nedeni yıldızın bir çift sistem barındırmasından kaynaklanabilir. Yapılan analiz sonucu *Gaia* uzaklıkları daha büyük belirlenen yıldızlar içinde uzaklık ve uzaklık hataları *Gaia* uydu verileriyle uyuşmayan (yani birebir çizgisine değmeyen) yıldızlar çift yıldız adayları olarak değerlendirilmiştir. Buna göre 61 yıldız içinde 31'inin çift yıldız adayları olma olasılığı bulunmakta olup bu yıldızlar Şekil 5.10'da mavi renkli daire sembolüyle gösterilmiştir.



Şekil 5.10: İki farklı yöntem ile uzaklıkları tayin edilmiş ve evrimleşmiş yıldızların örnekten çıkarılmasıyla oluşturulan 61 yıldızın uzaklıklarının karşılaştırılması, Siyah düz çizgi birebir doğrusunu, kesikli çizgiler de 250 pc'lik adımlar ile uzaklık farklarını göstermektedir.

SA 141 yıldız alanında son analizler çerçevesinde, verileri hassas seçilen 87 yıldız içinde 26'sı evrimleşmiş yıldız, 31'i çift yıldız adayı ve 30'u anakol yıldız olarak sınıflanmıştır. Bu bulgulara göre SA 141'deki anakol bandı içindeki yıldızların %50'den fazlası çift yıldız adayı olarak belirlenmiş olup bu bulgu, yaklaşık 150,000 Güneş benzeri anakol yıldızını LAMOST tayfsal gökyüzü taraması programıyla analiz eden Tian ve diğ. (2018)'nin alan yıldızları içinde %50 çift yıldız oranıyla uyumludur.

5.4. SA 141 YILDIZ ALANINDA HESAPLANAN METAL BOLLUĞU GRADYENTLERİNİN YORUMLANMASI

Galaksimizin oluşumu ve evriminin araştırılmasında, Galaktik düzlemden dik doğrultudaki uzaklıklar için hesaplanan metal bolluğu gradyentinin önemli bir yeri vardır. ELS (1962) oluşum senaryosuna göre Samanyolu, metalce çok fakir bir bulutun 2×10^8 Myıl içinde çökerek meydana geldiğini öne sürer. Buna göre yekpare bir bulutun hızlı bir şekilde çökerek Samanyolu'nu oluşturması Galaktik düzlemden dik doğrultularda farklı metal bolluğu gradyentlerinin hesaplanmasını gerektirir. Yüksek lisans tez çalışmasında yeni oluşturulan metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonları, SA 141 yıldız alanındaki orta tayf türünden anakol yıldızlarına uygulanarak metal bollukları ve Galaktik düzlemden dik doğrultudaki uzaklıkları hesaplanmıştır (bkz Bölüm 4.4.3).

SA 141'deki yıldızlardan itibaren oluşturulan $[Fe/H] \times Z$ diyagramı (Şekil 4.21; üst panel) incelendiğinde, yıldızların neredeyse tümünün diyagram üzerinde eş yoğunluklu dağılımı tespit edilmiş ve metal bolluğu gradyent analizi yapılamamıştır. Bu durumun yıldızların farklı mutlak parlaklık aralıklarında değişik katkılarından ileri geldiği düşünülerek $3 < M_V < 8$ kadir aralığına yayılan yıldızlar ardışık mutlak parlaklık aralıklarına ayılarak metal bolluğu gradyent hesabı yapılmıştır. Şekil 4.21'den de görüleceği gibi $4 < M_V < 5$, $5 < M_V < 6$ ve $6 < M_V < 7$ mutlak parlaklık aralığındaki yıldızların bu analizleri yapabilecek istatistiksel sayıya ulaştıkları görülerek verilere doğrusal fitler geçirilmiş ve Galaktik düzlemden dik doğrultulardaki uzaklık aralıkları için metal bolluğu gradyentleri elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.5'te listelenmiştir. $4 < M_V < 5$ kadir aralığındaki yıldızların ışınma güçleri daha büyük olduğundan haloya kadar uzanan bir bölge için metal bolluğu gradyent incelenmesi yapılabilirken, mutlak parlaklıkları $5 < M_V < 6$ ve $6 < M_V < 7$ kadir aralıklarındaki yıldızlar için sadece Galaksi diskindeki metal bolluğu gradyent hesabı yapılabilmektedir. Galaktik disk için ilk mutlak parlaklık aralığında

($4 < M_V < 5$ kadir) Galaktik düzleme dik uzaklıkları $Z < 5$ kpc olan yıldızlardan metal bolluğu gradyenti $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.271 \pm 0.085$ dex/kpc olarak hesaplanmışken, diğer iki mutlak parlaklık aralıkları ($5 < M_V < 6$ ve $6 < M_V < 7$ kadir) için hemen hemen aynı uzaklıktaki metal bolluğu gradyent değerleri $-0.137 \pm 0.058 \leq d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ \leq -0.151 \pm 0.190$ dex/kpc olarak hesaplanmıştır. Bu durum yıldız alanından fotometrik yöntemler kullanılarak hesaplanacak metal bolluğu gradyent analizlerinin mutlak parlaklık aralıklarına, bir başka deyişle tayf türüne göre yapılması gerektiğini göstermektedir. Fakat üç farklı mutlak parlaklık aralığı için hesaplanan metal bolluğu gradyentlerinin biri dışında ($4 < M_V < 5$ kadir) diğer iki aralıktan ($5 < M_V < 6$ ve $6 < M_V < 7$ kadir) hesaplanan sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmüştür. Bunun sebebi bir önceki bölümde tartışıldığı gibi $4 < M_V < 5$ kadir aralığındaki yıldızların bir kısmının evrimleşmiş yıldızlar ($M_V < 4.5$ kadir) içerebileceğidir ve *Gaia* uzaklıklarıyla bu durum gösterilmiştir. Bu nedenle mutlak parlaklıkları $4 < M_V < 5$ kadir aralığında bulunan anakol yıldızlarına evrimleşmiş yıldızların karışmış olması ve $V_0 = 17$ kadirde daha sönük yıldızların fotometrik hatalarının giderek artması nedeniyle yeni kalibrasyonlardan hesaplanan metal bolluğu ve mutlak parlaklıklarının farklı sonuçlar üretmesi hesaplanan metal bolluğu gradyentlerinin güvenilirliğini azaltmaktadır.

Güneş civarındaki 168 F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarının tayfsal, fotometrik ve astrometrik verilerini bir arada analiz ederek oluşturduğu metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarını önce *UBV* sisteminde ardından dönüşüm formülleriyle SDSS fotometrik sisteminde tanımlayan Tunçel Güçtekin ve diğ. (2016; 2017), orta ve yüksek Galaktik enlemlerde bulunan yaklaşık 1.44 milyon sönük anakol yıldızı için metal bolluğu ve mutlak parlaklıkları elde ederek Galaktik düzlemde farklı dik doğrultulardaki uzaklık aralıkları için metal bolluğu gradyentleri elde etmiştir (Tunçel Güçtekin ve diğ., 2018). Analizlerinde anakol yıldızlarını Galaksi merkezinden $6 < R \leq 10$ ve $10 < R \leq 15$ kpc uzaklık aralıklarına ve Galaktik düzlemde $2 < Z \leq 5$ kpc uzaklık aralığına ayıran Tunçel Güçtekin ve diğ. (2018) Galaksi merkezinden iki farklı uzaklık aralığı için metal bolluğu gradyentlerini, sırasıyla, $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.164 \pm 0.014$ ve $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.172 \pm 0.016$ dex/kpc olarak hesaplamışlardır. Kawata ve diğ. (2018) Samanyolu'nun ince disk bileşenindeki anakol yıldızları için bir kimyasal evrim modeli oluşturarak Galaktik düzlemde dik doğrultudaki metal bolluğu gradyentinin $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.176 \pm 0.007$ dex/kpc olduğunu ileri sürmektedir. Peng ve diğ. (2012), BATC ve SDSS taramasından seçtikleri yaklaşık 40,000 anakol yıldızının metal bolluğu ve uzaklıklarını dikkate

olarak Galaktik düzlemden $Z = 2$ kpc uzaklığa kadar metal bolluğu gradyentini $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.21 \pm 0.05$ dex/kpc olarak hesaplamıştır. Galaksimizin üçüncü çeyreğinde, orta Galaktik enlemlerdeki yaklaşık 700 FGK tayf türünden anakol yıldızlarını FLAMES/GIRAFFE tayfçekerleriyle inceleyen Kordopatis ve diğ. (2011) Galaktik düzlemden $1 \leq Z \leq 4$ kpc uzaklık aralığındaki kalın disk yıldızları için metal bolluğu gradyentini $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.14 \pm 0.05$ dex/kpc olarak tayin etmiştir. SA 141 yıldız alanını CCD *UBVRI* filtreleriyle inceleyen Siegel ve diğ. (2009), Karataş ve Schuster (2006) tarafından literatüre kazandırılan fotometrik metal bolluğu kalibrasyonunu alandaki 368 anakol yıldızına uygulayarak Galaktik düzlemden dik doğrultudaki metal bolluğu gradyent değerini $d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ = -0.15$ dex/kpc olarak tayin etmiştir. Karaali ve diğ. (2005) SDSS fotometrik sistemi için geliştirdiği metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarını orta Galaktik enlemlerdeki iki yıldız alanına uygulayan Ak ve diğ. (2007) Galaktik düzlemden dik doğrultular için metal bolluğu gradyentlerini $-0.22 \pm 0.20 \leq d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ \leq -0.16 \pm 0.20$ dex/kpc aralığında tayin etmiştir. Literatürden derlenen metal bolluğu gradyent sonuçlarının bu çalışmada mutlak parlaklıkları $5 < M_V < 6$ ve $6 < M_V < 7$ kadir aralıklarındaki sonuçlar ($-0.137 \pm 0.058 \leq d[\text{Fe}/\text{H}]/dZ \leq -0.151 \pm 0.190$ dex/kpc) ile oldukça uyumlu olduğu tespit edilmiştir. *Gaia* uydusunun gelecek yıllarda artan gözlemsel astrometrik gözlem verilerini literatüre kazandırması ve tayfsal gökyüzü tarama verilerinin de astronomların kullanıma açılmasıyla birlikte Galaksimizin farklı bileşenleri için daha duyarlı metal bolluğu gradyent değerlerinin elde edilmesi söz konusu olacaktır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında Güneş civarında tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri duyarlı hesaplanmış F ve G tayf türündeki 893 anakol yıldızı kullanılarak metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonları elde edilmiştir. Bu iki kalibrasyonun farklı zamanlarda, farklı veri tabanlarından üretilen benzerleriyle karşılaştırılması sonucunda orijinal verileri ($[\text{Fe}/\text{H}]_{\text{orj}}$ ve $(M_V)_{\text{Gaia}}$) daha iyi ifade ettikleri belirlenmiştir. Yeni kalibrasyonların gücünü daha iyi görebilmek için Galaksimizin oluşumu ve evrimine ait senaryoların sınanmasında kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda yeni kalibrasyonlar Samanyolu'nun Güney kutbu civarında yakın bir bölgesinde yer alan SA 141 yıldız alanındaki F ve G tayf türündeki anakol yıldızlarına uygulanmıştır. Bu yıldızların fotometrik yöntem ile hesaplanmış metal bollukları ve Galaktik düzlemden dik doğrultulardaki uzaklıklarına bağlı olarak metal bolluğu dağılımları incelenmiş ve yaklaşık -0.15 dex/kpc'lik bir metal bolluğu gradyenti hesaplanmıştır. Bu bulgunun, literatürde

duyarlı tayfsal ve fotometrik parametreleri bulunan yıldızların kullanıldığı güncel çalışmalar (örneğin, Tunçel Güçtekin ve diğ., 2018; Kawata ve diğ., 2018 ve Peng ve diğ., 2012) ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Yüksek lisans tez çalışması literatüre sadece duyarlı metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonu kazandırmayıp bu kalibrasyonların yıldız alanlarına uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken önemli hususlara da dikkat çekmiştir. Bunlar aşağıda maddeler halinde listelenmiştir:

- Fotometrik yöntemler ile anakol yıldız seçiminin daha duyarlı yapılması,
- Anakol yıldızlarının seçiminde fotometrik hataların olabildiğince küçük seçilmesi,
- *UBV* fotometrisinde seçilen anakol yıldız örneği içinde evrimleşmiş yıldızların bulunabileceği dikkate alınarak anakol yıldızları için mutlak parlaklıkları $M_V > 4.5$ kadir olanların seçilmesi,
- Fotometrik ölçümleri yapılan örnek içerisinde çift yıldız etkisinin dikkate alınması,
- Metal bolluğu gradyent çalışmalarında yıldızların tayf türünün veya mutlak parlaklıklarının dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir.

Yüksek lisans tez çalışmasında yukarıda maddeler halinde sıralanan etkilerin dikkate alınması, Galaktik yapı, oluşum ve evrim araştırmaları için elde edilecek bulguların daha duyarlı olacağını göstermektedir.

Kalibrasyon çalışmaları tüm yıldızların duyarlı tayfsal, fotometrik ve astrometrik verileri elde edilemediği sürece astronomi ve astrofizik çalışmalarında kullanılmaya devam edecektir. Sönük yıldızlara doğru incelemelerimizi yoğunlaştırdığımız günümüzde yıldızların fotometrik ve astrometrik verilerini yeterince duyarlı tayin edebilmek için henüz tayfsal çalışmalar için istenen seviyeye ulaşamamıştır. Özellikle Samanyolu'nun yapısı, oluşumu ve evriminin anlaşılmasındaki senaryoların sınanmasında metal bolluğu gradyenti gibi önemli bir parametrenin anahtar rol oynaması yıldızların metal bolluklarının ve uzaklıklarının yeterince hassas ölçülmesini gerektirmektedir. Anakol yıldızlarından itibaren yapılacak metal bolluğu gradyent çalışması ancak Güneş'e uzaklıkları 1 kpc olan yıldızlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu uzaklık sınırı ancak SDSS gibi fotometrik verileri yeterince duyarlı tayin edilmiş sönük yıldızların kullanılmasıyla aşılabılır. Bu da fotometrik kalibrasyonların gelecek yıllarda daha büyük veri setlerine uygulanmasıyla gerçekleşebilecektir.

KAYNAKLAR

- Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., Buser, R., Cabrera-Lavers, A., 2007, The Metallicity Distributions in High-Latitudes with SDSS, *New Astronomy*, 12, 605-612.
- Ak, T., Bostancı, Z. F., Yontan, T., Bilir, S., Güver, T., Ak, S., Ürgüp, H., Paunzen, E., 2016, CCD UBV Photometry of the Open Cluster NGC 6819, *Astrophysics and Space Science*, 361, article id.126, 14.
- Amores, E. B., Lopez-Corredoira, M., Gonzalez-Fernandez, C., Moitinho, A., Minniti, D., Gurovich, S., 2013, The Long Bar as Seen by the VVV Survey. II. Star Counts, *Astronomy and Astrophysics*, 559, id.A11, 14.
- Arenou, F., Luri, X., 1999, Distances and Absolute Magnitudes from Trigonometric Parallaxes, *Harmonizing Cosmic Distance Scales in a Post-Hipparcos Era, ASP Conference Series*, 167, 13-32.
- Arnouts, S., de Lapparent, V., Mathez, G., Mazure, A., Mellier, Y., Bertin, E., Kruszewski, A., 1997, The ESO-Sculptor Faint Galaxy Redshift Survey: The Photometric Sample, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 124, 163-182.
- Bahcall, J. N., Soneira, R. M., 1980, The Universe at Faint Magnitudes. I - Models for the Galaxy and the Predicted Star Counts, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 44, 73-110.
- Battistini, C., Bensby, T., 2016, The origin and evolution of r- and s-process elements in the Milky Way stellar disk, *Astronomy and Astrophysics*, 586, id.A49, 24.
- Becker, W., 1962, Dreifarbenphotometrie und ihre Anwendung auf ein Sternfeld in der Scutum-Wolke. Mit 19 Textabbildungen, *Zeitschrift für Astrophysik*, 54, 155-189.
- Beers, T. C., Placco, V. M., Carollo, D., ve diğ., 2017, Bright Metal-Poor Stars from the Hamburg/ESO Survey. II. A Chemodynamical Analysis, , *The Astronomical Journal*, 835, id. 81, 22.
- Benjamin, R. A., GLIMPSE Team, 2005, A GLIMPSE Survey of Mid-Infrared Diffuse and Stellar Emission in the Galactic Plane, *American Astronomical Society Meeting 207*, 37, 1247.
- Bensby, T., Feltzing, S., Lundström, I., 2003, Elemental Abundance Trends in the Galactic Thin and Thick Disks As Traced by Nearby F and G Dwarf Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 410, 527-551.
- Bensby, T., 2014, Characterisation of the Galactic Thick Disk, *Setting the Scene for Gaia and LAMOST, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium*, 298, 17-27.
- Bensby, T., Feltzing, S., Oey, M. S., 2014, Exploring the Milky Way Stellar Disk. A Detailed Elemental Abundance Study of 714 F and G Dwarf Stars in the Solar Neighbourhood, *Astronomy and Astrophysics*, 562, id.A71, 28.
- Bertin, E., Arnouts, S., 1996, SExtractor: Software for Source Extraction, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 117, 393-404.

- Bilir, S., Karaali, S., Gilmore, G., 2006a, Investigation of the ELAIS Field by Vega Photometry: Absolute Magnitude-Dependent Galactic Model Parameters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 366, 1295-1309.
- Bilir, S., Karaali, S., Güver, T., Karataş, Y., Ak, S. G., 2006b, Galactic Model Parameters for Field Giants Separated from Field Dwarfs by Their 2MASS and V Apparent Magnitudes, *Astronomische Nachrichten*, 327, 72
- Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., Coşkunoğlu, K. B., 2008, Luminosity-colour Relations for Thin-disc Main-sequence Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 390, 1569-1576.
- Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Coşkunoğlu, K. B., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., 2009, SDSS Absolute Magnitudes for Thin-disc Stars Based on Trigonometric Parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 396, 1589-1595.
- Bilir, S., Bostancı, Z. F., Yontan, T., ve diğ., 2016, CCD UBV Photometry and Kinematics of the Open Cluster NGC 225, *Advances in Space Research*, 58, 1900-1914.
- Binney, J., Merrifield M., 1998, *Galactic Astronomy*, Galactic Astronomy / James Binney and Michael Merrifield. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1998.
- Bland-Hawthorn, J., Gerhard, O., 2016, The Galaxy in Context: Structural, Kinematic, and Integrated Properties, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 54, 529-596.
- Bobylev, V. V., Bajkova, A. T., 2016, Estimating the Vertical Disk Scale Height Using Young Galactic Objects, *Baltic Astronomy*, 25, 261-266.
- Boesgaard, A. M., Rich, J. A., Levesque, E. M., Bowler, B. P., 2011, Beryllium and Alpha-element Abundances in a Large Sample of Metal-poor Stars, *The Astrophysical Journal*, 743, article id. 140, 26.
- Bono, G., Matsunaga, N., Inno, L., Lagioia, E. P., Genovali, K., 2013, Stellar Populations in the Galactic Center, *Astrophysics and Space Science Proceedings*, 34, 115.
- Bostancı, Z. F., Ak, T., Yontan, T., ve diğ., 2015, A comprehensive study of the open cluster NGC 6866, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 453, 1095-1107.
- Bostancı, Z. F., Yontan, T., Bilir, S., ve diğ., 2018, CCD UBV Photometric Study of Five Open Clusters- Dolidze 36, NGC 6728, NGC 6800, NGC 7209, and Platais 1, *Astrophysics and Space Science*, 363, article id. 143, 15.
- Brook, C. B., Stinson, G. S., Gibson, B. K., ve diğ., 2012, Thin Disc, Thick Disc and Halo in a Simulated Galaxy, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 426, 690-700.
- Brown, A. G. A., Arenou, F., van Leeuwen, F., Lindegren, L., Luri, X., 1997, Considerations in Making Full Use of the HIPPARCOS Catalogue, *Proceedings of the ESA Symposium 'Hipparcos - Venice '97'*, 63-68.
- Buser, R., Rong, J., Karaali, S., 1998, The New Basel High-Latitude Field Star Survey of the Galaxy. I. General Introduction, Methodology and First Analysis, *Astronomy and Astrophysics*, 331, 934-948.
- Buser, R., Rong, J., Karaali, S., 1999, The New Basel High-Latitude Field Star Survey of the Galaxy. II. The Thick Disk Component: Density Structure, Luminosity Function, and Metallicity Distribution, *Astronomy and Astrophysics*, 348, 98-112.

