



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN GÜNCEL
YÖNTEMLERLE TAYİNİ**

Esmâ YAZ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Prof. Dr. H. Gökmen TEKTUNALI

Şubat, 2009

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN GÜNCEL
YÖNTEMLERLE TAYİNİ**

Esmâ YAZ

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Prof. Dr. H. Gökmen TEKTUNALI

Şubat, 2009

İSTANBUL

Bu alışma 09/02/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. H.Gökmen TEKTUNALI (Danışman)
İstanbul Üniversitesi

Prof.Dr. H. Hüseyin MENTEŐE
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Latif TOPAKTAŞ
İstanbul Kültür Üniversitesi

Prof. Dr. Dursun KOÇER
İstanbul Kültür Üniversitesi

Doç. Dr. Yüksel KARATAŞ
İstanbul Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doktora tezimin literatüre önemli katkısının olacağını umuyorum.

Tez çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübesinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Salih KARAALÍ'ye en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bir danışman gibi doktora tezim ile ilgilenen Doç. Dr. Selçuk BİLİR'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Tartışma ve katkılarından dolayı Dr. Antonia CABRERA-LAVERS'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamda ihtiyaç duyduğum yazılımları sağlayan Hikmet ÇAKMAK'a teşekkür ederim.

Desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Serap GÜNGÖR AK'a teşekkür ederim.

Doktora çalışmamın son iki yılında beni destekleyen TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU'na teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri için aileme çok teşekkür ederim. Ayrıca, beni destekleyen arkadaşlarım ve tez çalışmasını yapmama olanak sağlayan İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ'ne teşekkür ederim.

Şubat, 2009

Esmâ YAZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	5
2.1. GALAKSİMİZ VE BİLEŞENLERİ.....	5
2.2. GÖKYÜZÜ TARAMALARI VE SDSS FOTOMETRİSİ	11
2.3. GALAKSİ MODELLERİ	15
3. MALZEME VE YÖNTEM	19
3.1. FOTOMETRİK VERİLER	19
3.2. YILDIZ ÖRNEĞİNİN OLUŞTURULMASI	20
3.2.1. Kızarmadan Arındırma	20
3.2.2. Yıldızsızlık İndeksi, İki Renk Diyagramları ve Limit Kadirler	22
3.2.3. Dev Yıldızların Ayırımı	28
3.3. MUTLAK KADİR VE UZAKLIK TAYİNİ	29
3.3.1. Mutlak Kadir Tayini	29
3.3.1. Uzaklık Tayini	31
3.4. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN TAYİNİ	31
3.4.1. Yoğunluk Kanunları	31
3.4.2. Gözlemsel Yoğunluklar	32
3.4.3. Galaksi Model Parametrelerinin Hesabı ve Dejenerasyonluk	33
3.5. METAL BOLLUĞU TAYİNİ	37