- Butkevich, A. G., Berdyugin, A. V., Teerikorpi, P., 2005, The Absolute Magnitude of K0V Stars from Hipparcos Data Using An Analytical Treatment of the Malmquist Bias, *Astronomy and Astrophysics*, 435, 949-954.
- Cabrera-Lavers, A., Gonzalez-Fernandez, C., Garzon, F., Hammersley, P. L., Lopez-Corredoira, M., 2008, The Long Galactic Bar as Seen by UKIDSS Galactic Plane Survey, *Astronomy and Astrophysics*, 491, 781-787.
- Cao, L., Mao, S., Nataf, D., Rattenbury, N. J., Gould, A., 2013, A New Photometric Model of the Galactic Bar Using Red Clump Giants, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 434, 595-605.
- Cardelli, J. A., Clayton, G.C., Mathis, J. S., 1989, The Relationship between Infrared, Optical, and Ultraviolet Extinction, *Astrophysical Journal*, 345, 245-256.
- Carney, B. W., 1979, Subdwarf Ultraviolet Excesses and Metal Abundances, *Astrophysical Journal*, 233, 211-225.
- Carney, B. W., Latham, D. W., Laird, J. B., 1990, A Survey of Proper-motion Stars. X - The Early Evolution of the Galaxy's Halo, *Astronomical Journal*, 99, 572-589.
- Casagrande, L., Schönrich, R., Asplund, M., Cassisi, S., Ramirez, I., Meléndez, J., Bensby, T., Feltzing, S., 2011, New constraints on the chemical evolution of the solar neighbourhood and Galactic disc(s). Improved astrophysical parameters for the Geneva-Copenhagen Survey, *Astronomy and Astrophysics*, 530, id.A138, 21.
- Chen, B., Stoughton, C., Smith, J. A., ve diğ., 2001, Stellar Population Studies with the SDSS. I. The Vertical Distribution of Stars in the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 553, 184-197.
- Clausen, K., 1989, Launch and Early Orbit, *The HIPPARCOS Mission. Pre-Launch Status. Vol. I: The Hipparcos Satellite, European Space Agency, Paris, ESA SP-1111*, 265.
- Clausen, K., Perryman, M. A. C., 1990, The HIPPARCOS Mission, *Acta Astronautica*, 22, 229-248.
- Coşkunoğlu, B., Ak, S., Bilir, S., ve diğ., 2011, Local Stellar Kinematics from RAVE Data - I. Local Standard of Rest, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 412, 1237-1245.
- Cox, A. N., 2000, *Allen's Astrophysical Quantities*, Allen's Astrophysical Quantities, 4th ed. Publisher: New York: AIP Press, Springer, Edit by Arthur N. Cox. ISBN: 0387987460.
- da Silva, R., Milone, A. de C., Rocha-Pinto, H. J., 2015, Homogeneous abundance analysis of FGK dwarf, subgiant, and giant stars with and without giant planets, *Astronomy and Astrophysics*, 580, id.A24, 18.
- de Vaucouleurs, G., 1964, Interpretation of Velocity Distribution of the Inner Regions of the Galaxy, *The Galaxy and the Magellanic Clouds, Proceedings of the International Astronomical Union Symposium no. 20 Held in Canberra March 18-28, 1963. Edited by Frank J. Kerr. International Astronomical Union. Symposium no. 20, Australian Academy of Science, Canberra*, 195.
- Duquennoy, A., Mayor, M., 1991, Multiplicity Among Solar-type Stars in the Solar Neighbourhood. II - Distribution of the Orbital Elements in an Unbiased Sample, *Astronomy and Astrophysics*, 248, 485-524.

- Dwek, E., Arendt, R. G., Hauser, M. G. Ve diğ., 1995, Morphology, Near-infrared Luminosity, and Mass of the Galactic Bulge from COBE DIRBE Observations, *Astrophysical Journal*, 445, 716.
- Eggen, O.J., Lynden-Bell, D., Sandage, A.R., 1962, Evidence from the Motions of Old Stars That the Galaxy Collapsed, *Astrophysical Journal*, 136, 748-766.
- Eker, Z., Bakış, V., Bilir, S., ve diğ., 2018, Interrelated Main-Sequence Mass-Luminosity, Mass-Radius, and Mass-effective Temperature Relations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 479, 5491-5511.
- ESA., 1997, *The HIPPARCOS and TYCHO Catalogues. Astrometric and Photometric Star Catalogues Derived from the ESA HIPPARCOS Space Astrometry Mission*, Publisher: Noordwijk, Netherlands: ESA Publications Division, 1997, Series: ESA SP Series Vol No: 1200, ISBN: 9290923997.
- Fan, X., 1999, Simulation of Stellar Objects in SDSS Color Space, *The Astronomical Journal*, 117, 2528-2551.
- Figer, D. F., 2009, Massive-star Formation in the Galactic Center, *Space Telescope Science Institute Symposium Series No. 20. Edited by Mario Livio and Eva Villaver. Cambridge University Press*, ISSN 9780521762632, 40-59.
- Gaia Collaboration., Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T., ve diğ., 2016, Gaia Data Release 1. Summary of the Astrometric, Photometric, and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 595, id.A2, 23.
- Gaia Collaboration., Brown, A. G. A., Vallenari, A., Prusti, T., ve diğ., 2018, Gaia Data Release 2. Summary of the Contents and Survey Properties, *Astronomy and Astrophysics*, 616, is.A1, 22.
- Garcia, B., Claria, J. J., Levato, H., 1988, The Ratio of Total to Selective Absorption in the Carina OB2 Association, *Astrophysics and Space Science*, 143, 317-328.
- Ghezzi, L., Cunha, K., Smith, V. V., de Araujo, F. X., Schuler, S. C., de la Reza, R., 2010, Stellar Parameters and Metallicities of Stars Hosting Jovian and Neptunian Mass Planets: A Possible Dependence of Planetary Mass on Metallicity, *The Astrophysical Journal*, 720, 1290-1302.
- Gillessen, S., Eisenhauer, F., Trippe, S., Alexander, T., Genzel, R., Martins, F., Ott, T., 2009, Monitoring Stellar Orbits Around the Massive Black Hole in the Galactic Center, *The Astrophysical Journal*, 692, 1075-1109.
- Gilmore, G., Reid, N., 1983, New Light on Faint Stars. III - Galactic Structure Towards the South Pole and the Galactic Thick Disc, *Monthly Notices of The Royal Astronomical Society*, 202, 1025-1047.
- Gilmore, G., Wyse, R. F. G., 1985, The Abundance Distribution in the Inner Spheroid, *Astronomical Journal*, 90, 2015-2026.
- Gonzalez-Fernandez, C., Lopez-Corredoira, M., Amores, E. B., Minniti, D., Lucas, P., Toledo, I., 2012, The Long Bar as Seen by the VVV Survey. I. Colour-magnitude Diagrams, *Astronomy and Astrophysics*, 546, id.A107, 22.

- Hammersley, P. L., Garzon, F., Mahoney, T. J., Lopez-Corredoira, M., Torres, M. A. P., 2000, Detection of the Old Stellar Component of the Major Galactic Bar, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 317, 45-49.
- Hartwick, F. D. A., 1987, *The Structure of the Galactic Halo*, in the Galaxy, NATO ASI, EDS Gilmore, G., Carswell, R. (Dordrecht: Reidel), 281-290.
- Hayden, M. R., Recio-Blanco, A., de Laverny, P., Mikolaitis, S., Worley, C. C., 2017, The AMBRE Project: The Thick Thin Disk and Thin Thick Disk of the Milky Way, *Astronomy and Astrophysics*, 608, id.L1,5.
- Haywood, M., 2008, Radial Mixing and the Transition between the Thick and Thin Galactic Discs, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 388, 1175.
- Hill, V., Lecqueur, A., Gomez, A., ve diğ., 2011, The Metallicity Distribution of Bulge Clump Giants in Baade's Window, *Astronomy and Astrophysics*, 534, id.A80, 20.
- Hinkel, N. R., Mamajek, E. E., Turnbull, M. C., ve diğ., 2017, A Catalog of Stellar Unified Properties (CATSUP) for 951 FGK-Stars within 30 pc, *The Astrophysical Journal*, 848, id. 34, 19.
- Helmi, A., Ivezić, Ž., Prada, F., ve diğ., 2003, Selection of Metal-poor Giant Stars Using the Sloan Digital Sky Survey Photometric System, *The Astrophysical Journal*, 586, 195-200.
- Hog, E., Fabricius, C., Makarov, V. V., ve diğ., 2000, The Tycho-2 Catalogue of the 2.5 Million Brightest Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 355, 27-30.
- Johnson, H. L., Morgan, W. W., 1953, Fundamental Stellar Photometry for Standards of Spectral Type on the Revised System of the Yerkes Spectral Atlas, *Astrophysical Journal*, 117, 313.
- Jurić, M., Ivezić, Ž., Brooks, A., ve diğ., 2008, The Milky Way Tomography with SDSS. I. Stellar Number Density Distribution, *The Astrophysical Journal*, 673, 864-914.
- Kapteyn, J. C., 1922, First Attempt at A Theory of the Arrangement and Motion of the Sideral System, *Contributions from the Mount Wilson Observatory / Carnegie Institution of Washington*, 230, 1-27.
- Karaali, S., Bilir, S., Karataş, Y., Ak, S. G., 2003a, New Metallicity Calibration Down to $[Fe/H] = -2.75$ dex, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 20, 165-172.
- Karaali, S., Ak, S. G., Bilir, S., Karataş, Y., Gilmore, G., 2003b, A Charge-coupled Device Study of High-latitude Galactic Structure: Testing the Model Parameters, *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, 343, 1013-1024.
- Karaali, S., Karataş, Y., Bilir, S., Ak, S. G., Hamzaoğlu, E., 2003c, A New Procedure for the Photometric Parallax Estimation, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 20, 270-278.
- Karaali, S., Bilir, S., Hamzaoğlu, E., 2004, A Different Approach for the Estimation of Galactic Model Parameters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 355, 307-320.
- Karaali, S., Bilir, S., Tunçel, S., 2005, New Colour Transformations for the Sloan Photometry, and Revised Metallicity Calibration and Equations for Photometric Parallax Estimation, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 22, 24-28.

- Karaali, S., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., Coşkunoglu, B., 2011, An Improved Metallicity Calibration with UBV Photometry, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 28, 95-106.
- Karataş, Y., Schuster, W. J., 2006, Metallicity and Absolute Magnitude Calibrations for UBV Photometry, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 371, 1793-1812.
- Kawata, D., Allende Prieto, C., Brook, C. B., 2018, Metallicity Gradient of the Thick Disc Progenitor at High Redshift, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 473, 867-878.
- Kovalevsky, J., 1998, On the Uncertainty of Distances Derived from Parallax Measurements, *Astronomy and Astrophysics*, 340, 35-38.
- Kordopatis, G., Recio-Blanco, A., de Laverny, P., ve diğ., 2011, A Spectroscopic Survey of Thick Disc Stars Outside the Solar Neighbourhood, *Astronomy and Astrophysics*, 535, id.A107, 18.
- Kraus, A. L., Ireland, M. J., Martinache, F., Hillenbrand, L. A., 2011, Mapping the Shores of the Brown Dwarf Desert. II. Multiple Star Formation in Taurus-Auriga, *The Astrophysical Journal*, 731, article id. 8, 21.
- Laird, J. B., Rupen, M. P., Carney, B. W., Latham, D. W., 1988, A Survey of Proper-Motion Stars. VII - The Halo Metallicity Distribution Function, *Astronomical Journal*, 96, 1908-1917.
- Lopez-Corredoira, M., Hammersley, P. L., Garzon, F., Cabrera-Lavers, A., Castro-Rodrigues, N., Schultheis, M., Mahoney, T. J., 2001, Searching for the in-plane Galactic Bar and Ring in DENIS, *Astronomy and Astrophysics*, 373, 139-152.
- Lopez-Corredoira, M., Cabrera-Lavers, A., Mahoney, T. J., Garzon, F., Hammersley, P. L., González-Fernández, C., 2006, The Long Bar in the Milky Way. Corroboration of an Old Hypothesis, *Exploiting Large Surveys for Galactic Astronomy*, 26th meeting of the IAU, Joint Discussion 13, Prague, Czech Republic.
- Luck, R. E., 2017, Abundances in the Local Region II: F, G, and K Dwarfs and Subgiants, *The Astronomical Journal*, 153, id. 21, 19.
- Lutz, T. E., Kelker, D. H., 1973, On the Use of Trigonometric Parallaxes for the Calibration of Luminosity Systems: Theory, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 85, 573-578.
- Maldonado, J., Villaver, E., 2016, Evolved stars and the origin of abundance trends in planet hosts, *Astronomy and Astrophysics*, 588, id.A98, 11.
- Marshall, D. J., Robin, A. C., Reylé, C., Schultheis, M., Picaud, S., 2006, Modelling the Galactic Interstellar Extinction Distribution in Three Dimensions, *Astronomy and Astrophysics*, 453, 635-651.
- Martinez-Delgado, D., Gabany, R. J., Crawford, K. ve diğ., 2010, Stellar Tidal Streams in Spiral Galaxies of the Local Volume: A Pilot Survey with Modest Aperture Telescopes, *The Astrophysical Journal*, 140, 962-967.
- Mermilliod, J.-C., Mermilliod, M., Hauck, B., 1997, The General Catalogue of Photometric Data (GCPD). II., *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 124, 349-352.

- Milone, A. De C., Sansom, A. E., Sánchez-Blázquez, P., 2011, Element abundances in the stars of the MILES spectral library: the Mg/Fe ratio, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 414, 1227-1252.
- Molenda-Zakowicz, J., Sousa, S. G., Frasca, A., ve diğ., 2013, Atmospheric Parameters of 169 F-, G-, K- and M-type Stars in the Kepler Field, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 434, 1422-1434.
- Moitinho, A., Krone-Martins, A., Saviotto, H., ve diğ., 2017, Gaia Data Release 1. The Archive Visualisation Service, *Astronomy and Astrophysics*, 605, id.A52, 16.
- Newberg, H. J., Yanny, B., 1997, Three-dimensional Parameterization of the Stellar Locus with Application to QSO Color Selection, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 113, 89-104.
- Newman, P. R., 1994, Astronomical Distance Measurement Methods, *Journal of the British Astronomical Association*, 104, 130-136.
- Nissen, P. E., Schuster, W. J., 2010, Two Distinct Halo Populations in the Solar Neighborhood. Evidence from Stellar Abundance Ratios and Kinematics, *Astronomy and Astrophysics*, 511, id.L10, 9.
- Peng, X., Du, C., Wu, Z., 2012, The Stellar Metallicity Distribution in Intermediate-Latitude Fields with BATC and SDSS Data, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 422, 2756-2764.
- Perez- Villegas, A., Gomez, G. C., Pichardo, B., 2015, The Galactic Branches as A Possible Evidence for Transient Spiral Arms, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 451, 2922-2932.
- Perryman, M. A. C., 1991, HIPPARCOS - Revised Mission Overview, *Infrared and radio astronomy, and astrometry*, Topical Meeting of the COSPAR 28th Plenary Meeting, June 25-July 6, 1990, Netherlands, ISSN 0273-1177, 11, 2, 1991, 15-23.
- Picaud, S., Cabrera-Lavers, A., Garzon, F., 2003, Stellar Density Distribution in the NIR on the Galactic Plane at Longitudes 15-27 deg. Clues for the Galactic Bar?, *Astronomy and Astrophysics*, 408, 141-151.
- Ragan, S. E., Moore, T. J. T., Eden, D. J., Hoare, M. G., Urquhart, J. S., Elia, D., Molinari, S., 2018, The Role of Spiral Arms in Milky Way Star Formation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 479, 2361-2373.
- Rattenbury, N. J., Mao, S., Sumi, T., Smith, M. C., 2007, Modelling the Galactic Bar Using OGLE-II Red Clump Giant Stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 378, 1064-1078.
- Reddy, B. E., Lambert, D. L., Allende Prieto, C., 2006, Elemental Abundance Survey of the Galactic Thick Disc, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 367, 1329-1366.
- Renzini, A., Gennaro, M., Zoccali, M., ve diğ., 2018, The WFC3 Galactic Bulge Treasury Program: Relative Ages of Bulge Stars of High and Low Metallicity, *Astrophysical Journal*, 863, id. 16, 11.
- Robin, A. C., Haywood, M., Creze, M., Ojha, D. K., Bienayme, O., 1996, The Thick Disc of the Galaxy: Sequel of a Merging Event, *Astronomy and Astrophysics*, 305, 125.

- Samland, M., Gerhard, O. E., 2003, The Formation of A Disk Galaxy within A Growing Dark Halo, *Astronomy and Astrophysics*, 399, 961-982.
- Schlafly, E. F., Finkbeiner, D. P., 2011, Measuring Reddening with Sloan Digital Sky Survey Stellar Spectra and Recalibrating SFD, *The Astrophysical Journal*, 737, article id. 103, 13.
- Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P., Davis, M., 1998, Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds, *The Astrophysical Journal*, 500, 525-553.
- Searle, L., Zinn, R., 1978, Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo, *Astrophysical Journal*, 225, 357-379.
- Sellwood, J. A., 1981, Bar Instability and Rotation Curves, *Astronomy and Astrophysics*, 99, 362-374.
- Serabyn, E., Morris, M., 1996, Sustained Star Formation in the Central Stellar Cluster of the Milky Way, *Nature*, 382, 602-604.
- Siegel, M. H., Karataş, Y., Reid, I. N., 2009, Metallicities and Ages of Stellar Populations at a High Galactic Latitude Field, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 395, 1569-1578.
- Sitnova, T., Zhao, G., Mashonkina, L., ve diğ., 2015, Systematic Non-LTE Study of the $-2.6 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.2$ F and G dwarfs in the Solar Neighborhood. I. Stellar Atmosphere Parameters, *The Astronomical Journal*, 808, id. 148, 17.
- Smith, H. J., Eichhorn, H., 1996, On the Estimation of Distances from Trigonometric Parallaxes, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 281, 211-218.
- Smith, J., Harper, D. A., Loewenstein, R. F., 1987, Dust Reradiation from M43, *Astrophysical Journal*, 314, 76-87.
- Sofue, Y., Honma, M., Omodoka, T., 2009, Unified Rotation Curve of the Galaxy- Decomposition into de Vaucouleurs Bulge, Disk, Dark Halo, and the 9 kpc Rotation Dip, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 61, 227.
- Stanek, K. Z., Udalski, A., Szymanski, M., Kaluzny, J., Kubiak, Z. M., Mateo, M., Krzeminski, W., 1997, Modelling the Galactic Bar Using Red Clump Giants, *The Astrophysical Journal*, 477, 163-175.
- Steinmetz, M., Zwitter, T., Siebert, A., ve diğ., 2006, The Radial Velocity Experiment (RAVE): First Data Release, *The Astronomical Journal*, 132, 1645-1668.
- Thevenin, F., Falanga, M., Kuo, C. Y., Pietrzynski, G., Yamaguchi, M., 2017, Modern Geometric Methods of Distance Determination, *Space Science Reviews*, 212, 1787-1815.
- Tian, Z., Liu, X., Yuan, H., ve diğ., 2018, Binary Star Fractions from the LAMOST DR4, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 18, article id. 052.
- Trefzger, Ch. F., Pel, J. W., Blaauw, A., 1984, Stellar Metallicity Gradient in the Direction of the South Galactic Pole Determined from Walraven Photometry, *ESO Messenger*, March, 32-35.

- Trefzger, Ch. F., Pel, J. W., Gabi, S., 1995, Walraven VBLUW Photometry in Basel Halo Fields. II. Metallicity Distribution of F- and G-Stars in the Direction of SA 141 (South Galactic Pole), *Astronomy and Astrophysics*, 304, 381.
- Tunçel Güçtekin, S., Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z. F., 2016, Metallicity Calibration and Photometric Parallax Estimation: I. UBV Photometry, *Astrophysics and Space Science*, 361, article id.186, 18.
- Tunçel Güçtekin, S., Bilir, S., Karaali, S., Plevne, O., Ak, S., Ak, T., Bostancı, Z. F., 2017, Metallicity Calibration and Photometric Parallax Estimation: II. SDSS Photometry, *Astrophysics and Space Science*, 362, article id.17, 17.
- Tunçel Güçtekin, S., Bilir, S., Karaali, S., Plevne, O., Ak, S., 2018, “Vertical and Radial Metallicity Gradients in High Latitude Galactic Field with SDSS”, *Advances in Space Research*, (kabul edildi).
- Wegg, C., Gerhard, O., 2013, The Milky Way’s Box/Peanut Bulge: Measuring its Three-dimensional Structure Using the VVV Survey, *The Messenger*, 154, 54-56.
- Weinberg, M. D., 1992, Detection of a large-scale stellar bar in the Milky Way, *Astrophysical Journal*, 384, 81-94.
- Yontan, T., Bilir, S., Bostancı, Z. F., Ak, T., Karaali, S., Güver, T., Ak, S., Duran, Ş., Paunzen, E., 2015, CCD UBVRI Photometry of NGC 6811, *Astrophysics and Space Science*, 55, 267-281.
- York, D. G., Adelman, J., Anderson, J. E., ve diğ., 2000, The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, *The Astrophysical Journal*, 120, 1579-1587.
- Yoshii, Y., 2013, *Star Counts and Nature of the Galactic Thick Disk*, Planets, Stars and Stellar Systems Vol. 5, by Oswalt, Terry D.; Gilmore, Gerard, ISBN 978-94-007-5611-3. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2013, 393.
- Zoccali, M., Renzini, A., Ortolani, S., ve diğ., 2003, Age and Metallicity Distribution of the Galactic Bulge from Extensive Optical and Near-IR Stellar Photometry, *Astronomy and Astrophysics*, 399, 931-956.
- Zoccali, M., Hill, V., Lecureur, A., Barbuy, B., Renzini, A., Minniti, D., Gómez, A., Ortolani, S., 2008, The Metal Content of Bulge Field Stars from FLAMES-GIRAFFE Spectra. I. Stellar Parameters and Iron Abundances, *Astronomy and Astrophysics*, 486, 177-189.

EKLER

EK 1: Metal bolluğu ve mutlak parlaklık kalibrasyonlarının oluşturulmasında kullanılan F ve G tayf türünden 893 anakol yıldızının ekvatorial koordinatları, fotometrik verileri, model atmosfer verileri ve *Gaia* uydusundan ölçülen trigonometrik paralaksları.

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
1	00 02 29.70	+08 29 07.7	5.68	-0.02	0.32	0.01	7,211	4.22	-0.31	26.785 (0.389)
2	00 05 02.63	-36 00 54.4	7.73	0.01	0.54	0.00	6,108	4.34	-0.14	19.625 (0.057)
3	00 05 54.75	+18 14 06.0	7.45	0.04	0.56	0.01	5,957	4.41	-0.24	26.717 (0.073)
4	00 08 40.94	+36 37 37.6	6.21	-0.04	0.51	0.01	6,241	4.18	-0.21	30.675 (0.052)
5	00 11 15.85	-15 28 04.7	4.90	-0.01	0.49	0.00	6,242	4.09	-0.30	55.587 (0.332)
6	00 12 32.81	-30 51 35.4	8.67	0.31	0.75	0.00	5,551	4.48	0.04	20.834 (0.056)
7	00 13 30.84	+41 02 07.3	5.72	-0.02	0.31	0.01	6,921	4.18	-0.20	26.816 (0.086)
8	00 14 04.48	-11 18 41.7	8.36	0.02	0.66	0.01	5,662	4.48	-0.67	23.342 (0.053)
9	00 14 14.71	-55 04 10.8	6.66	-0.03	0.46	0.00	6,528	4.21	-0.08	21.648 (0.028)
10	00 17 16.53	-43 51 09.8	7.96	0.09	0.65	0.00	5,795	4.54	-0.34	27.624 (0.038)
11	00 17 49.98	+16 19 51.6	7.22	-0.01	0.47	0.01	6,432	4.37	-0.14	21.241 (0.060)
12	00 17 58.87	-13 27 20.3	6.54	0.08	0.60	0.01	5,884	4.31	-0.03	37.114 (0.052)
13	00 18 41.87	-08 03 10.8	6.44	0.28	0.68	0.01	5,808	4.39	0.20	42.609 (0.056)
14	00 18 42.04	-29 57 24.8	8.38	-0.01	0.52	0.01	6,078	4.37	0.03	14.695 (0.063)
15	00 20 04.26	-64 52 29.3	4.23	0.02	0.57	0.00	5,999	4.42	-0.24	117.168 (0.330)
16	00 22 04.52	-26 42 33.6	8.94	0.13	0.68	0.01	5,619	4.34	-0.32	18.194 (0.068)
17	00 22 43.18	-09 37 22.1	8.19	-0.04	0.44	0.02	6,601	4.33	-0.15	12.092 (0.058)
18	00 23 00.21	+22 22 30.0	7.60	0.13	0.63	0.01	5,805	4.33	-0.01	24.572 (0.056)
19	00 25 01.40	-30 41 51.4	7.57	0.16	0.62	0.00	5,982	4.30	0.19	24.043 (0.150)
20	00 27 30.04	-31 49 41.5	7.70	-0.04	0.39	0.01	6,899	4.33	-0.11	12.261 (0.039)
21	00 28 20.04	+10 11 23.3	6.03	-0.04	0.43	0.03	6,575	4.16	-0.20	26.286 (0.059)
22	00 29 26.66	-02 20 57.1	10.65	-0.13	0.56	0.02	5,638	4.30	-1.10	8.290 (0.057)
23	00 29 51.90	-14 51 50.8	6.14	-0.02	0.38	0.01	6,784	4.16	-0.11	23.518 (0.055)
24	00 32 22.18	-24 38 46.4	7.27	-0.03	0.37	0.01	6,829	4.15	-0.18	13.041 (0.058)
25	00 34 27.83	-52 22 23.1	5.57	-0.02	0.47	0.00	6,493	4.25	-0.09	38.912 (0.067)
26	00 34 29.71	+47 54 56.0	7.38	0.02	0.54	0.01	6,084	4.29	-0.18	20.930 (0.054)
27	00 36 00.89	-59 43 02.1	6.91	-0.03	0.36	0.01	7,164	4.30	-0.20	17.514 (0.029)
28	00 38 17.78	-73 57 45.9	7.42	-0.04	0.48	0.01	6,287	4.14	-0.21	16.370 (0.038)
29	00 38 34.48	+06 01 18.3	8.77	0.10	0.59	0.01	6,019	4.42	0.13	13.665 (0.058)
30	00 40 32.24	-29 52 05.8	8.72	0.09	0.64	0.01	5,772	4.41	-0.22	15.267 (0.047)
31	00 41 11.87	+09 21 18.2	6.55	0.01	0.49	0.01	6,270	4.31	0.05	29.772 (0.051)
32	00 44 26.65	-26 30 56.5	7.78	0.15	0.67	0.00	5,686	4.53	-0.21	29.216 (0.058)
33	00 44 39.27	-65 38 58.3	6.54	0.11	0.65	0.00	5,746	4.40	-0.25	45.393 (0.022)
34	00 46 03.24	+40 48 32.1	7.58	-0.01	0.48	0.01	6,295	4.26	-0.13	17.760 (0.044)
35	00 47 30.75	-36 56 24.7	7.82	-0.02	0.54	0.00	6,078	4.40	-0.35	19.716 (0.047)
36	00 50 07.59	-10 38 39.6	5.19	0.00	0.51	0.00	6,218	4.39	-0.09	62.972 (0.161)
37	00 52 59.37	+39 02 36.2	7.77	-0.03	0.55	0.01	5,987	4.30	-0.43	19.475 (0.050)
38	00 56 17.37	+52 29 28.5	7.52	0.23	0.64	0.01	5,888	4.38	0.19	24.205 (0.057)
39	01 01 47.13	-19 25 09.7	8.23	0.14	0.63	0.01	5,909	4.26	0.08	15.357 (0.057)
40	01 02 49.73	-37 18 58.2	8.51	0.02	0.58	0.01	5,994	4.40	-0.29	16.896 (0.047)
41	01 04 27.62	+29 39 31.6	6.17	-0.02	0.42	0.01	6,492	4.07	-0.02	23.015 (0.053)
42	01 04 40.15	-39 29 17.6	7.72	-0.01	0.60	0.00	5,824	4.34	-0.51	23.579 (0.042)
43	01 07 48.66	-08 14 01.3	8.44	0.17	0.65	0.02	5,863	4.42	-0.11	19.448 (0.052)
44	01 08 01.34	+32 00 43.7	6.25	-0.01	0.40	0.01	6,740	4.21	0.04	23.289 (0.034)
45	01 08 57.95	-30 55 45.4	9.10	0.36	0.78	0.01	5,329	4.54	-0.09	20.657 (0.036)
46	01 10 54.28	+09 33 50.1	7.21	0.05	0.57	0.01	5,958	4.28	-0.05	25.283 (0.062)
47	01 14 07.18	+25 49 39.5	8.35	0.03	0.55	0.02	6,161	4.33	0.06	14.380 (0.047)
48	01 15 11.12	-45 31 54.0	4.94	0.11	0.56	0.00	6,196	4.41	0.24	65.889 (0.180)
49	01 16 50.38	+21 03 06.7	7.03	-0.01	0.41	0.01	6,627	4.18	0.00	16.978 (0.073)
50	01 16 59.01	-02 16 45.0	6.52	0.04	0.57	0.01	6,113	4.33	-0.05	34.547 (0.056)
51	01 20 30.03	-19 56 56.3	7.59	0.23	0.70	0.00	5,585	4.41	-0.01	32.316 (0.066)
52	01 21 03.66	+25 09 30.1	7.90	-0.04	0.48	0.02	6,198	4.36	-0.44	18.764 (0.048)
53	01 21 03.98	+38 02 03.1	7.87	0.09	0.61	0.01	6,019	4.39	0.12	19.268 (0.045)
54	01 22 17.88	+18 40 57.7	6.98	0.08	0.62	0.01	5,766	4.45	-0.20	38.376 (0.041)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
55	01 23 00.87	-16 29 14.9	7.92	0.15	0.65	0.00	5,805	4.54	-0.20	26.508 (0.067)
56	01 24 49.21	-27 50 20.6	8.32	0.13	0.68	0.00	5,578	4.50	-0.32	24.427 (0.049)
57	01 30 39.15	+25 54 53.9	7.25	-0.06	0.38	0.02	6,698	4.24	-0.23	15.483 (0.047)
58	01 31 19.52	+29 24 47.1	7.27	0.12	0.62	0.01	6,000	4.23	0.08	22.903 (0.075)
59	01 33 15.81	-24 10 40.7	6.96	0.33	0.76	0.00	5,460	4.57	-0.07	51.897 (0.038)
60	01 33 33.88	+40 54 05.3	7.43	-0.01	0.33	0.01	6,939	4.26	-0.15	13.151 (0.133)
61	01 34 33.26	+68 56 53.3	6.53	0.23	0.69	0.01	5,652	4.44	0.10	47.493 (0.026)
62	01 34 48.87	+00 56 41.2	6.92	-0.02	0.53	0.01	6,137	4.29	-0.23	27.071 (0.069)
63	01 35 26.31	-13 22 51.7	7.16	0.09	0.60	0.00	6,042	4.34	0.07	26.379 (0.053)
64	01 36 05.85	-61 05 03.5	10.1	-0.16	0.53	0.01	5,759	4.31	-1.23	9.570 (0.022)
65	01 39 54.60	-09 58 20.1	7.85	0.14	0.61	0.01	5,953	4.35	0.08	20.852 (0.054)
66	01 41 27.32	-38 07 58.2	6.17	0.01	0.42	0.00	6,771	4.20	0.04	23.794 (0.031)
67	01 41 37.73	+66 54 35.8	7.70	0.21	0.69	0.03	5,593	4.25	0.01	26.641 (0.03)
68	01 44 22.40	-20 35 46.1	8.11	0.13	0.64	0.00	5,947	4.31	0.02	18.506 (0.057)
69	01 46 44.89	+25 55 05.7	8.13	0.08	0.62	0.02	5,845	4.34	-0.12	18.240 (0.064)
70	01 48 04.49	-22 13 23.9	9.45	-0.02	0.54	0.01	6,044	4.36	-0.27	10.495 (0.035)
71	01 49 35.10	-10 41 11.1	4.67	0.03	0.33	0.00	7,008	4.18	0.09	42.961 (0.411)
72	01 49 48.85	-38 24 10.2	6.38	-0.05	0.50	0.00	6,198	4.36	-0.29	38.568 (0.275)
73	01 50 57.13	+51 56 00.3	5.92	0.00	0.42	0.01	6,641	4.10	0.23	22.542 (0.096)
74	01 51 40.53	-16 19 03.6	8.95	0.07	0.69	0.01	5,620	4.49	-0.69	18.440 (0.040)
75	01 53 06.20	-01 19 37.0	7.41	0.10	0.63	0.01	5,789	4.34	-0.15	25.634 (0.1060)
76	01 53 57.68	+10 36 50.5	6.78	-0.05	0.46	0.02	6,420	4.20	-0.30	24.470 (0.063)
77	01 55 50.55	-78 20 54.8	6.15	-0.01	0.44	0.01	6,601	4.15	-0.02	24.480 (0.03)
78	01 56 59.98	-51 45 58.5	6.10	-0.06	0.48	0.00	6,347	4.32	-0.36	37.479 (0.027)
79	01 59 06.63	+33 12 34.9	7.12	0.43	0.77	0.00	5,400	4.39	0.25	40.376 (0.043)
80	02 03 46.00	-40 28 08.7	8.69	0.24	0.72	0.00	5,506	4.53	-0.22	21.973 (0.027)
81	02 04 34.29	+25 24 51.5	7.42	0.33	0.71	0.01	5,651	4.35	0.35	26.393 (0.044)
82	02 07 34.27	-00 37 02.7	6.87	0.14	0.62	0.01	5,920	4.20	0.08	26.918 (0.054)
83	02 09 08.26	+71 33 07.2	6.56	-0.04	0.53	0.03	6,134	4.41	-0.22	36.928 (0.026)
84	02 09 23.11	+17 13 27.1	6.41	-0.06	0.43	0.01	6,406	4.21	-0.21	27.607 (0.046)
85	02 10 24.53	+29 48 23.7	8.78	-0.08	0.58	0.02	5,777	4.46	-0.86	19.503 (0.046)
86	02 11 09.32	+23 13 00.4	8.30	-0.04	0.42	0.03	6,563	4.36	-0.25	11.199 (0.094)
87	02 12 46.64	-02 23 46.8	7.74	0.22	0.68	0.01	5,722	4.22	0.08	26.091 (0.075)
88	02 14 40.30	-01 12 05.1	9.09	-0.06	0.58	0.01	6,060	4.77	-0.78	16.253 (0.047)
89	02 15 24.41	+24 16 16.6	6.81	0.28	0.69	0.01	5,649	4.31	0.20	38.893 (0.053)
90	02 15 27.34	+27 21 26.1	8.12	0.24	0.71	0.01	5,581	4.45	0.06	26.014 (0.053)
91	02 16 27.73	+12 22 47.2	7.99	0.44	0.79	0.02	5,458	4.45	0.25	27.063 (0.058)
92	02 16 49.21	+64 57 09.4	8.30	0.06	0.67	0.02	5,451	4.14	-0.67	25.246 (0.036)
93	02 17 25.29	+28 44 42.1	7.02	-0.03	0.50	0.01	5,828	4.75	-0.12	25.134 (0.039)
94	02 18 58.50	-25 56 44.5	6.35	0.17	0.73	0.00	5,481	4.63	-0.44	77.915 (0.06)
95	02 19 08.72	+19 41 15.7	6.83	0.03	0.54	0.02	6,084	4.36	-0.15	30.725 (0.045)
96	02 22 01.53	-10 46 39.1	5.48	0.00	0.34	0.00	6,851	4.22	-0.01	33.325 (0.102)
97	02 26 14.15	+18 54 18.5	8.18	0.01	0.53	0.06	6,175	4.19	-0.05	14.004 (0.198)
98	02 26 16.25	+06 17 33.2	6.76	-0.03	0.39	0.01	6,801	4.35	-0.06	20.406 (0.042)
99	02 27 23.39	+10 11 54.0	6.50	-0.06	0.43	0.02	6,437	4.25	-0.19	27.383 (0.041)
100	02 34 10.66	+42 47 06.9	7.61	0.18	0.66	0.01	5,661	4.46	-0.06	31.208 (0.069)
101	02 38 27.86	+30 48 59.9	7.36	0.00	0.59	0.02	5,821	4.37	-0.47	28.755 (0.065)
102	02 40 12.42	-09 27 10.3	5.78	0.00	0.52	0.00	6,257	4.38	-0.08	45.610 (0.245)
103	02 40 15.69	+06 06 43.0	6.25	-0.03	0.40	0.01	6,721	4.23	-0.06	25.240 (0.071)
104	02 42 33.47	-50 48 01.1	5.40	0.08	0.56	0.00	6,163	4.39	0.06	57.714 (0.054)
105	02 42 35.80	+61 35 36.7	6.99	-0.07	0.39	0.01	6,693	4.20	-0.38	18.178 (0.034)
106	02 44 11.99	+49 13 42.4	4.11	-0.01	0.49	0.00	6,316	4.31	-0.07	89.695 (0.301)
107	02 44 28.95	-24 24 56.4	8.39	0.39	0.77	0.01	5,504	4.43	0.21	22.532 (0.07)
108	02 45 22.79	-24 39 07.6	8.24	-0.02	0.41	0.01	6,682	4.27	-0.17	9.141 (0.05)
109	02 50 12.98	+13 42 37.7	8.14	-0.01	0.44	0.04	6,400	4.24	-0.09	10.541 (0.061)
110	02 51 58.35	+11 22 11.9	8.40	-0.06	0.53	0.05	5,924	4.27	-0.65	16.025 (0.06)
111	02 55 56.92	+61 31 16.1	5.60	-0.07	0.45	0.01	6,492	4.19	-0.34	37.432 (0.079)
112	02 56 13.77	+08 22 53.6	5.97	0.06	0.48	0.04	6,546	4.06	0.27	23.419 (0.064)
113	02 58 59.07	-43 44 54.0	7.40	0.00	0.59	0.00	5,917	4.29	-0.28	25.074 (0.029)
114	02 59 36.18	-25 16 26.9	5.70	0.01	0.40	0.00	6,731	4.21	0.13	29.897 (0.086)
115	03 02 26.03	+26 36 33.3	6.62	0.31	0.72	0.01	5,621	4.45	0.14	47.155 (0.06)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
116	03 03 38.96	-05 39 58.7	8.07	0.11	0.67	0.01	5,585	4.52	-0.35	26.574 (0.073)
117	03 03 50.82	+06 07 59.9	6.76	-0.04	0.52	0.02	6,075	4.42	-0.21	31.884 (0.07)
118	03 04 09.63	+61 42 21.0	6.66	0.12	0.64	0.01	5,674	4.33	-0.23	42.398 (0.029)
119	03 07 18.57	-13 45 42.4	6.94	0.12	0.64	0.01	5,753	4.30	-0.07	31.226 (0.041)
120	03 07 39.40	+36 37 03.4	7.37	0.18	0.66	0.02	5,767	4.21	0.15	25.703 (0.065)
121	03 09 04.02	+49 36 47.8	4.05	0.11	0.60	0.01	5,995	4.15	0.11	95.159 (0.302)
122	03 10 08.74	-62 21 27.5	8.32	0.09	0.58	0.01	6,126	4.20	0.09	12.672 (0.028)
123	03 11 04.61	+55 43 59.2	8.68	0.06	0.57	0.02	6,030	4.41	-0.22	14.139 (0.038)
124	03 15 06.39	-45 39 53.4	6.76	-0.02	0.58	0.00	5,923	4.47	-0.44	40.714 (0.032)
125	03 15 22.53	-01 10 43.0	8.55	0.03	0.53	0.03	6,191	4.20	-0.06	10.285 (0.065)
126	03 15 57.67	-77 23 18.4	5.52	0.00	0.44	0.02	6,612	4.18	0.08	34.119 (0.076)
127	03 16 35.75	-09 09 16.3	6.28	-0.03	0.40	0.01	6,669	4.30	-0.10	26.986 (0.236)
128	03 17 01.53	+25 35 12.1	8.25	0.00	0.42	0.06	6,564	4.33	0.04	9.355 (0.051)
129	03 17 40.05	+31 07 37.4	6.39	0.06	0.56	0.02	6,050	4.36	0.03	38.284 (0.071)
130	03 18 19.98	+18 10 17.8	7.54	0.17	0.62	0.02	5,960	4.21	0.18	21.096 (0.048)
131	03 19 01.89	-02 50 35.5	7.05	0.11	0.66	0.01	5,751	4.49	-0.24	41.666 (0.046)
132	03 19 55.65	-43 04 11.2	4.26	0.21	0.71	0.00	5,513	4.49	-0.27	166.561 (0.235)
133	03 25 36.25	-69 20 11.2	5.96	0.01	0.42	0.01	6,722	4.15	0.10	25.241 (0.04)
134	03 28 21.08	-06 31 51.3	8.24	0.03	0.62	0.01	5,731	4.39	-0.48	21.391 (0.054)
135	03 30 50.34	-37 22 20.2	8.38	0.13	0.7	0.00	5,789	4.30	-0.43	23.514 (0.033)
136	03 31 42.43	+23 38 58.4	8.08	-0.04	0.42	0.07	6,507	4.12	-0.16	10.598 (0.05)
137	03 32 23.87	-08 36 13.4	8.05	0.02	0.57	0.02	5,915	4.19	-0.09	16.778 (0.047)
138	03 32 39.92	+35 39 33.4	7.30	0.04	0.49	0.03	6,352	4.31	0.06	19.224 (0.078)
139	03 34 44.95	+38 48 20.2	7.91	-0.04	0.4	0.03	6,620	4.23	-0.09	12.427 (0.056)
140	03 36 03.16	+16 28 02.9	7.64	-0.02	0.58	0.03	5,974	4.32	-0.36	23.174 (0.055)
141	03 37 40.98	-74 49 21.3	6.88	-0.03	0.33	0.02	7,121	4.25	-0.23	16.172 (0.031)
142	03 40 22.07	-03 13 01.1	6.69	-0.09	0.54	0.01	5,970	4.50	-0.81	38.198 (0.066)
143	03 43 04.76	-50 38 35.1	7.00	-0.08	0.51	0.00	6,214	4.32	-0.37	28.182 (0.026)
144	03 44 37.18	+27 53 50.8	6.77	-0.02	0.37	0.02	6,790	4.16	0.11	16.579 (0.079)
145	03 46 36.89	-74 30 28.6	8.01	-0.04	0.40	0.05	6,756	4.21	-0.15	10.561 (0.028)
146	03 46 50.89	-23 14 59.0	4.22	0.01	0.43	0.00	6,685	4.15	0.16	56.696 (0.487)
147	03 47 17.14	+23 43 36.3	7.00	0.09	0.50	0.06	6,417	4.02	0.24	14.964 (0.06)
148	03 48 11.47	-74 41 38.8	7.12	-0.05	0.39	0.04	6,776	4.32	-0.12	17.527 (0.022)
149	03 52 05.60	+22 40 17.9	7.57	0.21	0.68	0.02	5,638	4.59	-0.01	33.446 (0.043)
150	03 54 28.03	+16 36 57.8	6.81	0.30	0.73	0.02	5,429	4.44	-0.04	48.811 (0.047)
151	03 56 17.71	-43 37 05.2	8.13	0.02	0.50	0.00	6,435	4.21	0.05	11.396 (0.03)
152	03 56 28.73	+22 40 27.8	7.84	0.20	0.68	0.03	5,672	4.24	0.05	21.254 (0.052)
153	03 57 51.66	-46 22 58.8	8.01	-0.09	0.48	0.00	6,247	4.27	-0.41	14.244 (0.033)
154	03 59 40.50	+10 19 49.3	6.37	0.00	0.42	0.03	6,691	4.27	0.11	23.905 (0.103)
155	04 00 16.66	+14 18 21.3	8.24	0.01	0.48	0.09	6,424	4.15	-0.01	10.773 (0.059)
156	04 04 30.68	+00 14 44.1	8.32	0.38	0.77	0.05	5,470	4.46	0.17	23.842 (0.049)
157	04 06 04.56	+26 12 42.4	7.58	0.02	0.50	0.03	6,191	4.05	-0.09	15.652 (0.096)
158	04 06 16.13	+15 41 53.2	7.85	0.10	0.59	0.06	5,976	4.41	0.12	21.026 (0.043)
159	04 07 06.19	-44 56 44.2	8.35	0.04	0.57	0.00	6,131	4.44	-0.08	16.160 (0.031)
160	04 07 21.63	-64 13 20.5	6.37	0.11	0.64	0.00	5,803	4.30	-0.07	42.464 (0.026)
161	04 08 11.56	-42 51 14.3	8.29	-0.03	0.32	0.01	7,234	4.30	-0.19	8.493 (0.032)
162	04 11 20.28	+05 31 23.0	5.70	0.01	0.35	0.05	6,878	4.15	-0.05	26.664 (0.079)
163	04 12 37.84	+51 10 06.2	8.29	-0.05	0.40	0.00	6,372	4.12	-0.26	10.438 (0.051)
164	04 14 30.42	+22 27 06.6	7.06	0.01	0.42	0.07	6,631	4.21	0.11	16.283 (0.064)
165	04 14 34.34	+10 42 05.0	7.12	0.05	0.51	0.08	6,271	4.29	0.16	22.293 (0.044)
166	04 18 29.55	+35 59 30.1	8.36	0.10	0.67	0.03	5,378	4.23	-0.56	23.210 (0.064)
167	04 21 31.65	+21 02 23.6	6.80	-0.01	0.44	0.05	6,828	4.23	0.03	20.486 (0.055)
168	04 21 32.27	+18 25 03.3	6.81	0.00	0.44	0.06	6,748	4.25	0.08	20.643 (0.039)
169	04 23 30.40	+24 24 19.5	7.18	0.03	0.45	0.07	6,543	4.32	0.18	18.181 (0.043)
170	04 24 14.57	+21 44 10.5	7.14	0.04	0.52	0.05	6,348	4.32	0.07	23.107 (0.039)
171	04 24 22.27	+17 04 44.2	6.97	0.00	0.44	0.05	6,541	4.21	0.07	19.592 (0.071)
172	04 25 09.15	-64 04 48.3	7.90	0.14	0.65	0.01	5,740	4.37	-0.12	22.883 (0.032)
173	04 25 57.34	+05 09 00.5	7.38	0.02	0.51	0.05	6,298	4.30	0.05	20.909 (0.072)
174	04 27 24.70	+46 51 11.4	6.73	0.26	0.68	0.01	5,727	4.27	0.32	33.029 (0.042)
175	04 29 30.35	+17 51 47.4	6.92	0.00	0.45	0.05	6,579	4.29	0.02	21.275 (0.056)
176	04 30 02.22	-03 03 47.0	8.98	0.10	0.64	0.02	5,736	4.22	-0.23	12.866 (0.038)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
177	04 30 17.98	+19 50 25.9	7.11	0.02	0.47	0.06	6,275	4.24	0.10	19.538 (0.116)
178	04 30 57.17	+10 45 06.4	7.05	0.00	0.46	0.05	6,463	4.34	0.05	21.516 (0.062)
179	04 32 04.81	+05 24 36.2	6.40	0.00	0.41	0.04	6,661	4.21	0.18	23.009 (0.069)