4. BULGULAR	39
4.1. YILDIZ ALANLARININ YÜZEY YOĞUNLUKLARI	39
4.2. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİ.....	40
4.2.1. Galaksi Model Parametrelerinin Tayini	40
4.2.2. Galaksi Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi	43
4.3. G TAYF TÜRÜNDEKİ YILDIZLARIN METAL BOLLUKLARI	47
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	54
5.1. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN GALAKTİK BOYLAM İLE DEĞİŞİMİ	54
5.1.1. İnce Disk Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Alevlenme Modeli	57
5.1.2. Kalın Disk Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Alevlenme Modeli ve Galaktik Uzun Çubuk.....	59
5.1.3. Halo Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Üç Eksenli Yapı ve Cüce Galaksi Birleşmeleri	60
5.2. GALAKSİDEKİ METAL BOLLUĞU GRADYENTİ	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Galaksimizin tepeden yeni görünüşü	7
Şekil 2.2	: İç ve dış halonun dönme hızları ve yönü	10
Şekil 2.3	: Apache Point Gözlemevi'ndeki 2.5 m'lik teleskop ve teleskobun aynasının şematik görüntüsü	13
Şekil 2.4	: 2.5 m'lik teleskop alıcısının şematik görünüşü	14
Şekil 2.5	: UBVRI ve SDSS bandlarının duyarlılık fonksiyonları	15
Şekil 2.6	: Bir yıldızın Galaksideki şematik konumu	17
Şekil 3.1	: SDSS DR6'te yayınlanan taranmış yıldız alanları	20
Şekil 3.2	: Orta kuzey galaktik enlemler kuşağtaki eş-renk artışı eğrileri	21
Şekil 3.3	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki kaynakların $g_0/(g-r)_0$ renk-kadir diyagramı	22
Şekil 3.4	: SDSS'de farklı cisimlerin iki renk diyagramındaki yerleri	23
Şekil 3.5	: $(r-i)/(g-r)$ iki renk uzayındaki yıldızlar bandı	24
Şekil 3.6	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki kaynakların g_0 görünen kadirin bir fonksiyonu olarak $(r-i)/(g-r)_0$ iki renk diyagramları	25
Şekil 3.7	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki kaynakların $(r-i)/(g-r)_0$ iki renk diyagramları	26
Şekil 3.8	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki kaynak ve yıldızların $(r-i)/(g-r)_0$ iki renk diyagramları	26
Şekil 3.9	: 60° galaktik boylamlı alandaki yıldızların $g_0/(g-r)_0$ ve $(u-g)_0/(g-r)_0$ diyagramları	27
Şekil 3.10	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki kaynak ve yıldızların N/g_0 diyagramı	28
Şekil 3.11	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki dev ve cüce yıldızların $(r-i)/(g-r)_0$ diyagramı	29
Şekil 3.12	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki yıldız alanının $4 < Mg \leq 10$ mutlak kadir aralığı için gözlemsel yoğunluklar ile teorik yoğunlukların karşılaştırılması	34
Şekil 3.13	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanında farklı galaksi model parametreleri için χ^2 değeri	36
Şekil 3.14	: Galaksi model parametrelerinin dejenerasyonluk	38
Şekil 4.1	: Yüzey yoğunluklarının galaktik boylam ile değişimi	40
Şekil 4.2	: İnce disk yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi	43
Şekil 4.3	: İnce disk uzunluk ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi	44
Şekil 4.4	: Kalın disk yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi	45
Şekil 4.5	: Kalın disk uzunluk ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi	45
Şekil 4.6	: Kalın diskin normalleştirilmiş uzay yoğunluğunun galaktik boylam ile değişimi	46
Şekil 4.7	: Halonun basıklığının galaktik boylam ile değişimi	47
Şekil 4.8	: Halonun normalleştirilmiş uzay yoğunluğunun galaktik boylam ile değişimi	47
Şekil 4.9	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanındaki yıldızların belirli z^* uzaklıklar için $N/[M/H]$ diyagramları	50
Şekil 4.10	: Yıldızların z^* uzaklıklarındaki metal bolluklarının dağılımı	52
Şekil 4.11	: Galaksi düzlemine farklı dik uzaklıklar için hesaplanmış metal bolluğu değerlerinin değişimi	53
Şekil 5.1	: İnce disk yükseklik ölçeklerinin radyal uzaklık ile değişimi	59

Şekil 5.2	: Kalın disk yükseklik ölçeğinin radyal uzaklık ile değişimi	60
Şekil 5.3	:Yıldız alanlarına ait yüzey yoğunluklarının görünen kadirin bir fonksiyonu olarak galaktik boylam ile değişimi	61
Şekil 5.4	: Newberg ve diğ. (2006)'nin verdiği yıldız akıntı bölgeleri.....	63

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Galaksi'nin temel parametreleri.....	7
Tablo 2.2	: Farklı çalışmalara ait Galaksi model parametreleri	18
Tablo 3.1	: $\langle l \rangle = 60^\circ$ alanı için $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığındaki gözlemsel verileri.....	35
Tablo 3.2	: Model parametrelerinin değişim aralıkları.....	36
Tablo 4.1	: Yıldız alanlarından tayin edilen galaksi model parametreleri.....	42
Tablo 4.2	: Yıldız alanlarının farklı galaktik boylam ve z^* uzaklıklar hesaplanan metal bolluğu değerleri.....	51
Tablo 4.3	: $5 < M_g \leq 6$ mutlak kadir aralığındaki G tayf türü yıldızların farklı uzaklıklar için hesaplanan ortalama metal bolluk değerleri.....	52