180	04 32 17.25	+37 02 35.7	6.81	-0.04	0.46	0.05	6,247	4.14	-0.41	21.978 (0.07)
181	04 33 50.40	+05 23 06.1	7.92	0.35	0.78	0.03	5,366	4.57	-0.04	36.038 (0.045)
182	04 35 24.16	+85 31 37.2	6.56	0.01	0.51	0.02	6,231	4.21	-0.02	26.371 (0.317)
183	04 36 40.72	+15 52 09.7	6.65	0.01	0.43	0.06	6,562	4.23	0.18	21.551 (0.055)
184	04 38 11.57	-13 15 29.9	7.33	0.00	0.44	0.04	6,696	4.21	0.02	13.680 (0.032)
185	04 38 51.29	+23 08 59.9	7.53	0.10	0.58	0.05	6,058	4.37	0.17	22.845 (0.054)
186	04 41 50.26	+38 16 48.7	5.99	0.12	0.57	0.02	6,037	4.07	0.24	31.337 (0.058)
187	04 42 03.48	-37 08 39.6	5.04	0.01	0.38	0.00	6,791	4.10	0.05	34.749 (0.093)
188	04 42 24.50	-71 29 45.1	8.24	0.02	0.45	0.05	6,352	4.07	-0.01	9.007 (0.058)
189	04 46 30.39	+15 28 19.3	8.33	0.18	0.68	0.04	5,726	4.46	0.06	20.357 (0.085)
190	04 46 45.59	+09 01 02.5	7.25	0.06	0.56	0.02	6,030	4.32	0.04	24.650 (0.145)
191	04 48 05.87	+00 40 32.8	7.47	-0.07	0.44	0.02	6,611	4.38	-0.25	16.812 (0.046)
192	04 49 42.24	-13 46 10.8	6.27	-0.07	0.44	0.01	6,450	4.20	-0.44	27.442 (0.045)
193	04 51 29.44	+35 48 54.5	6.79	0.25	0.68	0.02	5,714	4.19	0.15	33.194 (0.049)
194	04 51 57.18	+09 52 21.7	6.79	-0.03	0.42	0.04	6,707	4.26	-0.03	18.599 (0.041)
195	04 52 09.91	-27 03 50.9	9.12	-0.19	0.49	0.01	6,093	4.46	-1.58	14.625 (0.031)
196	04 53 05.65	-72 24 27.6	6.28	0.01	0.52	0.02	6,211	4.22	0.00	30.810 (0.024)
197	04 57 02.51	+49 55 19.5	6.95	0.00	0.39	0.03	6,691	4.15	0.02	14.849 (0.044)
198	04 57 59.37	+34 16 04.9	8.2	0.30	0.75	0.02	5,335	4.48	-0.11	30.004 (0.068)
199	04 59 44.32	+15 55 00.2	6.75	-0.01	0.45	0.03	6,645	4.35	0.11	22.398 (0.087)
200	05 01 37.51	+24 38 11.7	8.07	0.17	0.69	0.03	5,576	4.49	-0.19	26.786 (0.063)
201	05 02 48.69	-49 09 05.1	5.37	-0.01	0.42	0.00	6,635	4.23	0.07	38.215 (0.068)
202	05 02 50.44	+66 49 22.7	6.19	-0.05	0.49	0.01	6,337	4.35	-0.17	35.433 (0.043)
203	05 03 07.66	+13 43 50.4	9.01	0.36	0.77	0.05	5,470	4.43	0.13	18.600 (0.058)
204	05 03 53.95	-41 44 41.8	6.30	0.04	0.53	0.00	6,275	4.28	0.14	31.510 (0.02)
205	05 05 28.71	+40 15 26.4	9.66	-0.16	0.42	0.00	6,293	4.41	-0.89	8.585 (0.045)
206	05 07 55.76	+26 19 40.7	7.61	0.20	0.67	0.03	5,762	4.42	0.09	26.233 (0.069)
207	05 09 44.51	+64 55 10.2	6.41	-0.02	0.4	0.02	6,610	4.24	0.02	25.448 (0.034)
208	05 09 45.91	+07 10 53.7	7.41	-0.05	0.46	0.01	6,253	4.22	-0.46	22.507 (0.045)
209	05 09 56.96	+05 33 26.7	9.72	-0.13	0.52	0.02	5,831	4.31	-1.10	9.865 (0.049)
210	05 10 44.54	+25 08 29.4	8.49	0.08	0.59	0.04	5,976	4.24	-0.01	14.049 (0.08)
211	05 11 19.18	-02 29 26.8	5.89	0.04	0.46	0.01	6,540	4.13	0.28	26.725 (0.102)
212	05 12 21.36	-26 33 09.9	8.33	0.06	0.56	0.01	6,251	4.15	0.06	12.149 (0.032)
213	05 13 10.93	+33 19 05.4	8.54	0.04	0.43	0.04	6,776	4.19	0.23	7.288 (0.049)
214	05 13 17.45	+37 20 14.3	6.46	-0.02	0.52	0.01	6,098	4.39	-0.30	37.646 (0.064)
215	05 17 00.24	-31 16 36.1	7.46	-0.09	0.46	0.00	6,238	4.28	-0.45	18.776 (0.028)
216	05 18 50.47	-18 07 48.2	5.97	0.06	0.57	0.01	6,080	4.25	-0.04	40.468 (0.057)
217	05 19 08.48	+40 05 56.6	4.71	0.12	0.62	0.00	5,850	4.23	0.01	80.105 (0.216)
218	05 22 33.53	+79 13 52.1	5.04	0.000	0.48	0.01	6,379	4.21	0.03	47.698 (0.168)
219	05 29 53.17	+53 25 58.1	7.14	-0.04	0.38	0.03	6,741	4.28	-0.24	18.106 (0.041)
220	05 31 44.36	+00 05 55.5	8.36	0.17	0.70	0.01	5,585	4.55	-0.21	24.819 (0.22)
221	05 33 09.15	+15 56 37.4	8.20	-0.01	0.50	0.04	6,150	4.38	-0.15	15.266 (0.065)
222	05 37 02.49	+20 43 50.8	7.68	0.10	0.66	0.01	5,561	4.39	-0.41	31.554 (0.075)
223	05 37 09.89	-80 28 08.8	5.65	0.10	0.6	0.01	6,000	4.36	0.06	54.705 (0.067)
224	05 38 01.16	+78 21 30.8	7.69	-0.02	0.46	0.02	6,388	4.19	-0.19	14.090 (0.031)
225	05 38 48.52	+55 44 52.7	7.91	-0.04	0.45	0.03	6,382	4.35	-0.31	16.137 (0.045)
226	05 39 51.49	+24 13 31.7	7.12	-0.06	0.36	0.03	6,791	4.32	-0.20	16.871 (0.05)
227	05 44 27.79	-22 26 54.2	3.59	-0.01	0.48	0.00	6,387	4.33	-0.02	112.611 (0.316)
228	05 45 09.66	+26 59 30.4	8.24	-0.09	0.51	0.01	5,939	4.17	-0.69	14.747 (0.037)
229	05 46 45.79	+20 10 24.7	7.63	0.01	0.37	0.04	6,856	4.14	-0.12	10.567 (0.106)
230	05 47 49.89	+46 59 00.4	8.22	0.13	0.59	0.03	5,998	4.17	0.19	12.450 (0.053)
231	05 48 34.94	-04 05 40.7	5.96	0.09	0.64	0.02	5,798	4.48	-0.19	65.553 (0.062)
232	05 59 55.79	-37 03 24.2	8.59	0.05	0.63	0.01	5,701	4.44	-0.51	18.802 (0.038)
233	06 02 55.17	+32 38 08.5	6.24	0.00	0.39	0.02	6,534	4.04	0.04	20.472 (0.043)
234	06 03 14.86	+19 21 38.7	9.32	-0.02	0.62	0.02	5,835	4.62	-0.92	14.404 (0.117)
235	06 04 28.44	-45 02 11.8	6.35	-0.02	0.52	0.01	6,165	4.36	-0.19	36.807 (0.019)
236	06 04 58.24	+14 23 18.4	6.72	-0.01	0.46	0.02	6,369	4.25	-0.08	24.140 (0.049)
237	06 05 03.38	+42 58 53.9	5.89	0.04	0.29	0.01	6,994	4.02	-0.16	20.176 (0.082)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
238	06 07 59.06	+27 25 41.6	8.06	0.14	0.62	0.01	6,047	4.55	0.08	20.972 (0.053)
239	06 09 27.05	+17 50 04.5	8.42	0.02	0.53	0.01	6,194	4.32	0.00	13.822 (0.059)
240	06 10 14.47	-74 45 11.0	5.08	0.30	0.72	0.00	5,605	4.43	0.13	97.898 (0.072)
241	06 12 00.57	+06 46 59.1	6.87	0.13	0.63	0.01	5,782	4.51	-0.05	41.063 (0.042)
242	06 16 02.68	+70 46 53.7	7.43	0.37	0.77	0.01	5,424	4.48	0.06	38.163 (0.030)
243	06 21 43.54	-00 32 20.9	7.61	0.29	0.69	0.02	5,789	4.38	0.27	23.234 (0.041)
244	06 27 11.36	-25 51 23.4	6.06	0.03	0.50	0.00	6,254	4.23	0.09	34.145 (0.040)
245	06 28 45.71	+38 57 46.7	7.87	0.36	0.74	0.01	5,567	4.22	0.23	21.306 (0.076)
246	06 28 46.03	+36 28 48.0	7.15	0.02	0.6	0.01	5,748	4.52	-0.45	40.756 (0.041)
247	06 32 37.99	-06 29 18.5	8.62	-0.07	0.56	0.03	5,750	4.10	-0.80	18.045 (0.076)
248	06 34 02.51	-77 41 15.7	6.67	0.02	0.49	0.02	6,408	4.06	0.23	18.957 (0.113)
249	06 36 02.25	+55 41 33.7	7.83	0.02	0.46	0.01	6,400	4.30	0.11	13.756 (0.067)
250	06 40 51.40	-44 24 55.6	8.66	0.10	0.63	0.01	5,939	4.31	-0.06	14.319 (0.026)
251	06 44 01.37	-42 42 52.3	8.52	0.22	0.69	0.01	5,681	4.45	0.00	19.342 (0.03)
252	06 44 51.95	-27 20 30.0	6.43	-0.04	0.53	0.01	6,055	4.33	-0.38	37.176 (0.027)
253	06 45 09.72	+39 22 05.3	6.93	-0.04	0.33	0.01	6,873	4.25	-0.19	17.087 (0.075)
254	06 46 44.34	+43 34 38.7	5.24	0.06	0.55	0.00	5,989	4.06	0.05	60.067 (0.193)
255	06 52 54.28	+25 45 51.7	7.89	-0.01	0.32	0.01	7,083	4.24	-0.22	10.214 (0.043)
256	06 53 16.44	-74 43 30.7	7.65	0.03	0.53	0.02	6,296	4.37	0.01	18.079 (0.025)
257	06 54 51.34	-55 15 33.6	8.17	0.37	0.78	0.01	5,409	4.51	0.11	28.497 (0.027)
258	06 55 18.67	+25 22 32.5	5.72	0.02	0.57	0.00	5,932	4.40	-0.15	57.242 (0.101)
259	06 55 53.22	-56 56 32.6	7.43	-0.03	0.58	0.01	5,867	4.28	-0.55	26.708 (0.026)
260	06 56 34.19	+01 09 43.5	7.4	0.22	0.70	0.00	5,590	4.38	0.01	31.725 (0.044)
261	06 58 11.75	+22 28 33.2	6.94	0.07	0.62	0.00	5,723	4.46	-0.29	40.141 (0.038)
262	06 58 38.54	-00 28 49.7	8.99	-0.04	0.56	0.01	5,773	4.10	-0.62	12.643 (0.042)
263	06 59 52.43	-15 01 18.2	7.41	-0.03	0.40	0.02	6,761	4.24	0.01	14.718 (0.038)
264	07 00 18.04	-05 22 01.8	6.30	0.09	0.57	0.00	6,086	4.29	0.18	33.326 (0.047)
265	07 03 30.46	+29 20 13.5	5.93	0.06	0.59	0.00	5,992	4.41	-0.07	52.768 (0.093)
266	07 06 28.95	-57 27 29.1	9.54	-0.13	0.49	0.02	5,984	4.30	-0.96	10.744 (0.021)
267	07 08 00.24	+15 31 42.9	7.80	0.00	0.56	0.01	6,025	4.37	-0.36	20.972 (0.049)
268	07 09 04.96	+15 25 17.7	8.00	0.12	0.62	0.01	5,789	4.40	-0.11	23.233 (0.061)
269	07 11 31.67	-49 25 27.1	7.49	0.160	0.71	0.01	5,409	4.40	-0.35	36.211 (0.026)
270	07 14 22.50	-61 04 11.2	7.16	-0.08	0.43	0.02	6,490	4.15	-0.43	16.832 (0.026)
271	07 15 06.73	+57 16 37.1	8.37	0.04	0.59	0.01	5,836	4.37	-0.23	16.436 (0.061)
272	07 15 50.14	+47 14 23.9	5.70	0.02	0.57	0.01	5,857	4.39	-0.28	59.287 (0.122)
273	07 15 51.55	+45 02 36.0	8.67	0.04	0.60	0.01	5,815	4.17	-0.41	16.327 (0.044)
274	07 18 28.87	+27 15 10.3	8.05	0.04	0.62	0.00	5,682	4.56	-0.52	28.076 (0.056)
275	07 21 16.81	-08 52 39.9	6.55	0.04	0.54	0.01	6,152	4.20	0.08	27.541 (0.099)
276	07 24 08.69	+39 07 54.6	8.33	-0.02	0.43	0.01	6,495	4.31	0.02	10.963 (0.064)
277	07 26 57.63	-34 18 55.9	8.17	0.10	0.63	0.01	6,099	4.45	-0.10	20.676 (0.034)
278	07 26 58.67	-34 18 43.6	7.03	-0.03	0.47	0.01	6,408	4.58	-0.06	20.380 (0.06)
279	07 27 25.46	-51 24 09.4	6.73	0.25	0.70	0.01	5,619	4.41	0.05	44.482 (0.023)
280	07 28 11.98	+09 29 53.5	8.78	0.41	0.76	0.00	5,412	4.53	0.02	22.084 (0.049)
281	07 29 25.66	-07 33 04.5	5.86	-0.02	0.48	0.00	6,358	4.25	-0.07	33.634 (0.493)
282	07 29 55.96	+49 40 20.9	5.40	-0.05	0.47	0.01	6,410	4.32	-0.29	49.029 (0.116)
283	07 30 29.02	+18 57 40.6	8.48	-0.11	0.52	0.01	5,839	4.44	-0.90	17.070 (0.045)
284	07 34 35.11	+16 54 04.0	8.94	-0.10	0.50	0.01	6,038	4.29	-0.75	10.990 (0.054)
285	07 34 52.96	-10 23 10.1	11.09	-0.01	0.66	0.02	5,920	4.71	-0.78	8.934 (0.044)
286	07 36 01.43	-03 09 06.4	7.17	0.01	0.56	0.00	5,992	4.34	-0.22	28.184 (0.037)
287	07 37 30.49	+18 55 04.1	6.85	-0.01	0.33	0.01	6,979	4.22	-0.10	17.049 (0.063)
288	07 40 54.38	-26 21 48.6	8.68	0.07	0.63	0.01	5,715	4.40	-0.33	17.819 (0.038)
289	07 44 19.75	-05 03 17.8	7.68	0.07	0.60	0.01	6,014	4.34	0.02	20.243 (0.049)
290	07 48 49.30	-38 12 14.6	7.14	-0.06	0.49	0.02	6,345	4.37	-0.25	23.496 (0.031)
291	07 49 18.85	+24 29 19.4	7.10	-0.03	0.48	0.01	6,178	4.24	-0.39	24.366 (0.054)
292	07 50 31.59	+14 50 29.7	7.30	-0.02	0.39	0.00	6,713	4.30	-0.06	16.789 (0.045)
293	07 50 57.62	+25 06 38.4	8.61	-0.03	0.42	0.02	6,533	4.39	-0.08	10.258 (0.042)
294	07 51 05.71	+54 07 45.3	6.02	-0.02	0.46	0.00	6,397	4.27	-0.06	33.190 (0.075)
295	07 53 33.12	+30 36 18.3	8.30	-0.13	0.62	0.00	5,400	4.70	-1.73	36.980 (0.307)
296	07 55 31.43	+08 51 46.2	5.86	0.00	0.36	0.00	6,907	4.18	0.04	25.886 (0.061)
297	07 56 17.23	+80 15 56.0	6.55	0.27	0.72	0.00	5,539	4.54	0.03	58.309 (0.024)
298	08 00 32.13	+29 12 44.5	7.00	0.14	0.71	0.00	5,315	4.56	-0.63	58.479 (0.045)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
299	08 02 16.59	+60 59 36.5	6.86	-0.01	0.38	0.01	6,794	4.18	-0.13	16.807 (0.050)
300	08 02 26.99	-46 20 10.7	7.55	0.18	0.66	0.01	5,862	4.42	0.10	27.447 (0.034)
301	08 05 10.40	+57 46 22.9	7.07	-0.06	0.39	0.01	6,733	4.11	-0.01	15.060 (0.036)
302	08 07 18.17	+33 14 49.8	8.21	-0.02	0.40	0.02	6,663	4.21	-0.03	9.234 (0.075)
303	08 08 06.86	+16 25 01.8	8.8	-0.09	0.43	0.01	6,351	4.05	-0.51	9.940 (0.062)
304	08 11 49.19	+16 31 25.9	7.36	0.21	0.66	0.01	5,745	4.40	0.14	29.250 (0.071)
305	08 13 34.50	-31 44 07.4	6.75	0.07	0.61	0.00	5,953	4.46	0.05	36.769 (0.024)
306	08 18 23.95	-12 37 55.8	5.97	0.34	0.76	0.00	5,443	4.53	-0.02	79.594 (0.061)
307	08 18 31.55	-76 55 11.0	4.07	-0.02	0.39	0.01	6,736	4.03	0.08	51.943 (0.301)
308	08 19 22.57	+54 05 09.6	9.74	-0.21	0.48	0.01	6,075	4.17	-1.62	10.166 (0.034)
309	08 19 32.30	-68 59 30.7	8.65	0.05	0.61	0.02	6,045	4.26	-0.25	14.472 (0.031)
310	08 20 03.86	+27 13 03.7	5.14	-0.06	0.46	0.00	6,240	4.24	-0.25	54.86 (0.173)
311	08 21 03.85	+65 26 33.8	8.03	0.29	0.73	0.01	5,415	4.39	-0.06	27.304 (0.099)
312	08 21 28.14	-39 42 19.5	7.17	0.28	0.71	0.01	5,714	4.45	0.19	34.129 (0.032)
313	08 24 15.66	+44 56 59.0	7.70	0.18	0.65	0.01	5,744	4.42	0.09	27.107 (0.046)
314	08 24 45.40	+17 10 54.3	7.09	0.06	0.50	0.01	6,523	4.32	0.15	20.900 (0.088)
315	08 25 49.52	-29 55 50.1	7.81	0.16	0.67	0.01	5,738	4.45	-0.05	25.463 (0.036)
316	08 27 36.78	+45 39 10.8	6.36	0.12	0.63	0.00	5,853	4.37	-0.02	45.479 (0.037)
317	08 31 51.72	+29 42 40.6	8.19	-0.05	0.38	0.01	6,774	4.35	-0.03	10.191 (0.052)
318	08 31 55.04	+50 37 00.1	7.43	0.14	0.63	0.01	5,896	4.30	0.01	23.856 (0.044)
319	08 33 21.73	+36 26 11.2	6.26	-0.07	0.35	0.01	6,734	4.25	-0.31	26.892 (0.063)
320	08 34 21.91	+16 52 48.8	8.34	0.20	0.63	0.01	6,260	4.31	0.43	13.214 (0.056)
321	08 35 37.19	-42 33 37.6	7.47	0.00	0.44	0.03	6,643	4.13	0.01	13.044 (0.035)
322	08 35 43.84	-40 52 06.4	7.38	0.01	0.51	0.00	6,525	4.33	-0.19	18.396 (0.033)
323	08 35 51.27	+06 37 22.0	7.25	0.27	0.71	0.00	5,674	4.49	0.10	38.653 (0.052)
324	08 37 19.99	-40 08 51.6	6.54	0.12	0.60	0.00	5,981	4.36	0.09	36.177 (0.04)
325	08 38 08.51	+26 02 56.3	7.56	0.16	0.62	0.01	5,962	4.42	0.17	22.519 (0.054)
326	08 39 43.80	+05 45 51.3	7.25	0.09	0.60	0.00	5,922	4.37	-0.02	28.065 (0.047)
327	08 40 42.17	+55 40 03.8	8.04	0.22	0.68	0.01	5,703	4.47	0.10	24.452 (0.04)
328	08 40 50.80	-16 20 42.5	9.66	-0.27	0.44	0.01	6,134	4.26	-2.05	8.936 (0.041)
329	08 43 54.75	+45 27 13.3	8.25	-0.02	0.34	0.01	6,972	4.17	-0.13	9.435 (0.052)
330	08 44 24.05	-57 46 08.8	8.12	0.04	0.59	0.01	5,879	4.35	-0.23	20.502 (0.03)
331	08 44 50.76	-44 32 33.3	6.56	0.10	0.55	0.01	6,242	4.26	0.25	27.425 (0.024)
332	08 45 23.93	+46 10 15.8	7.97	0.00	0.42	0.01	6,563	4.11	-0.06	9.912 (0.058)
333	08 47 40.39	-41 44 12.5	6.36	0.10	0.58	0.01	6,165	4.32	0.21	34.317 (0.028)
334	08 50 32.22	+33 17 06.2	6.27	-0.01	0.48	0.00	6,218	4.31	0.05	36.345 (0.045)
335	08 53 01.61	+09 11 06.4	8.64	0.25	0.69	0.01	5,671	4.35	0.17	16.335 (0.054)
336	08 53 06.10	+52 23 24.8	6.94	-0.03	0.47	0.00	6,301	4.39	-0.33	27.914 (0.033)
337	08 54 02.80	-51 35 03.2	8.42	0.18	0.66	0.05	5,991	4.47	0.02	18.497 (0.031)
338	08 54 17.95	-05 26 04.0	6.01	0.19	0.67	0.00	5,780	4.43	0.10	59.347 (0.045)
339	08 54 18.71	+22 12 40.5	7.83	0.17	0.61	0.01	6,004	4.17	0.20	15.776 (0.051)
340	08 55 11.78	-54 57 56.8	5.71	0.00	0.48	0.01	6,438	4.34	0.01	41.216 (0.087)
341	08 56 22.95	+28 40 04.4	8.64	0.12	0.62	0.01	5,756	4.32	-0.09	17.472 (0.198)
342	08 57 31.69	-00 39 28.2	8.33	-0.05	0.36	0.01	6,876	4.32	-0.05	9.942 (0.045)
343	08 58 49.87	+25 24 17.9	7.50	0.12	0.65	0.01	5,679	4.26	0.05	26.140 (0.12)
344	08 58 56.30	+25 55 32.7	7.94	-0.02	0.51	0.01	6,221	4.34	-0.02	15.304 (0.088)
345	08 59 05.98	-00 37 25.9	8.48	-0.10	0.44	0.01	6,459	4.36	-0.55	12.022 (0.063)
346	09 00 18.82	+53 19 51.9	8.32	0.00	0.43	0.01	6,374	4.21	-0.04	9.560 (0.112)
347	09 01 43.40	+35 51 33.6	7.84	0.02	0.45	0.01	6,379	4.14	0.05	12.951 (0.057)
348	09 03 15.74	+32 52 53.2	7.03	-0.04	0.50	0.01	6,228	4.13	-0.27	21.106 (0.06)
349	09 05 18.75	+50 49 25.6	6.78	0.01	0.41	0.01	6,688	4.18	0.09	18.581 (0.048)
350	09 06 38.83	-43 29 31.1	7.32	0.20	0.67	0.02	5,740	4.27	0.05	26.144 (0.035)
351	09 07 44.16	+37 04 27.3	8.19	-0.05	0.44	0.01	6,443	4.25	-0.16	13.384 (0.055)
352	09 08 51.07	+33 52 56.0	5.99	0.04	0.57	0.00	5,988	4.42	-0.05	52.520 (0.08)
353	09 09 46.42	+11 33 51.8	6.50	-0.10	0.35	0.00	6,979	4.38	-0.43	24.498 (0.038)
354	09 10 44.89	-03 48 09.6	12.76	-0.11	0.56	0.02	5,643	4.38	-1.10	3.154 (0.041)
355	09 12 42.52	+20 40 24.3	8.44	0.09	0.56	0.01	5,944	4.16	0.01	12.726 (0.069)
356	09 13 44.63	-42 18 37.5	8.02	-0.03	0.57	0.02	6,001	4.23	-0.52	18.370 (0.033)
357	09 14 57.85	+38 36 33.5	6.73	-0.07	0.37	0.00	6,747	4.20	-0.34	18.346 (0.042)
358	09 16 39.98	+00 43 44.5	6.71	0.05	0.41	0.01	6,687	4.03	0.24	14.525 (0.077)
359	09 18 58.86	+17 42 19.0	6.64	-0.06	0.47	0.00	6,114	4.11	-0.19	24.564 (0.097)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
360	09 20 43.76	+51 15 57.8	6.16	-0.11	0.42	0.00	6,464	4.37	-0.32	34.278 (0.044)
361	09 21 47.11	+18 44 46.8	7.69	0.10	0.56	0.01	6,165	4.16	0.12	15.407 (0.068)
362	09 23 47.09	+20 21 52.0	7.73	0.14	0.64	0.01	5,770	4.53	-0.12	29.012 (0.065)
363	09 30 33.10	-47 36 15.5	8.65	0.06	0.65	0.02	5,644	4.41	-0.48	18.949 (0.092)
364	09 34 45.25	-52 01 41.7	7.33	-0.03	0.41	0.00	6,603	4.12	-0.16	13.875 (0.034)
365	09 36 49.52	+57 54 41.0	9.96	0.03	0.63	0.01	5,603	4.33	-0.45	9.392 (0.032)
366	09 42 14.42	-23 54 56.1	4.93	0.02	0.52	0.00	6,222	4.34	-0.08	67.469 (0.192)
367	09 42 49.29	-52 02 14.3	9.31	-0.04	0.53	0.02	6,120	4.41	-0.33	9.828 (0.031)
368	09 45 01.85	-49 29 13.8	8.22	-0.01	0.53	0.01	6,117	4.98	-0.24	17.368 (0.036)
369	09 45 03.66	-49 29 07.3	8.05	-0.02	0.52	0.01	6,174	5.09	-0.30	17.487 (0.04)
370	09 45 21.97	-49 48 44.5	7.52	0.02	0.45	0.02	6,478	4.18	0.10	13.125 (0.041)
371	09 50 04.67	-50 37 35.0	7.67	0.04	0.48	0.02	6,322	4.08	0.07	12.285 (0.041)
372	09 56 31.34	+32 23 04.7	6.55	-0.05	0.39	0.00	6,504	4.08	-0.27	19.520 (0.046)
373	09 57 02.21	+19 45 44.6	7.60	0.00	0.56	0.01	5,981	4.38	-0.25	24.454 (0.058)
374	09 59 15.87	+27 31 22.9	7.75	0.02	0.57	0.00	5,964	4.39	-0.19	22.658 (0.052)
375	10 00 13.16	+06 15 02.2	7.69	-0.03	0.47	0.01	6,514	4.33	-0.03	15.909 (0.066)
376	10 00 41.96	+17 34 04.6	8.07	-0.02	0.47	0.01	6,266	4.09	-0.19	12.128 (0.078)
377	10 01 00.66	+31 55 25.2	5.38	0.26	0.65	0.00	5,771	4.32	0.20	66.996 (0.214)
378	10 02 58.63	+38 36 45.1	8.36	-0.04	0.49	0.01	6,273	4.26	-0.08	11.055 (0.055)
379	10 04 08.43	+03 12 03.8	6.45	-0.02	0.40	0.01	6,738	4.07	0.12	17.735 (0.038)
380	10 09 49.58	-36 45 15.0	8.08	-0.02	0.58	0.01	5,820	4.42	-0.48	21.144 (0.048)
381	10 11 08.56	+20 41 46.1	6.64	-0.06	0.34	0.01	6,826	4.13	-0.35	18.674 (0.068)
382	10 11 48.07	+23 45 18.7	8.40	0.10	0.63	0.01	5,763	4.29	-0.11	17.871 (0.078)
383	10 13 24.73	-33 01 54.2	6.37	0.07	0.59	0.00	6,030	4.44	-0.16	44.559 (0.031)
384	10 13 44.38	-07 23 02.6	7.21	0.03	0.50	0.01	6,666	4.33	0.09	18.539 (0.078)
385	10 14 08.33	+03 09 04.7	7.73	0.00	0.60	0.01	5,737	4.43	-0.59	28.801 (0.099)
386	10 15 26.05	+41 52 30.3	8.24	0.08	0.32	0.01	7,057	4.01	0.24	5.885 (0.060)
387	10 17 14.88	-52 29 18.7	10.06	-0.19	0.43	0.03	6,153	4.31	-1.30	7.414 (0.030)
388	10 18 51.95	+44 02 54.0	6.65	0.15	0.66	0.00	5,635	4.49	-0.09	49.382 (0.045)
389	10 20 14.80	+53 46 45.9	6.45	0.08	0.54	0.00	5,960	4.20	0.06	31.336 (0.039)
390	10 22 09.49	+11 18 36.9	7.84	0.32	0.75	0.00	5,379	4.56	-0.09	36.846 (0.103)
391	10 22 28.58	+17 30 50.3	7.76	-0.02	0.35	0.02	6,818	4.07	-0.10	9.960 (0.082)
392	10 22 46.93	-45 28 14.3	9.32	-0.07	0.44	0.03	6,429	4.29	-0.49	7.143 (0.028)
393	10 23 24.44	-50 20 54.5	7.95	-0.07	0.48	0.01	6,236	4.30	-0.26	16.991 (0.048)
394	10 27 40.66	-67 22 04.9	8.36	0.00	0.55	0.02	6,228	4.36	-0.23	13.890 (0.029)
395	10 30 37.58	+55 58 49.9	4.83	-0.01	0.52	0.00	6,173	4.40	-0.09	77.435 (0.168)
396	10 31 45.60	+24 04 55.9	7.93	0.22	0.71	0.00	5,693	4.53	0.07	26.550 (0.048)
397	10 35 09.69	+57 04 57.5	5.17	-0.03	0.33	0.00	6,898	4.21	-0.12	37.284 (0.136)
398	10 36 21.42	+36 19 36.9	6.31	-0.05	0.39	0.01	6,543	4.03	-0.23	21.588 (0.046)
399	10 38 54.53	+16 07 38.7	6.62	-0.03	0.40	0.01	6,648	4.12	-0.18	19.359 (0.053)
400	10 44 46.15	-43 57 32.4	9.02	0.14	0.67	0.02	5,793	4.42	-0.17	15.303 (0.032)
401	10 46 09.23	+25 45 39.7	8.05	0.19	0.67	0.01	5,822	4.40	0.18	21.189 (0.067)
402	10 47 23.16	+28 23 55.9	10.24	-0.24	0.50	0.01	5,867	4.50	-2.23	11.323 (0.051)
403	10 48 05.56	-26 23 54.2	7.90	0.02	0.53	0.02	6,191	4.46	-0.01	18.528 (0.052)
404	10 48 49.64	+50 36 27.6	8.87	0.00	0.48	0.01	6,419	4.45	-0.02	9.929 (0.056)
405	10 50 37.39	-34 00 18.7	9.17	0.20	0.67	0.01	5,747	4.53	0.10	14.423 (0.036)
406	10 51 28.13	+20 16 39.0	8.23	-0.19	0.47	0.01	5,970	4.33	-1.47	20.019 (0.087)
407	10 52 35.14	+38 20 03.8	7.67	-0.06	0.46	0.01	6,268	4.11	-0.25	13.952 (0.072)
408	10 54 06.55	-23 11 05.4	8.14	0.06	0.56	0.02	5,991	4.11	0.13	13.313 (0.054)
409	10 55 57.38	-01 00 08.2	8.82	-0.06	0.48	0.02	6,430	4.24	-0.44	11.365 (0.045)
410	10 56 44.83	-00 20 43.5	8.28	-0.05	0.40	0.02	6,601	4.24	-0.16	10.013 (0.070)
411	10 57 07.94	-00 18 43.1	6.88	-0.01	0.42	0.01	6,588	4.10	0.07	16.487 (0.047)
412	10 57 09.55	+21 48 17.5	7.94	0.12	0.62	0.00	5,878	4.35	0.18	19.562 (0.085)
413	10 59 27.97	+40 25 48.9	5.03	0.11	0.60	0.00	5,960	4.34	0.07	72.453 (0.151)
414	10 59 41.09	+11 42 21.1	6.55	-0.02	0.43	0.00	6,471	4.14	-0.08	23.036 (0.073)
415	11 00 40.78	-31 50 21.7	6.06	0.07	0.52	0.01	6,267	4.21	0.16	32.347 (0.055)
416	11 04 18.93	+05 47 44.5	8.24	0.12	0.63	0.01	5,786	4.35	-0.03	19.015 (0.068)
417	11 05 46.16	+50 10 20.9	7.05	0.01	0.50	0.00	6,244	4.34	-0.13	25.138 (0.045)
418	11 07 04.87	+25 32 13.7	6.87	0.01	0.48	0.01	6,309	4.07	0.06	18.692 (0.063)
419	11 07 08.35	-32 35 13.3	6.58	0.00	0.34	0.01	6,958	4.16	-0.25	17.361 (0.052)
420	11 07 28.80	+22 03 10.7	8.20	0.15	0.63	0.00	6,018	4.52	0.10	20.714 (0.058)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
421	11 07 36.20	+13 51 31.8	7.32	0.04	0.55	0.00	6,177	4.23	0.12	20.040 (0.041)
422	11 07 54.43	-30 10 28.4	6.53	0.06	0.60	0.01	5,882	4.32	-0.29	39.324 (0.044)
423	11 08 40.10	-44 15 33.8	9.81	-0.02	0.56	0.03	6,098	4.34	-0.43	7.456 (0.042)
424	11 11 00.73	-65 25 37.7	8.16	-0.16	0.48	0.03	6,168	4.29	-1.14	17.388 (0.042)
425	11 11 40.36	+18 41 31.9	8.24	-0.05	0.46	0.01	6,237	4.12	-0.30	11.326 (0.076)
426	11 12 01.19	-26 08 12.0	7.06	0.38	0.76	0.00	5,443	4.46	0.07	45.262 (0.038)
427	11 12 03.03	-21 20 17.9	8.29	0.16	0.63	0.01	5,841	4.28	0.03	17.002 (0.068)
428	11 12 48.00	+35 43 43.9	9.76	-0.21	0.43	0.01	6,181	4.18	-1.48	7.300 (0.049)
429	11 14 49.93	-23 38 47.9	9.07	-0.04	0.58	0.02	5,789	4.40	-0.73	15.145 (0.045)
430	11 15 30.68	-42 36 46.5	7.46	-0.04	0.50	0.01	6,219	4.28	-0.17	19.728 (0.153)
431	11 16 04.03	+52 46 23.4	6.50	-0.07	0.43	0.00	6,363	4.27	-0.41	25.651 (0.030)
432	11 17 35.11	-38 22 51.0	8.18	0.21	0.67	0.01	5,779	4.48	0.00	21.844 (0.044)
433	11 17 39.21	-33 32 49.7	6.85	-0.01	0.51	0.01	6,233	4.26	-0.09	24.714 (0.044)
434	11 18 22.01	-05 04 02.3	7.29	0.25	0.74	0.01	5,426	4.56	-0.22	45.130 (0.046)
435	11 19 06.61	+13 23 26.7	7.13	0.00	0.49	0.01	6,528	4.38	0.10	21.065 (0.041)
436	11 20 51.77	-23 13 02.4	8.02	0.20	0.66	0.01	5,757	4.46	0.06	23.683 (0.049)
437	11 20 56.76	+51 45 40.3	7.32	-0.02	0.39	0.01	6,769	4.18	-0.05	14.308 (0.040)
438	11 21 29.07	+58 29 03.7	7.66	0.13	0.64	0.00	5,727	4.34	-0.04	24.240 (0.049)
439	11 21 35.11	+18 11 44.6	10.98	-0.11	0.52	0.01	5,830	4.26	-0.89	5.946 (0.059)
440	11 22 19.42	-43 19 29.2	9.63	0.04	0.59	0.02	5,973	4.29	-0.32	10.256 (0.028)
441	11 23 16.23	+19 53 37.7	9.97	-0.14	0.48	0.01	5,933	4.28	-0.94	8.042 (0.052)
442	11 26 04.65	-15 42 27.8	10.44	-0.1	0.58	0.02	5,627	4.40	-1.06	9.240 (0.041)
443	11 26 08.70	+22 42 29.8	7.41	-0.01	0.32	0.01	7,063	4.12	-0.21	12.562 (0.065)
444	11 27 03.23	+21 51 08.1	7.62	0.09	0.63	0.00	5,651	4.40	-0.27	30.555 (0.122)
445	11 29 04.56	+61 46 42.1	5.86	-0.09	0.37	0.00	6,604	4.06	-0.51	29.618 (0.055)
446	11 29 48.09	-51 39 46.8	7.38	-0.09	0.41	0.02	6,841	4.32	-0.4	16.209 (0.038)
447	11 32 34.13	+10 54 11.3	10.13	0.03	0.60	0.02	5,676	4.25	-0.47	7.664 (0.055)
448	11 32 51.40	-36 12 33.1	6.68	0.15	0.60	0.01	6,079	4.22	0.22	25.792 (0.037)
449	11 34 21.95	+03 03 36.6	5.78	0.01	0.45	0.00	6,460	4.32	0.06	36.953 (0.082)
450	11 36 05.55	+30 43 17.0	8.42	0.08	0.57	0.01	6,005	4.09	0.04	11.981 (0.069)
451	11 37 59.10	-01 35 58.0	7.62	-0.01	0.55	0.01	6,036	4.45	-0.21	24.388 (0.063)
452	11 39 06.22	+44 18 20.3	8.39	0.12	0.69	0.01	5,565	4.58	-0.4	25.939 (0.044)
453	11 39 23.56	+52 11 15.4	8.44	0.04	0.52	0.01	6,258	4.33	0.14	10.056 (0.029)
454	11 39 49.87	+45 09 23.8	7.51	0.01	0.40	0.01	6,630	4.07	0.03	10.868 (0.049)
455	11 41 22.48	-26 40 01.9	7.53	-0.06	0.47	0.01	6,321	4.29	-0.37	19.810 (0.041)
456	11 42 03.96	+12 17 05.7	7.08	-0.04	0.47	0.01	6,188	4.17	-0.38	19.855 (0.050)
457	11 42 05.19	+22 12 39.8	6.66	-0.05	0.35	0.01	6,827	4.10	-0.18	17.147 (0.167)
458	11 42 14.92	-75 13 38.3	6.47	0.05	0.53	0.02	6,302	4.29	0.11	29.354 (0.028)
459	11 43 56.61	-29 44 51.7	6.97	0.04	0.55	0.01	6,095	4.42	-0.09	31.162 (0.042)
460	11 44 35.70	+25 32 11.7	10.37	-0.13	0.48	0.02	5,928	4.23	-0.93	6.928 (0.087)
461	11 45 30.51	+47 40 00.8	8.06	0.04	0.60	0.01	5,781	4.31	-0.37	19.488 (0.038)
462	11 45 34.23	-46 03 46.4	8.76	-0.17	0.45	0.01	6,155	4.20	-1.18	13.844 (0.033)
463	11 46 06.62	-38 08 50.6	8.51	0.01	0.60	0.01	5,984	4.51	-0.50	19.686 (0.052)
464	11 46 35.16	+50 52 54.7	9.92	-0.15	0.55	0.01	5,523	4.48	-1.34	14.133 (0.035)
465	11 47 30.35	+77 02 23.8	8.75	0.33	0.73	0.02	5,451	4.35	0.10	17.912 (0.060)
466	11 48 25.26	+28 25 01.3	7.24	0.02	0.38	0.01	6,921	4.12	0.08	12.782 (0.049)
467	11 49 01.28	-00 19 07.2	6.14	0.06	0.52	0.01	6,339	4.18	0.17	29.661 (0.060)
468	11 50 25.79	-46 28 08.5	7.66	-0.02	0.39	0.01	6,740	4.06	0.00	10.582 (0.040)
469	11 55 28.46	-22 23 13.3	10.18	-0.14	0.52	0.02	6,009	4.14	-1.12	8.399 (0.052)
470	11 56 36.03	-21 25 09.8	10.06	-0.09	0.53	0.02	5,938	4.19	-0.80	7.259 (0.047)
471	11 56 43.92	-47 04 20.6	6.25	0.02	0.41	0.01	6,861	4.13	0.17	19.281 (0.041)
472	11 58 15.61	-47 58 37.6	6.77	0.01	0.52	0.01	6,174	4.30	-0.03	26.591 (0.035)
473	11 58 31.84	+47 45 55.4	6.94	-0.01	0.39	0.01	6,746	4.24	0.00	17.487 (0.038)
474	11 59 03.08	-04 46 38.9	9.00	-0.02	0.58	0.01	5,983	4.45	-0.41	13.736 (0.054)
475	12 00 14.39	+05 21 48.7	8.39	0.33	0.76	0.00	5,444	4.51	0.01	25.769 (0.098)
476	12 00 44.46	-10 26 46.1	5.54	0.43	0.76	0.00	5,517	4.38	0.23	78.756 (0.121)
477	12 03 39.57	-42 26 02.6	5.15	-0.03	0.41	0.01	6,651	4.17	-0.06	40.441 (0.166)
478	12 04 05.56	+03 20 26.7	9.22	-0.05	0.59	0.01	5,726	4.41	-0.84	13.872 (0.075)
479	12 05 13.41	-28 43 02.0	7.82	0.14	0.65	0.01	5,686	4.45	-0.19	27.557 (0.043)
480	12 05 24.85	-26 35 43.7	10.26	-0.09	0.55	0.03	5,894	4.39	-0.86	8.064 (0.044)
481	12 07 35.30	-31 24 38.0	6.72	0.00	0.53	0.01	6,142	4.32	-0.07	29.924 (0.091)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
482	12 08 07.07	+55 27 50.7	7.79	-0.02	0.51	0.00	6,038	4.50	-0.22	18.767 (0.041)
483	12 08 24.82	-24 43 44.0	4.02	-0.02	0.31	0.01	6,990	4.28	-0.11	66.874 (0.337)
484	12 09 14.14	+14 49 47.3	7.81	0.03	0.49	0.01	6,262	4.23	0.10	13.879 (0.046)
485	12 10 57.93	-46 19 19.1	7.53	-0.05	0.56	0.01	5,966	4.42	-0.56	27.908 (0.054)
486	12 11 09.72	+39 07 48.7	8.04	-0.06	0.40	0.01	6,660	4.25	-0.19	11.907 (0.062)
487	12 11 17.86	-05 55 33.9	8.20	0.13	0.62	0.01	6,043	4.46	0.04	19.488 (0.070)
488	12 11 28.62	-44 16 58.3	6.58	-0.03	0.46	0.01	6,462	4.21	0.04	23.784 (0.045)
489	12 12 01.37	+13 15 40.6	10.17	-0.18	0.46	0.02	6,115	4.51	-1.31	7.419 (0.045)
490	12 12 28.84	-03 05 04.1	7.43	0.27	0.71	0.01	5,595	4.37	0.07	28.985 (0.062)
491	12 15 36.67	-48 24 58.3	8.94	0.14	0.67	0.01	5,690	4.41	-0.26	16.314 (0.037)
492	12 16 08.38	+25 45 37.3	8.13	-0.04	0.41	0.01	6,724	4.15	-0.06	11.720 (0.050)
493	12 16 51.34	+86 26 09.0	6.33	-0.08	0.43	0.05	6,399	4.07	-0.51	24.971 (0.023)
494	12 17 31.87	-48 55 32.0	6.82	0.08	0.57	0.01	6,102	4.23	0.18	23.574 (0.074)
495	12 17 36.19	+14 26 34.2	8.17	0.04	0.54	0.01	6,125	4.43	0.03	14.886 (0.127)
496	12 18 40.91	+26 11 25.3	7.58	0.00	0.45	0.01	6,624	4.25	0.02	14.797 (0.060)
497	12 19 06.50	+16 32 53.9	7.03	0.08	0.61	0.01	5,846	4.47	-0.16	36.402 (0.042)
498	12 20 06.09	+15 42 53.3	8.05	-0.01	0.49	0.01	6,177	4.30	-0.21	14.658 (0.05)
499	12 20 45.57	+25 45 57.1	9.08	0.03	0.56	0.01	6,075	4.52	-0.07	11.843 (0.060)
500	12 21 03.88	-72 48 55.5	9.24	0.00	0.49	0.10	6,182	4.06	-0.08	7.387 (0.031)
501	12 21 49.03	+26 32 56.8	9.31	0.06	0.58	0.01	6,159	4.43	-0.02	11.561 (0.048)
502	12 21 56.16	+27 18 34.2	8.53	-0.02	0.46	0.01	6,415	4.21	-0.09	11.717 (0.069)
503	12 22 24.76	+22 27 50.9	8.55	-0.04	0.47	0.01	6,574	4.37	-0.11	11.669 (0.056)
504	12 22 32.04	+05 18 19.6	6.40	0.08	0.60	0.00	6,205	4.36	0.11	33.325 (0.049)
505	12 23 13.42	+42 53 58.8	8.80	-0.07	0.43	0.01	6,417	4.31	-0.39	9.648 (0.047)
506	12 25 05.14	+60 41 50.5	7.36	0.00	0.57	0.00	5,867	4.21	-0.38	24.818 (0.028)
507	12 25 22.50	+23 13 44.7	8.60	-0.04	0.45	0.01	6,416	4.22	-0.17	11.557 (0.058)
508	12 25 34.96	+01 17 02.3	9.67	-0.25	0.43	0.01	6,140	4.10	-1.75	9.313 (0.044)
509	12 27 28.44	-48 07 52.8	9.28	-0.06	0.59	0.02	5,991	4.32	-0.80	12.063 (0.041)
510	12 28 04.30	+23 08 36.6	9.96	0.13	0.65	0.01	5,733	4.59	-0.28	10.610 (0.050)
511	12 28 04.45	+44 47 39.5	7.50	0.08	0.58	0.00	6,123	4.38	0.06	21.951 (0.039)
512	12 30 12.52	+39 14 49.5	7.68	-0.03	0.45	0.01	6,429	4.21	-0.10	15.457 (0.076)
513	12 30 50.14	+53 04 35.8	6.21	0.02	0.55	0.00	6,050	4.44	-0.09	44.717 (0.038)
514	12 31 03.10	+27 43 49.2	8.61	-0.04	0.48	0.01	6,453	4.39	-0.02	11.594 (0.062)
515	12 31 50.55	+29 18 50.9	7.53	-0.02	0.33	0.01	6,866	4.14	-0.12	11.968 (0.049)
516	12 32 50.23	-75 26 04.9	7.78	0.00	0.41	0.04	6,764	4.16	-0.01	10.274 (0.029)
517	12 37 33.48	+45 15 13.6	8.04	0.00	0.31	0.01	6,981	4.21	-0.12	9.434 (0.034)
518	12 37 39.13	+38 41 03.8	7.35	-0.02	0.48	0.00	6,374	4.24	0.00	18.484 (0.042)
519	12 38 32.76	+45 13 01.5	7.23	-0.07	0.38	0.01	6,603	4.10	-0.17	16.343 (0.032)
520	12 40 03.46	+68 48 08.8	7.87	0.08	0.61	0.00	6,031	4.43	0.05	20.986 (0.029)
521	12 40 50.10	+40 31 17.4	8.29	0.18	0.65	0.01	5,732	4.09	0.14	16.318 (0.134)
522	12 41 25.33	+38 23 20.5	8.33	-0.05	0.38	0.01	6,642	4.12	-0.20	9.145 (0.047)
523	12 42 39.03	+28 21 35.1	7.51	-0.02	0.38	0.01	6,710	4.14	-0.18	14.300 (0.053)
524	12 42 59.33	-04 02 57.6	7.84	0.19	0.66	0.01	5,665	4.32	-0.07	22.151 (0.047)
525	12 43 03.36	-61 08 55.9	7.76	0.00	0.44	0.02	6,620	4.29	-0.01	13.172 (0.038)
526	12 44 59.41	+39 16 44.1	5.95	-0.03	0.55	0.00	5,987	4.44	-0.46	56.931 (0.073)
527	12 45 23.27	+04 21 35.8	9.52	0.02	0.60	0.01	5,912	4.27	-0.36	10.727 (0.043)
528	12 46 30.84	-11 48 44.8	6.87	0.31	0.70	0.01	5,794	4.31	0.27	32.017 (0.052)
529	12 46 34.18	+11 22 42.6	8.63	0.17	0.63	0.01	5,885	4.40	0.19	15.289 (0.069)
530	12 47 48.83	+29 31 55.7	7.26	0.05	0.34	0.01	6,886	4.05	0.04	10.743 (0.045)
531	12 48 06.38	-00 21 33.4	7.97	0.13	0.55	0.01	6,341	4.23	0.23	14.708 (0.068)
532	12 48 25.70	+27 47 02.2	8.73	-0.02	0.52	0.01	5,868	4.07	-0.39	10.693 (0.126)
533	12 48 49.13	+61 22 42.2	7.35	0.14	0.62	0.00	5,827	4.31	0.11	25.368 (0.027)
534	12 48 52.42	+12 05 46.9	7.07	0.19	0.66	0.01	5,727	4.18	0.08	27.500 (0.050)
535	12 48 53.14	-56 51 12.0	8.62	-0.07	0.45	0.04	6,542	4.20	-0.33	11.161 (0.046)
536	12 49 44.83	+01 11 16.9	8.15	0.09	0.68	0.00	5,364	4.46	-0.62	30.840 (0.074)
537	12 51 58.69	+40 14 29.5	8.10	0.01	0.36	0.01	6,818	4.06	0.04	8.050 (0.035)
538	12 52 11.64	-56 34 28.0	8.48	-0.02	0.61	0.02	5,734	4.43	-0.73	20.204 (0.068)
539	12 52 18.54	+46 46 40.0	8.49	0.12	0.62	0.01	5,865	4.50	-0.04	18.676 (0.031)
540	12 53 01.54	+26 47 39.2	7.68	0.17	0.63	0.00	6,011	4.23	0.26	17.580 (0.048)
541	12 53 08.80	-60 52 54.1	8.77	0.04	0.56	0.05	5,972	4.40	-0.13	13.128 (0.032)
542	12 55 08.26	+27 45 58.9	7.84	0.18	0.66	0.00	5,659	4.31	0.02	23.174 (0.057)