SEMBOL LİSTESİ

l	: galaktik boylam
b	: galaktik enlem
n_i	: yerel uzay yoğunluğu
z	: kaynağın galaksi düzlemine olan dik uzaklığı
H_i	: yükseklik ölçeği
h_i	: uzunluk ölçeği
(c/a)	: Galaksimize ait eksen oranı
D	: uzay yoğunluğu
D*	: logaritmik gözlemsel uzay yoğunluğu
D*_{teo}	: logaritmik teorik uzay yoğunluğu
ΔV_{1,2}	: belli bir alanda iki uzaklık arasındaki hacim
A	: yıldız alanının büyüklüğü
r*	: yıldız alanının kütle merkezinin Güneş'e olan uzaklığı
R_☉	: Güneşin Galaksi merkezine olan uzaklığı
R	: yıldızın Galaksi merkezine olan uzaklığı
R_e	: Galaksimizin etkin yarıçapı
x	: kaynağın Galaksi merkezine olan uzaklığının Galaksi düzlemi üzerindeki izdüşümü
u,g,r,i,z	: SDSS bandları
E(B-V)	: renk artışı
A_v	: V bandında toplam absorpsiyon
[M/H]	: metal bolluğu

ÖZET

GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN GÜNCEL YÖNTEMLERLE TAYİNİ

Bu çalışmada, SDSS (Sloan Digital Sky Survey) gökyüzü taramasının ulaşılabilen fotometrik verileri kullanılarak Galaksimizin yapı ve evrimine dair önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Orta galaktik enlem kuşağındaki $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir ve $15 < g_0 < 22$ görünen kadir aralığındaki yıldızların fotometrik verileri kullanılarak galaksi model parametreleri tayin edilmiş ve bu parametrelerin galaktik boylam ile değiştiği görülmüştür. Çalışmada, bu değişimin nedenleri tartışılmıştır.

Galaksimizin uzun çubuğunun doğrultusunun yer aldığı I ve III. çeyreklerinde Galaksi model parametreleri birbirinden farklıdır. I. çeyreğinde ince diskin yükseklik ve uzunluk ölçekleri, kalın diskin yükseklik ve uzunluk ölçekleri, halonun basıklığı, sırası ile, 343 pc, 1.14 kpc, 926 pc, 3.75 kpc, 0.55 ortalama değerlerinde iken, III. çeyreğinde bu parametreler aynı sırada 361 pc, 1.50 kpc, 888 pc, 4.26 kpc, 0.58'dir. Kalın diskin normalleştirilmiş ortalama yerel uzay yoğunluğu %6.50 olup galaktik boylam ile değişmediği görülmüştür. Benzer durum halonun normalleştirilmiş uzay yoğunluğu için de geçerli olup ortalama değeri %0.35'tir. Bu buluş bir yenilik oluşturmuyor.

İnce ve kalın disk yükseklik ölçeklerinin radyal uzaklık ile değiştiği görülmüştür. İnce disk yükseklik ölçekleri Galaksi merkezinden itibaren radyal uzaklık ile artış gösterirken, kalın disk yükseklik ölçeklerindeki değişim bu durumun tam tersidir. İnce disk yükseklik ölçeğindeki değişim galaktik diskteki alevlenme ile açıklanabilir iken, kalın disk yükseklik ölçeğindeki değişim Galakside varolan uzun çubuğun çekim etkisinden kaynaklanabilir. İncelenen yıldız alanlarında halo basıklığı 0.50-0.65 aralığındadır. Bu da, iç halonun basık olduğunu göstermektedir. Orta galaktik enlem kuşağındaki yıldız alanlarından hesaplanan yüzey yoğunlukları galaktik boylam aralığı 20° - 30° aralığında maksimum değerdedir. Minimum yüzey yoğunluk değeri ise, simetrik bir yapı için beklenen 180° lik boylam yerine, 150° galaktik boylamında görülür. Bu sonuçlar, Galaksimizin asimetrik yapısı ve madde katılımları ile açıklanabilir.

Çalışmada, evrimleşmemiş G tayf türü yıldızlardan Galaksimizde metal bolluğu gradyentinin varlığı araştırılmıştır. Diskin baskın olduğu $z < 5$ kpc uzaklıklar için $d[M/H]/dz \approx -0.30$ dex/kpc'lik metal bolluğu gradyenti bulunmuştur. Halonun baskın olduğu $z > 5$ kpc uzaklık aralığında metal bolluğu gradyenti bulunmamıştır. Bu sonuçlar Galaksi diskin çökerek Galaksi halosunun ise birleşmeler ile oluştuğunu ifade eden evrim modellerini desteklemektedir.