EK 1 (Devam)

Sira	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
543	12 58 49.29	+68 47 07.0	8.07	0.08	0.67	0.00	5,534	4.51	-0.55	29.565 (0.041)
544	13 00 38.71	+18 22 22.8	6.20	0.00	0.44	0.01	6,588	4.20	0.17	24.638 (0.039)
545	13 01 19.50	-08 26 25.4	8.97	0.26	0.73	0.01	5,488	4.48	0.08	17.060 (0.044)
546	13 01 46.93	+63 36 36.8	6.02	0.00	0.40	0.00	6,669	4.20	0.09	27.611 (0.043)
547	13 02 33.46	+32 25 59.7	7.55	0.13	0.65	0.00	5,787	4.51	-0.19	31.449 (0.038)
548	13 05 28.46	+14 43 31.6	7.94	-0.06	0.45	0.01	6,352	4.05	-0.29	12.522 (0.032)
549	13 08 13.16	+03 46 36.6	9.69	0.17	0.70	0.01	5,588	4.54	-0.26	12.777 (0.052)
550	13 11 39.05	+74 07 08.2	10.48	-0.05	0.46	0.01	6,288	4.34	-0.48	3.949 (0.035)
551	13 11 52.39	+27 52 41.5	4.26	0.07	0.57	0.00	6,022	4.40	0.06	108.895 (0.349)
552	13 12 37.51	+58 26 56.9	8.66	0.01	0.50	0.00	6,186	4.31	-0.14	12.276 (0.027)
553	13 13 37.01	+56 42 29.8	6.84	0.07	0.60	0.00	5,845	4.45	-0.16	39.700 (0.024)
554	13 15 11.48	+84 45 07.7	7.28	0.02	0.50	0.02	6,379	4.25	0.03	19.050 (0.026)
555	13 15 36.97	+09 00 57.7	8.45	0.17	0.66	0.01	5,683	4.35	-0.12	18.517 (0.060)
556	13 16 11.25	+35 53 09.1	8.28	0.12	0.64	0.00	5,718	4.47	-0.21	21.203 (0.036)
557	13 16 44.91	-65 08 17.7	6.07	-0.02	0.43	0.01	6,563	4.14	-0.01	23.992 (0.335)
558	13 16 46.52	+09 25 27.0	5.21	0.10	0.59	0.00	6,044	4.25	0.13	57.019 (0.252)
559	13 16 48.37	+12 24 55.6	8.39	0.12	0.63	0.01	5,936	4.43	-0.08	18.180 (0.053)
560	13 18 04.72	+50 26 46.8	7.95	-0.06	0.43	0.00	6,524	4.34	-0.19	14.557 (0.037)
561	13 18 24.31	-18 18 40.3	4.74	0.24	0.71	0.00	5,544	4.32	0.00	117.573 (0.238)
562	13 18 24.31	-18 18 40.3	4.73	0.24	0.71	0.00	5,469	4.36	-0.03	117.573 (0.238)
563	13 20 25.71	+17 34 50.2	7.31	-0.06	0.39	0.01	6,657	4.30	-0.14	16.679 (0.044)
564	13 24 30.60	+20 27 22.1	12.19	-0.20	0.45	0.02	6,043	4.18	-1.56	2.917 (0.034)
565	13 25 59.86	+63 15 40.6	6.50	0.30	0.74	0.00	5,555	4.35	0.16	47.828 (0.025)
566	13 31 58.21	+08 58 37.5	8.03	0.08	0.56	0.01	6,224	4.15	0.18	12.790 (0.052)
567	13 34 32.65	-38 54 26.0	7.29	0.12	0.67	0.01	5,660	4.42	-0.22	33.114 (0.043)
568	13 35 11.45	+22 29 59.3	6.91	-0.10	0.43	0.00	6,234	4.13	-0.53	26.285 (0.220)
569	13 35 31.65	-22 01 28.4	7.10	0.01	0.48	0.02	6,389	4.27	0.10	20.107 (0.045)
570	13 42 12.76	+08 23 18.2	6.16	-0.06	0.42	0.01	6,666	4.24	-0.19	28.274 (0.061)
571	13 44 27.17	+77 13 50.9	9.45	0.08	0.66	0.01	5,528	4.43	-0.67	14.329 (0.034)
572	13 51 40.39	-57 26 08.3	7.98	0.01	0.66	0.01	5,508	4.64	-0.91	29.193 (0.184)
573	13 53 58.12	-46 32 19.5	9.04	-0.02	0.61	0.01	5,692	4.35	-0.76	15.252 (0.069)
574	13 58 17.57	-72 19 25.4	8.62	-0.11	0.43	0.04	6,401	4.04	-0.75	9.580 (0.032)
575	13 58 36.71	-34 00 04.7	8.17	0.16	0.69	0.01	5,560	4.50	-0.32	26.202 (0.084)
576	14 04 45.95	+25 49 03.9	6.95	-0.07	0.45	0.00	6,394	4.29	-0.06	22.509 (0.039)
577	14 04 57.07	+74 34 24.9	8.21	-0.02	0.59	0.00	5,787	4.52	-0.50	23.436 (0.030)
578	14 06 25.41	+27 43 35.3	8.10	-0.06	0.38	0.01	6,944	4.32	-0.19	10.559 (0.043)
579	14 07 11.60	+46 50 10.5	8.43	0.00	0.45	0.00	6,467	4.20	-0.03	10.805 (0.031)
580	14 09 31.55	+20 28 18.0	7.46	-0.01	0.44	0.02	6,480	4.25	-0.03	15.355 (0.041)
581	14 09 44.48	+37 19 48.3	7.58	-0.04	0.35	0.00	6,905	4.22	-0.16	12.042 (0.034)
582	14 10 26.94	+27 37 57.4	8.56	0.12	0.65	0.01	5,764	4.51	-0.17	20.695 (0.040)
583	14 11 31.20	+01 21 44.6	6.43	0.04	0.48	0.01	6,609	4.18	0.21	22.883 (0.048)
584	14 16 24.27	+39 44 41.0	6.39	-0.06	0.36	0.00	6,799	4.12	-0.20	19.945 (0.026)
585	14 19 00.90	-25 48 55.5	5.86	-0.11	0.50	0.01	6,152	4.45	-0.67	55.551 (0.097)
586	14 21 04.83	+38 59 15.3	7.93	-0.02	0.42	0.00	6,448	4.01	0.01	12.127 (0.031)
587	14 23 15.28	+01 14 29.6	6.27	0.06	0.63	0.00	5,728	4.49	-0.33	57.344 (0.036)
588	14 27 24.91	-18 24 40.5	9.33	-0.07	0.60	0.02	5,507	4.45	-1.17	17.782 (0.073)
589	14 29 03.26	-46 44 28.0	8.94	0.05	0.68	0.01	5,631	4.50	-0.69	19.696 (0.051)
590	14 29 36.81	+41 47 45.3	6.35	0.25	0.70	0.00	5,665	4.26	0.23	42.786 (0.028)
591	14 30 00.14	-04 14 50.0	7.06	-0.01	0.40	0.02	6,806	4.24	-0.13	15.932 (0.042)
592	14 30 46.07	+63 11 08.8	6.11	-0.06	0.40	0.00	6,588	4.30	-0.18	31.534 (0.037)
593	14 33 35.54	+65 23 43.5	6.61	-0.01	0.49	0.00	6,145	4.36	-0.25	33.055 (0.136)
594	14 34 11.71	+32 32 04.1	6.35	-0.04	0.40	0.00	6,564	4.14	-0.25	24.072 (0.034)
595	14 36 59.80	-12 18 19.1	6.20	-0.03	0.46	0.01	6,461	4.28	-0.11	37.180 (0.401)
596	14 39 10.85	-46 35 04.1	6.07	0.04	0.51	0.01	6,343	4.15	0.17	29.371 (0.052)
597	14 40 12.69	-45 32 45.4	8.12	0.08	0.57	0.02	6,150	4.22	0.14	15.962 (0.069)
598	14 40 28.26	-57 01 46.4	7.39	0.15	0.67	0.01	5,513	4.43	-0.35	38.923 (0.046)
599	14 41 22.40	+29 03 31.7	7.81	0.12	0.64	0.00	5,771	4.27	0.10	20.930 (0.048)
600	14 41 28.78	+13 36 05.3	8.39	0.07	0.59	0.01	6,064	4.31	-0.05	16.006 (0.049)
601	14 41 45.83	+24 32 17.9	7.65	0.00	0.49	0.01	6,590	4.28	-0.04	16.823 (0.036)
602	14 43 03.62	-05 39 29.5	3.88	-0.01	0.38	0.01	6,777	4.03	0.07	54.793 (0.510)
603	14 47 24.26	+17 45 26.1	8.41	0.05	0.54	0.01	5,929	4.24	-0.16	14.610 (0.042)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
604	14 47 49.94	+35 39 16.5	7.57	-0.04	0.41	0.01	6,512	4.13	-0.12	12.527 (0.028)
605	14 49 06.74	+37 48 40.3	6.16	-0.09	0.38	0.00	6,663	4.14	-0.26	24.126 (0.035)
606	14 49 31.60	-59 07 54.5	8.55	0.15	0.65	0.01	5,793	4.51	-0.20	20.612 (0.042)
607	14 51 23.29	+19 06 02.3	4.72	0.23	0.72	0.00	5,480	4.53	-0.18	148.213 (0.046)
608	14 51 30.67	-47 05 00.1	7.99	-0.03	0.44	0.02	6,597	4.24	-0.18	12.050 (0.061)
609	14 51 31.72	-60 55 50.9	7.18	-0.10	0.45	0.02	6,452	4.20	-0.62	20.622 (0.036)
610	14 56 23.04	+49 37 42.4	5.63	0.01	0.50	0.00	6,285	4.23	0.11	39.645 (0.084)
611	14 56 54.65	+53 22 55.8	8.45	0.20	0.65	0.01	5,857	4.30	0.17	14.099 (0.027)
612	15 02 33.06	+16 03 18.3	7.02	0.17	0.59	0.01	5,964	4.29	0.21	26.029 (0.086)
613	15 04 43.52	+38 36 18.8	7.50	-0.05	0.48	0.00	6,285	4.36	-0.10	19.848 (0.024)
614	15 04 45.14	+25 27 36.9	8.18	-0.05	0.48	0.01	6,076	4.02	-0.30	12.232 (0.131)
615	15 08 12.57	-07 54 47.5	8.00	-0.05	0.59	0.01	5,786	4.48	-0.71	25.482 (0.056)
616	15 10 41.61	-43 43 47.5	7.01	0.13	0.62	0.01	6,009	4.46	0.16	31.892 (0.037)
617	15 10 43.21	-43 43 00.9	7.60	0.30	0.72	0.01	5,634	4.49	0.16	31.879 (0.038)
618	15 10 44.74	-61 25 20.4	6.29	0.14	0.62	0.01	5,922	4.33	0.01	41.616 (0.035)
619	15 11 28.91	+71 50 27.4	9.09	0.11	0.65	0.01	5,805	4.40	-0.22	13.508 (0.026)
620	15 12 47.74	+27 55 35.6	8.37	0.07	0.59	0.01	6,046	4.14	-0.05	14.049 (0.038)
621	15 13 58.79	-41 27 46.8	8.43	0.41	0.77	0.01	5,410	4.43	0.13	23.162 (0.060)
622	15 18 41.91	+10 25 39.9	7.13	0.00	0.49	0.01	6,018	4.56	0.15	19.829 (0.065)
623	15 20 41.68	+44 26 03.8	6.21	0.02	0.38	0.01	6,984	4.04	0.01	17.524 (0.026)
624	15 20 50.08	+31 28 48.4	6.90	0.01	0.48	0.00	6,414	4.30	0.09	21.793 (0.026)
625	15 28 31.28	+38 43 25.4	6.68	0.00	0.36	0.01	6,802	4.13	-0.04	16.884 (0.024)
626	15 28 51.11	-53 26 48.3	8.81	-0.06	0.47	0.06	6,304	4.17	-0.41	9.420 (0.047)
627	15 29 11.19	+80 26 55.0	6.57	0.13	0.67	0.00	5,490	4.57	-0.22	45.858 (0.033)
628	15 30 55.43	+08 34 44.7	6.56	-0.06	0.37	0.01	6,909	4.22	-0.11	19.545 (0.045)
629	15 33 53.56	-31 01 08.6	7.96	0.28	0.71	0.01	5,537	4.48	0.02	27.646 (0.069)
630	15 34 20.81	-05 41 42.3	6.51	0.04	0.58	0.01	6,083	4.44	-0.05	39.229 (0.046)
631	15 34 49.42	+24 59 56.8	8.26	0.04	0.53	0.02	6,210	4.11	-0.07	11.772 (0.043)
632	15 36 04.18	+52 04 11.3	6.76	0.02	0.31	0.00	7,184	4.22	-0.16	16.975 (0.029)
633	15 36 12.66	+35 42 19.4	7.48	0.16	0.62	0.01	5,986	4.20	0.24	19.905 (0.032)
634	15 36 53.43	+29 59 28.3	6.47	-0.07	0.40	0.01	6,568	4.30	-0.25	28.264 (0.030)
635	15 38 16.24	+46 47 51.9	5.67	-0.03	0.34	0.00	6,787	4.14	-0.20	28.030 (0.161)
636	15 39 01.06	-00 18 41.4	7.50	0.06	0.55	0.02	6,149	4.22	0.11	19.661 (0.054)
637	15 39 11.81	+45 07 02.6	8.12	0.07	0.33	0.01	7,097	4.03	0.28	6.333 (0.027)
638	15 41 00.81	+38 16 53.3	8.22	-0.02	0.42	0.01	6,646	4.42	0.01	10.920 (0.026)
639	15 41 11.38	-44 39 40.3	4.63	-0.04	0.41	0.01	6,645	4.27	-0.13	57.497 (0.262)
640	15 44 01.82	+02 30 54.6	5.88	0.21	0.69	0.01	5,693	4.42	0.05	67.706 (0.066)
641	15 44 01.82	+02 30 54.6	5.88	0.21	0.69	0.01	5,635	4.45	0.01	67.706 (0.066)
642	15 44 42.03	+58 26 01.1	7.38	-0.02	0.36	0.00	6,771	4.22	-0.11	14.003 (0.037)
643	15 44 55.86	+21 26 39.8	7.49	-0.05	0.44	0.01	6,410	4.24	-0.31	17.659 (0.038)
644	15 47 29.10	-37 54 58.7	6.04	0.30	0.72	0.01	5,582	4.45	0.11	65.635 (0.046)
645	15 48 22.58	-28 47 20.9	7.69	-0.09	0.42	0.03	6,417	4.19	-0.44	13.522 (0.090)
646	15 48 53.09	+23 14 29.6	7.83	-0.01	0.49	0.02	6,151	4.34	-0.11	17.232 (0.045)
647	15 55 15.94	-42 36 18.4	6.68	-0.06	0.40	0.02	6,778	4.30	-0.10	22.342 (0.050)
648	15 56 07.09	+39 25 45.8	7.85	-0.04	0.40	0.00	6,627	4.22	-0.23	11.229 (0.025)
649	15 57 40.79	-60 12 00.9	7.33	0.12	0.62	0.01	5,955	4.46	0.10	28.115 (0.033)
650	15 58 32.03	+27 44 24.0	8.00	0.30	0.77	0.01	5,316	4.60	-0.38	37.523 (0.030)
651	16 03 00.17	-06 27 11.2	10.2	0.12	0.71	0.07	6,142	4.55	-0.39	8.749 (0.062)
652	16 07 03.37	-14 04 16.7	6.32	0.25	0.66	0.02	5,850	4.22	0.28	36.312 (0.044)
653	16 07 25.69	+13 20 11.2	7.34	0.02	0.32	0.01	6,941	4.09	-0.13	12.917 (0.143)
654	16 07 35.70	-54 39 12.9	8.16	-0.04	0.48	0.04	6,140	4.14	-0.29	11.902 (0.045)
655	16 09 17.49	+41 05 42.7	6.72	0.02	0.51	0.00	6,075	4.19	-0.07	27.124 (0.029)
656	16 09 48.07	+25 59 53.7	8.51	0.05	0.57	0.02	5,984	4.43	-0.22	16.699 (0.034)
657	16 15 37.27	-08 22 10.0	5.49	0.15	0.65	0.01	5,766	4.37	0.05	70.768 (0.112)
658	16 17 30.27	+75 45 19.2	4.96	0.02	0.35	0.00	6,788	40	0.05	33.871 (0.147)
659	16 19 55.14	+39 42 30.9	5.46	-0.03	0.40	0.00	6,722	4.29	0.06	37.185 (0.040)
660	16 23 06.06	+17 28 07.7	8.45	0.25	0.73	0.01	5,519	4.54	-0.10	24.811 (0.047)
661	16 23 09.45	-00 42 29.0	8.19	0.02	0.57	0.02	5,990	4.42	-0.13	15.628 (0.055)
662	16 27 01.40	+38 50 35.4	8.12	-0.02	0.35	0.00	7,061	4.22	-0.01	8.971 (0.031)
663	16 28 35.95	+03 15 10.6	8.82	0.39	0.77	0.01	5,410	4.49	0.08	20.226 (0.057)
664	16 30 28.46	+04 10 41.6	7.28	-0.07	0.54	0.01	5,920	4.15	-0.68	23.382 (0.043)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
665	16 30 41.18	+18 38 02.8	7.93	-0.07	0.41	0.01	6,637	4.15	-0.18	12.947 (0.038)
666	16 31 17.58	+79 47 23.2	7.03	0.08	0.61	0.00	5,900	4.46	-0.08	35.345 (0.028)
667	16 31 37.07	+12 25 17.6	8.52	0.33	0.72	0.01	5,627	4.47	0.18	20.830 (0.034)
668	16 33 21.19	+25 41 22.9	8.34	-0.07	0.56	0.01	5,877	4.36	-0.70	19.914 (0.034)
669	16 34 40.68	-40 20 51.4	9.24	0.04	0.59	0.07	5,899	4.48	-0.23	11.372 (0.061)
670	16 35 20.14	-09 40 20.4	8.71	0.09	0.62	0.06	6,259	4.29	0.03	13.144 (0.045)
671	16 35 57.49	-00 24 41.5	8.21	0.06	0.56	0.02	6,046	4.35	0.01	16.714 (0.055)
672	16 36 26.00	+30 56 30.1	7.11	-0.01	0.54	0.00	6,060	4.27	-0.31	25.927 (0.026)
673	16 38 17.39	-02 26 31.8	8.49	0.03	0.61	0.04	5,775	4.18	-0.37	16.144 (0.045)
674	16 39 04.14	-58 15 29.5	7.02	0.03	0.62	0.01	5,746	4.62	-0.44	43.169 (0.055)
675	16 39 05.93	+24 41 46.3	7.85	-0.03	0.41	0.02	6,527	4.14	0.01	11.765 (0.034)
676	16 42 27.81	+49 56 11.2	6.48	0.02	0.54	0.00	6,110	4.31	-0.09	34.089 (0.023)
677	16 43 06.29	+77 30 50.3	5.98	-0.05	0.42	0.01	6,573	4.17	-0.17	27.742 (0.046)
678	16 44 21.12	+54 54 59.9	8.08	0.11	0.64	0.00	5,711	4.28	-0.10	19.844 (0.035)
679	16 51 46.46	+25 24 00.6	7.11	-0.04	0.33	0.01	6,925	4.23	-0.02	14.840 (0.025)
680	16 56 24.16	+68 01 30.6	8.69	0.08	0.65	0.01	5,791	4.53	-0.30	18.985 (0.031)
681	16 58 41.56	-14 52 10.8	6.59	0.01	0.40	0.07	6,893	4.15	0.00	19.778 (0.067)
682	16 59 54.80	-59 19 46.8	7.12	-0.02	0.47	0.01	6,376	4.26	-0.15	19.415 (0.039)
683	17 00 31.64	-57 17 49.6	7.01	-0.02	0.57	0.01	5,865	4.41	-0.49	32.100 (0.040)
684	17 00 46.29	-64 33 01.2	8.01	-0.10	0.45	0.02	6,475	4.23	-0.62	14.446 (0.039)
685	17 08 21.32	+28 14 01.4	7.07	0.01	0.41	0.03	6,724	4.03	0.05	12.945 (0.027)
686	17 13 30.38	+55 28 30.7	7.61	-0.01	0.42	0.01	6,669	4.21	0.05	13.117 (0.025)
687	17 14 20.05	+14 33 09.2	7.43	-0.05	0.45	0.02	6,465	4.33	-0.15	18.370 (0.034)
688	17 14 43.82	+58 23 02.6	7.90	-0.04	0.39	0.01	6,879	4.29	-0.21	12.193 (0.027)
689	17 16 21.60	-35 45 01.1	6.11	-0.02	0.48	0.01	6,394	4.24	-0.12	31.736 (0.054)
690	17 20 11.62	+09 27 39.4	7.98	0.06	0.59	0.01	6,132	4.42	-0.06	19.266 (0.041)
691	17 20 33.75	+48 11 19.6	6.41	-0.10	0.41	0.00	6,421	4.13	-0.47	26.052 (0.025)
692	17 22 12.65	-75 20 53.3	7.00	-0.01	0.60	0.01	5,817	4.37	-0.60	36.254 (0.030)
693	17 22 27.65	+24 52 45.9	6.87	-0.06	0.50	0.01	6,064	4.32	-0.39	33.489 (0.024)
694	17 22 51.29	-02 23 17.4	6.28	0.23	0.68	0.02	5,719	4.43	0.10	50.859 (0.054)
695	17 24 26.05	+50 25 30.5	7.63	0.00	0.4	0.01	6,836	4.08	-0.09	11.172 (0.024)
696	17 25 00.10	+67 18 24.2	6.43	0.29	0.76	0.00	5,329	4.59	-0.42	78.165 (0.027)
697	17 26 22.46	-48 36 53.6	7.04	0.01	0.48	0.01	6,394	4.27	0.02	21.707 (0.049)
698	17 27 35.03	+27 01 32.3	8.70	0.240	0.73	0.01	5,541	4.41	-0.04	20.348 (0.034)
699	17 32 00.99	+34 16 16.1	6.54	0.16	0.64	0.00	5,788	4.39	0.11	41.282 (0.018)
700	17 33 58.63	+28 54 33.7	8.06	-0.06	0.44	0.01	6,470	4.30	-0.09	13.850 (0.034)
701	17 34 43.08	+06 00 51.8	8.39	-0.06	0.57	0.01	5,805	4.36	-0.71	17.824 (0.073)
702	17 37 20.89	+35 47 56.8	7.57	0.11	0.54	0.01	6,059	4.13	0.30	15.302 (0.129)
703	17 38 15.61	+18 33 25.5	9.78	-0.10	0.48	0.02	5,994	4.12	-0.92	7.660 (0.032)
704	17 39 00.66	-28 24 45.2	7.69	-0.06	0.44	0.02	6,339	4.10	-0.20	13.624 (0.083)
705	17 41 58.10	+72 09 24.8	5.79	0.02	0.54	0.00	6,196	4.19	-0.10	43.988 (0.050)
706	17 47 19.09	+78 23 28.8	8.58	0.13	0.66	0.01	5,812	4.44	-0.19	18.012 (0.023)
707	17 47 57.55	-34 01 08.0	7.18	0.30	0.72	0.01	5,576	4.40	0.17	37.242 (0.066)
708	17 51 14.02	+40 04 20.9	6.57	0.03	0.52	0.00	6,123	4.26	0.10	29.972 (0.024)
709	17 53 14.19	+06 06 05.1	5.76	-0.03	0.42	0.01	6,628	4.23	0.05	32.466 (0.178)
710	18 00 29.01	-03 41 25.0	4.62	-0.01	0.38	0.04	6,774	4.08	-0.08	43.727 (0.348)
711	18 00 38.89	+29 34 18.9	7.07	0.13	0.64	0.00	5,728	4.42	-0.09	35.364 (0.026)
712	18 02 30.86	+26 18 46.8	7.02	0.47	0.80	0.01	5,372	4.35	0.11	45.422 (0.031)
713	18 03 53.40	+30 22 38.0	6.78	0.010	0.51	0.01	6,289	4.15	0.03	20.787 (0.029)
714	18 04 52.43	+33 16 20.3	7.70	0.10	0.60	0.01	5,917	4.32	0.12	20.649 (0.025)
715	18 06 23.72	-36 01 11.2	5.94	0.07	0.62	0.00	5,932	4.45	-0.19	58.126 (0.115)
716	18 09 21.38	+29 57 06.2	6.85	0.09	0.62	0.00	5,827	4.47	-0.06	40.951 (0.024)
717	18 09 27.50	-45 56 18.2	7.35	0.03	0.50	0.01	6,539	4.31	0.08	18.562 (0.049)
718	18 12 34.05	-73 40 20.7	5.85	0.05	0.46	0.01	6,642	4.07	0.26	23.786 (0.068)
719	18 13 07.23	+41 28 31.3	7.41	0.17	0.65	0.01	5,894	4.45	-0.06	28.800 (0.024)
720	18 13 53.83	+64 23 50.2	5.02	-0.06	0.41	0.00	6,522	4.07	-0.31	43.767 (0.142)
721	18 15 20.01	+50 58 16.5	7.66	0.02	0.53	0.01	6,109	4.24	-0.05	18.559 (0.027)
722	18 15 32.46	+45 12 33.5	6.30	0.12	0.64	0.00	5,791	4.33	0.06	42.884 (0.022)
723	18 16 25.68	-59 24 11.2	8.26	-0.21	0.45	0.02	6,229	4.18	-1.57	16.725 (0.076)
724	18 17 23.76	-28 17 20.2	6.39	0.00	0.52	0.01	6,080	4.21	-0.21	32.015 (0.059)
725	18 19 08.24	+71 31 04.3	6.67	-0.01	0.42	0.01	6,611	4.14	0.03	18.871 (0.023)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
726	18 20 49.25	+27 31 49.3	7.05	0.10	0.61	0.01	5,805	4.41	-0.09	34.439 (0.030)
727	18 24 33.14	-49 39 10.4	6.46	0.05	0.58	0.01	5,988	4.28	-0.08	36.651 (0.036)
728	18 28 19.30	+55 40 26.6	7.78	-0.04	0.36	0.01	6,838	4.26	-0.15	12.360 (0.025)
729	18 29 03.93	+43 56 21.4	7.52	0.09	0.59	0.00	5,932	4.46	0.01	27.144 (0.029)
730	18 31 30.06	+45 00 35.1	8.03	-0.01	0.52	0.01	5,897	4.16	-0.26	16.307 (0.032)
731	18 32 10.46	+13 44 11.6	7.20	0.16	0.68	0.01	5,637	4.48	-0.03	38.233 (0.039)
732	18 33 00.92	-39 53 31.3	6.25	-0.06	0.42	0.01	6,694	4.27	-0.04	26.987 (0.042)
733	18 34 30.69	+34 24 56.3	7.57	-0.07	0.50	0.01	6,122	4.26	-0.48	20.272 (0.031)
734	18 37 12.84	-25 40 16.6	7.44	0.19	0.69	0.02	5,725	4.46	-0.10	33.107 (0.048)
735	18 44 40.30	+23 35 23.6	6.35	-0.02	0.40	0.01	6,639	4.16	0.03	21.188 (0.033)
736	18 48 16.40	+23 30 53.1	6.09	0.02	0.51	0.01	6,376	4.23	-0.05	33.824 (0.050)
737	18 48 36.28	+45 15 42.3	6.91	-0.03	0.34	0.01	6,946	4.24	-0.15	16.292 (0.024)
738	18 51 25.18	+38 37 35.7	7.16	-0.05	0.54	0.00	5,934	4.41	-0.56	33.067 (0.026)
739	18 54 23.20	-04 36 18.6	9.07	-0.02	0.58	0.03	5,846	4.44	-0.56	13.594 (0.053)
740	18 55 31.01	-16 22 35.9	5.56	-0.01	0.43	0.01	6,626	4.14	0.06	31.908 (0.112)
741	18 58 51.00	+30 10 50.3	6.79	0.00	0.58	0.01	5,855	4.48	-0.30	41.722 (0.026)
742	19 04 09.76	+17 33 21.9	6.95	-0.04	0.44	0.02	6,374	4.22	-0.14	21.569 (0.052)
743	19 05 18.57	-01 30 43.9	6.52	-0.07	0.35	0.02	6,882	4.29	-0.23	21.083 (0.058)
744	19 06 52.46	-37 48 38.4	6.16	0.28	0.71	0.02	5,651	4.45	0.08	59.080 (0.067)
745	19 11 30.98	+26 44 09.1	6.36	-0.03	0.40	0.01	6,646	4.18	0.02	23.214 (0.033)
746	19 12 04.68	+49 51 14.0	6.75	0.17	0.64	0.00	5,771	4.38	0.02	39.604 (0.021)
747	19 12 05.03	+49 51 20.7	6.75	0.17	0.64	0.00	5,807	4.33	0.06	39.604 (0.021)
748	19 14 01.46	+59 33 06.6	7.97	0.06	0.61	0.01	5,884	4.43	-0.19	22.161 (0.026)
749	19 15 33.23	-24 10 45.7	6.25	0.07	0.54	0.01	6,173	4.34	0.20	36.392 (0.076)
750	19 17 53.70	+25 22 11.0	8.34	0.19	0.68	0.01	5,598	4.39	-0.08	22.522 (0.035)
751	19 23 24.69	+20 34 07.6	7.96	0.02	0.57	0.03	5,905	4.36	-0.19	21.899 (0.034)
752	19 28 41.78	+34 36 40.1	8.19	-0.06	0.54	0.01	6,073	4.27	-0.35	14.389 (0.030)
753	19 30 52.72	-06 30 51.9	7.28	0.17	0.64	0.02	5,824	4.46	0.06	29.960 (0.047)
754	19 32 02.53	+50 10 53.6	8.06	0.08	0.63	0.01	5,705	4.27	-0.17	19.380 (0.027)
755	19 32 21.59	+69 39 40.2	4.68	0.39	0.79	0.00	5,338	4.57	-0.21	173.240 (0.207)
756	19 32 40.33	-28 01 11.3	7.16	0.12	0.67	0.01	5,672	4.42	-0.22	35.920 (0.054)
757	19 33 25.55	+21 50 25.2	6.89	0.26	0.71	0.01	5,538	4.51	0.04	47.852 (0.036)
758	19 34 19.79	+51 14 11.8	5.73	-0.01	0.47	0.00	6,290	4.23	-0.02	39.452 (0.059)
759	19 34 51.88	+57 46 21.5	8.16	-0.04	0.44	0.01	6,510	4.25	-0.12	12.275 (0.029)
760	19 35 25.13	+02 54 49.0	6.37	-0.04	0.41	0.01	6,755	4.28	-0.11	23.979 (0.038)
761	19 35 55.59	+56 59 02.1	6.74	0.08	0.61	0.01	5,806	4.45	-0.06	41.660 (0.021)
762	19 37 47.32	-04 38 51.5	5.45	0.01	0.43	0.02	6,749	4.14	0.17	31.167 (0.142)
763	19 41 51.97	+50 31 03.1	6.22	0.19	0.66	0.00	5,753	4.34	0.11	47.275 (0.024)
764	19 48 00.88	+27 52 10.3	6.88	0.13	0.65	0.01	5,798	4.42	-0.08	39.086 (0.033)
765	19 49 12.18	+57 24 33.6	7.76	0.06	0.59	0.01	6,055	4.38	0.00	21.480 (0.033)
766	19 49 26.85	+28 36 36.7	8.00	-0.10	0.52	0.02	6,106	4.48	-0.54	21.054 (0.035)
767	19 51 01.64	+10 24 56.6	5.12	0.08	0.55	0.01	6,173	4.20	0.16	51.191 (0.163)
768	19 55 09.68	+10 44 27.4	8.83	-0.12	0.59	0.01	5,600	4.43	-1.49	26.280 (0.047)
769	19 57 19.78	+24 05 17.4	7.21	0.08	0.60	0.03	5,970	4.16	0.06	23.236 (0.032)
770	19 58 21.15	+28 36 39.3	7.85	-0.03	0.44	0.01	6,557	4.16	-0.26	12.480 (0.036)
771	19 58 58.54	-46 05 17.0	7.47	-0.09	0.48	0.01	6,230	4.21	-0.58	19.416 (0.056)
772	20 00 20.25	-33 42 12.4	5.66	-0.04	0.49	0.01	6,322	4.35	-0.25	45.389 (0.089)
773	20 03 37.40	+29 53 48.5	5.74	0.36	0.73	0.00	5,621	4.45	0.23	62.444 (0.062)
774	20 04 06.22	+17 04 12.7	5.79	0.11	0.60	0.01	5,946	4.40	0.04	56.426 (0.069)
775	20 05 09.78	+38 28 42.6	6.15	0.18	0.64	0.01	5,782	4.44	0.06	52.586 (0.026)
776	20 05 21.49	+56 20 29.0	6.20	0.03	0.42	0.03	6,641	4.02	0.02	19.418 (0.049)
777	20 05 32.77	-67 19 15.2	6.08	0.09	0.65	0.00	5,765	4.41	-0.24	55.820 (0.038)
778	20 07 36.92	-41 01 09.6	8.84	0.10	0.64	0.01	5,710	4.48	-0.36	15.442 (0.047)
779	20 17 31.33	+66 51 13.3	5.94	0.05	0.58	0.02	6,002	4.47	-0.16	57.256 (0.037)
780	20 18 42.55	-51 30 20.1	7.68	-0.02	0.42	0.01	6,801	4.31	0.00	12.957 (0.036)
781	20 19 17.85	-47 34 49.0	6.12	-0.01	0.46	0.01	6,484	4.32	0.02	31.752 (0.079)
782	20 22 52.37	+14 33 03.9	6.16	-0.01	0.51	0.01	6,301	4.36	-0.17	38.484 (0.032)
783	20 23 35.85	-21 22 14.2	8.65	-0.13	0.54	0.01	5,676	4.41	-1.07	20.807 (0.058)
784	20 26 11.92	+09 27 00.4	8.34	-0.17	0.48	0.01	5,875	4.20	-1.23	18.479 (0.048)
785	20 27 44.24	-30 52 04.2	6.61	0.28	0.73	0.01	5,589	4.48	-0.01	51.790 (0.049)
786	20 34 11.70	-13 43 15.9	6.14	0.050	0.54	0.00	6,218	4.17	0.03	29.708 (0.048)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
787	20 35 18.02	-49 45 13.9	9.21	0.16	0.69	0.01	5,547	4.68	-0.42	18.151 (0.036)
788	20 37 32.71	+31 31 18.9	6.49	-0.03	0.34	0.03	6,833	4.18	-0.16	19.971 (0.032)
789	20 37 52.23	-25 06 33.2	6.37	-0.02	0.32	0.01	6,981	4.22	-0.22	20.726 (0.055)
790	20 38 25.55	-66 32 19.4	8.34	0.12	0.63	0.01	5,757	4.21	-0.02	17.863 (0.082)
791	20 39 02.64	-28 25 31.5	7.96	-0.01	0.53	0.01	6,125	4.35	-0.21	17.570 (0.059)
792	20 40 11.75	-23 46 25.9	6.36	0.22	0.72	0.00	5,487	4.56	-0.27	68.135 (0.068)
793	20 40 22.33	-24 07 04.9	7.22	0.14	0.60	0.01	5,933	4.12	0.13	23.980 (0.050)
794	20 40 45.14	+19 56 07.9	6.44	0.07	0.61	0.00	5,819	4.45	-0.13	47.850 (0.036)
795	20 46 05.73	-25 16 15.2	4.14	-0.03	0.42	0.00	6,638	4.22	-0.01	70.201 (0.394)
796	20 47 34.40	-14 25 33.7	10.96	-0.24	0.50	0.02	5,777	4.12	-2.18	7.883 (0.036)
797	20 47 38.40	+16 14 18.4	7.59	-0.07	0.48	0.01	6,208	4.21	-0.49	18.154 (0.047)
798	20 49 15.19	-20 37 50.8	8.13	0.08	0.59	0.02	5,948	4.30	-0.04	17.479 (0.055)
799	20 49 37.77	+12 32 42.5	6.02	-0.06	0.42	0.01	6,440	4.22	-0.29	32.921 (0.053)
800	20 49 46.46	+25 46 15.4	7.70	0.10	0.58	0.01	6,093	4.30	0.17	19.903 (0.060)
801	20 57 40.07	-44 07 45.7	6.52	-0.04	0.58	0.00	5,843	4.53	-0.61	46.318 (0.052)
802	20 58 08.52	-48 12 13.5	8.29	-0.13	0.52	0.01	5,975	4.31	-1.04	19.826 (0.052)
803	20 59 50.85	+16 49 27.6	6.62	-0.05	0.38	0.01	6,781	4.23	-0.12	21.336 (0.048)
804	21 00 21.48	-51 15 55.1	5.77	-0.07	0.48	0.00	6,355	4.17	-0.36	36.634 (0.109)
805	21 00 33.84	-04 43 48.9	6.20	0.21	0.63	0.01	5,964	4.24	0.23	36.854 (0.057)
806	21 01 38.75	+47 30 06.9	7.96	0.07	0.53	0.02	6,292	4.25	0.16	14.014 (0.046)
807	21 03 29.51	-01 34 46.8	6.94	-0.04	0.42	0.01	6,683	4.31	-0.13	20.598 (0.078)
808	21 08 01.05	+09 21 45.2	7.37	0.04	0.41	0.03	6,807	4.10	0.01	11.981 (0.046)
809	21 08 17.16	+43 44 51.7	7.81	0.08	0.53	0.02	6,201	4.20	0.09	13.941 (0.032)
810	21 09 10.67	+30 22 35.2	8.00	-0.03	0.51	0.02	6,099	4.14	-0.18	14.291 (0.046)
811	21 09 43.08	+46 09 31.2	7.62	0.04	0.51	0.01	6,314	4.16	0.03	14.703 (0.036)
812	21 09 45.89	+19 12 38.7	6.96	-0.02	0.48	0.01	6,320	4.25	-0.08	22.708 (0.043)
813	21 11 59.03	+17 43 39.9	7.37	-0.13	0.52	0.01	5,957	4.31	-0.97	29.788 (0.033)
814	21 12 13.71	-40 16 09.7	5.82	-0.01	0.44	0.01	6,637	4.24	0.09	31.424 (0.064)
815	21 18 27.27	-43 20 04.7	6.75	0.11	0.64	0.01	5,883	4.47	-0.10	41.962 (0.045)
816	21 18 30.08	-12 15 54.9	7.95	0.04	0.52	0.01	6,221	4.27	0.06	14.090 (0.053)
817	21 19 48.98	+27 30 16.6	8.35	0.01	0.51	0.02	6,297	4.34	-0.01	13.228 (0.032)
818	21 27 06.61	+16 07 26.9	6.72	0.00	0.50	0.01	6,195	4.34	-0.11	30.195 (0.043)
819	21 32 28.54	+01 00 44.3	8.33	0.04	0.60	0.01	5,752	4.31	-0.35	16.916 (0.045)
820	21 34 50.97	-49 47 35.0	8.14	-0.01	0.62	0.00	5,745	4.44	-0.67	23.494 (0.098)
821	21 34 51.05	-20 05 03.4	5.71	-0.06	0.40	0.01	6,666	4.30	-0.18	36.163 (0.209)
822	21 37 26.03	-27 38 06.7	9.04	-0.15	0.54	0.01	5,698	4.32	-1.17	16.647 (0.087)
823	21 39 10.15	-27 18 23.7	6.74	0.14	0.62	0.00	5,991	4.49	0.09	38.019 (0.059)
824	21 41 06.20	+26 45 02.4	7.46	0.19	0.70	0.01	5,588	4.51	-0.14	36.690 (0.038)
825	21 44 00.38	-57 16 59.0	6.86	-0.03	0.46	0.01	6,331	4.19	-0.26	22.536 (0.033)
826	21 48 19.29	+19 58 30.6	9.95	-0.06	0.61	0.03	6,020	4.92	-0.78	12.036 (0.036)
827	21 51 24.61	-23 16 14.2	6.87	-0.04	0.48	0.01	6,355	4.20	-0.24	24.791 (0.079)
828	21 52 29.92	+28 47 36.8	5.53	-0.08	0.41	0.01	6,578	4.22	-0.47	36.863 (0.097)
829	21 53 17.77	-13 33 06.4	5.11	-0.05	0.36	0.01	6,806	4.16	-0.07	36.954 (0.175)
830	21 54 45.20	-73 26 18.5	7.42	0.25	0.69	0.01	5,665	4.24	0.06	26.024 (0.028)
831	21 58 12.79	+82 52 10.8	6.98	-0.02	0.52	0.02	5,899	4.53	-0.29	24.866 (0.163)
832	21 58 24.33	-12 39 52.8	7.21	0.12	0.63	0.01	5,799	4.20	-0.08	29.052 (0.071)
833	21 58 29.02	-44 45 21.0	8.28	-0.04	0.39	0.01	6,758	4.32	-0.08	9.672 (0.048)
834	21 58 40.83	+29 48 45.5	6.95	-0.10	0.51	0.01	5,965	4.20	-0.74	34.002 (0.042)
835	21 59 17.57	-22 52 18.6	7.37	0.00	0.42	0.01	6,563	4.15	-0.08	14.693 (0.044)
836	22 01 31.01	-36 03 30.2	8.87	-0.05	0.38	0.01	6,768	4.23	-0.31	6.611 (0.068)
837	22 01 36.52	-53 05 36.9	7.12	0.02	0.57	0.00	5,990	4.47	-0.29	27.481 (0.028)
838	22 02 32.96	-32 08 01.5	6.66	-0.04	0.50	0.00	6,280	4.42	-0.16	31.824 (0.080)
839	22 05 06.80	+39 28 57.8	7.68	-0.03	0.37	0.03	6,802	4.16	-0.13	12.022 (0.034)
840	22 05 54.05	+27 58 01.3	7.82	-0.01	0.53	0.01	6,068	4.25	-0.23	17.935 (0.040)
841	22 09 29.87	-07 32 55.2	6.59	0.36	0.75	0.01	5,533	4.36	0.20	46.923 (0.048)
842	22 09 34.61	-41 13 29.6	7.82	0.21	0.66	0.00	5,803	4.50	0.13	23.666 (0.044)
843	22 10 26.16	+18 47 49.6	7.59	0.06	0.58	0.01	5,921	4.32	-0.06	19.692 (0.057)
844	22 14 38.65	-41 22 54.0	6.23	0.13	0.65	0.00	5,797	4.45	-0.07	45.350 (0.370)
845	22 16 56.27	-14 39 25.1	7.13	-0.01	0.47	0.01	6,457	4.37	-0.19	21.889 (0.066)
846	22 17 15.14	+12 53 54.6	7.03	0.07	0.60	0.01	5,853	4.36	-0.17	32.690 (0.052)
847	22 20 34.85	+54 50 30.6	7.42	-0.04	0.49	0.01	6,300	4.34	-0.23	20.185 (0.034)

EK 1 (Devam)

Sıra	α (hh:mm:ss)	δ (dd:mm:ss)	V (kadir)	$U-B$ (kadir)	$B-V$ (kadir)	$E(B-V)$ (kadir)	T_{eff} (K)	$\log g$ (cm/sn ²)	[Fe/H] (dex)	π (mas)
848	22 20 55.80	+08 11 12.3	6.18	-0.05	0.45	0.01	6,577	4.35	-0.09	31.837 (0.064)
849	22 23 49.09	+24 23 33.1	10.64	-0.02	0.57	0.03	5,791	4.14	-0.53	5.093 (0.038)
850	22 25 51.15	-75 00 56.5	6.03	0.13	0.64	0.01	5,952	4.29	0.02	42.724 (0.029)
851	22 33 30.69	-35 26 40.4	7.79	0.28	0.72	0.00	5,587	4.55	0.04	29.804 (0.051)
852	22 34 41.64	-20 42 29.6	5.22	-0.01	0.44	0.00	6,605	4.27	0.08	43.582 (0.144)
853	22 36 07.70	-54 36 38.2	7.58	0.10	0.67	0.00	5,596	4.42	-0.42	31.584 (0.046)
854	22 40 51.30	-45 12 15.0	8.12	-0.05	0.48	0.00	6,330	4.13	-0.24	12.213 (0.065)
855	22 40 54.71	+66 31 24.4	7.42	0.06	0.64	0.03	5,703	4.48	-0.39	32.946 (0.028)
856	22 43 40.47	+30 05 33.0	8.03	0.20	0.67	0.01	5,814	4.41	0.12	22.556 (0.045)
857	22 43 42.70	+10 56 21.6	6.45	-0.02	0.46	0.01	6,380	4.16	-0.03	24.303 (0.105)
858	22 43 50.72	+03 53 12.6	7.42	-0.10	0.51	0.01	5,947	4.20	-0.70	22.969 (0.066)
859	22 45 03.63	+58 08 49.4	6.47	-0.05	0.42	0.00	6,492	4.30	-0.22	28.286 (0.037)
860	22 54 07.41	+19 53 31.4	6.97	0.00	0.50	0.01	6,184	4.25	0.03	23.777 (0.036)
861	22 54 11.37	+28 00 59.4	7.68	0.01	0.50	0.02	6,317	4.43	0.02	14.626 (0.068)
862	22 55 02.65	+37 04 36.6	5.85	-0.04	0.37	0.01	6,860	4.11	-0.08	23.363 (0.058)
863	22 55 27.61	+52 37 19.2	7.89	-0.02	0.39	0.03	6,798	4.19	-0.10	9.940 (0.052)
864	23 01 33.17	+19 16 10.7	8.67	0.09	0.61	0.02	5,757	4.29	-0.14	15.271 (0.037)
865	23 03 57.27	-04 47 41.5	6.68	0.05	0.58	0.01	6,033	4.37	-0.08	32.801 (0.061)
866	23 05 39.88	-47 52 24.3	8.65	0.29	0.71	0.00	5,569	4.28	0.06	16.030 (0.067)
867	23 06 18.14	+18 31 04.0	6.16	0.04	0.44	0.02	6,490	4.08	0.16	23.823 (0.054)
868	23 06 31.89	+19 54 39.1	6.45	0.02	0.54	0.01	6,189	4.39	0.04	34.021 (0.037)
869	23 09 58.87	+47 57 33.8	7.17	0.15	0.65	0.01	5,426	4.66	0.04	32.963 (0.034)
870	23 10 27.24	+43 32 38.4	5.95	-0.05	0.44	0.02	6,261	4.05	-0.23	34.101 (0.165)
871	23 10 43.49	+18 54 32.6	8.56	0.06	0.60	0.04	5,935	4.40	-0.05	15.498 (0.068)
872	23 10 50.08	+45 30 44.2	7.00	0.40	0.75	0.01	5,509	4.41	0.26	42.449 (0.032)
873	23 13 48.23	+15 22 03.5	7.37	0.07	0.54	0.01	6,185	4.37	0.10	21.689 (0.047)
874	23 14 07.48	-08 55 27.6	7.58	-0.02	0.54	0.01	6,035	4.43	-0.39	24.557 (0.054)
875	23 15 13.38	+52 21 07.0	8.25	0.13	0.60	0.01	6,200	4.39	0.11	17.305 (0.039)
876	23 15 57.89	+24 46 15.4	6.60	-0.05	0.40	0.02	6,677	4.24	-0.16	22.312 (0.042)
877	23 16 31.99	+55 11 27.0	8.11	-0.08	0.39	0.03	6,637	4.23	-0.36	10.938 (0.041)
878	23 16 42.30	+53 12 48.5	5.58	0.01	0.52	0.01	6,155	4.17	-0.04	48.661 (0.091)
879	23 20 37.45	-75 37 58.1	7.27	-0.03	0.46	0.01	6,700	4.28	-0.14	16.878 (0.030)
880	23 31 31.50	-04 05 14.7	6.49	-0.01	0.54	0.01	6,137	4.39	-0.23	38.514 (0.116)
881	23 35 23.14	+02 13 31.2	8.40	0.19	0.72	0.01	5,347	4.44	-0.37	27.200 (0.051)
882	23 35 42.54	+20 34 50.3	9.10	-0.04	0.56	0.02	6,043	4.40	-0.44	10.689 (0.044)
883	23 40 40.63	+36 43 14.8	6.25	-0.01	0.40	0.01	6,761	4.17	-0.02	22.591 (0.049)
884	23 43 34.92	-07 55 24.0	10.1	0.05	0.69	0.01	5,334	4.27	-0.67	11.729 (0.050)
885	23 47 50.91	-05 14 39.1	8.37	0.07	0.61	0.01	5,835	4.19	-0.10	16.462 (0.050)
886	23 47 52.41	+04 10 31.7	7.72	0.12	0.62	0.01	5,889	4.30	0.09	22.315 (0.056)
887	23 48 36.93	-15 12 38.3	8.79	0.36	0.75	0.01	5,653	4.59	0.34	16.723 (0.086)
888	23 50 05.75	+02 52 37.8	8.33	0.37	0.74	0.01	5,540	4.35	0.20	21.327 (0.059)
889	23 51 21.63	-42 22 19.2	7.54	-0.02	0.46	0.01	6,475	4.22	-0.07	14.756 (0.044)
890	23 54 38.62	-40 18 00.2	6.02	0.11	0.57	0.00	6,236	4.46	0.21	35.262 (0.078)
891	23 55 32.42	+03 30 05.2	7.70	0.35	0.75	0.01	5,473	4.48	0.01	32.592 (0.060)
892	23 57 33.52	-09 38 51.1	7.86	0.15	0.64	0.01	5,833	4.39	0.02	19.467 (0.064)
893	23 58 06.81	+50 26 51.6	6.64	0.19	0.67	0.01	5,726	4.39	0.07	41.696 (0.054)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mürvet ÇELEBİ
Doğum Yeri	Ayancık
Doğum Tarihi	06.10.1993
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	(538) 292 90 57
E-Posta Adresi	murvet.celebi@gmail.com
Web Adresi	-



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı
Mezuniyet Yılı	17.06.2015

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

Makale ve Bildiriler	
<p>Uluslararası Yayınlar</p> <p>Bostancı, Z. F., Yontan, T., Bilir, S., Ak, T., Güver, T., Ak, S., Paunzen, E., Başaran, Ç. S., Vurgun, E., Akti, B. A., Çelebi, M., Ürgüp, H., 2018, "CCD UBV Photometric Study of Five Open Clusters-Dolidze 36, NGC 6728, NGC 6800, NGC 7209, and Platais 1", 363, article id. 143, 15 pp.</p>	