SUMMARY

DETERMINATION OF GALACTIC MODEL PARAMETERS BY MEANS OF RESENT METODS

In this work, important results related to Galactic structure and evolution were derived from available SDSS (Sloan Digital Sky Survey) photometric data. Galactic model parameters were determined using photometric data of stars with intermediate galactic latitude, absolute and apparent magnitude intervals, $4 < M_g \leq 10$ and $15 < g_0 < 22$ mag, respectively. These parameters vary as the galactic longitude changes. In this work, the reasons of the variation is discussed.

Galactic model parameters for the I. and III. quadrants, i.e. the quadrants the direction of galactic long bar extends to, differ from each other. While the scaleheight and scalelength of the thin and thick discs and the axis ratio of the halo for the I. quadrant are 343 pc, 1.14 kpc, 926 pc, 3.75 kpc and 0.55 respectively, the same parameters are 361 pc, 1.50 kpc, 888 pc, 4.26 kpc, 0.58 for the III. quadrant. Mean normalized local space density of the thick disc is 6.50% and does not show any variation with galactic longitude. A similar situation is seen for normalized space density of halo, with a mean value of 0.35%. This indication constitutes an innovation.

Scaleheights of the thin and thick discs show variations with radial distances. As the scaleheights of the thick disc increases as the radial distance from the galactic center increases, the situation in scaleheights of the thick disc is reversed. The variation of the scaleheight of the thin disc could be related with the flares at galactic disc. Besides, the variation of the scaleheight of the thick disc can be originating from the gravitational effect of the long bar. The axis ratio of the halo in the studied stars' fields is between 0.50 and 0.65. Thus, inner halo is flattened. Derived surface densities from star fields with intermediate galactic latitude show maximum values between the 20° and 30° longitudes. Minimum surface density value is seen at Galactic longitude 150° instead of 180° , as predicted for a symmetrical structure. These results can be explained by the asymmetric structure of the Galaxy and accretion of matter.

In this work, the galactic metallicity gradient is studied by analysing non-evolved G type stars. For distances $z < 5$ kpc, where the disc is dominant, the metallicity gradient is $d[M/H]/dz \approx -0.30$ dex/kpc. On the other hand, the metallicity gradient at distances $z > 5$ kpc, where the halo is dominant, could not be determined. The results support the evolution models which state that the galactic disc formed by collapsing, whereas the galactic halo formed by merging.

1. GİRİŞ

Galaksimizin yapısı ve oluşumu uzun zamandır tartışılan bir konudur. Galaksi oluşumu ile ilgili öncü çalışma Eggen, Lynden-Bell ve Sandage (1962)'e aittir. Bu araştırmacılar, Galaksimizin bir serbest düşüş zamanında ($\sim 2 \times 10^8$ yıl) oluştuğunu iddia etmişlerdir. Ancak, bugün bu sürenin birkaç milyar yıl kadar uzun olduğunu biliyoruz (Norris, 1986; Carney ve diğ., 1990; Beers ve Sommer-Larsen, 1995). Ayrıca, Galaksimize ait bazı bileşenlerin yığılma veya birleşme yolu ile oluştuğunu da bilmekteyiz (Searle ve Zinn, 1978; Freeman ve Bland-Hawthorn, 2002). Yıldız sayımlarına dayanan çalışmalar, Galaksi'nin yapısı ve bileşenlerinin öğrenilmesine imkan vermiştir. Gilmore ve Reid (1983), güney galaktik kutup doğrultusunda yapılan gözlemlerin disk (ince disk) ve haloya ait yıldız sayım modelleri ile uyuşmadığını tespit etmişler ve söz konusu uyumu ancak "kalın disk" olarak isimlendirilen yeni bir disk bileşeninin modele eklenmesi ile sağlamışlardır. Kalın disk, Gilmore ve Wyse (1985) ve Wyse ve Gilmore (1986) tarafından da tartışılmıştır.

İnce disk, kalın disk ve halo bileşenlerini içeren Galaksi modellemesi yıllardır yapılmakla birlikte hesaplanan model parametre değerleri birbirinden çok farklı ve geniş aralıkta verilmektedir. Galaksi bileşenlerine ait model parametrelerinin değişim aralıklarının büyük olmasının nedenlerinden biri, parametrelerin mutlak kadire bağlı olmasıdır (Karaali ve diğ., 2004). Model parametrelerinin mutlak kadire bağlılığı şöyle açıklanabilir: astrofiziksel açıdan kütle ve kimyasal yapı, bir yıldızın oluşumu ile ilgili iki temel parametredir. Bir anakol yıldızının kütlesi ile mutlak kadiri arasında iyi bir uyum vardır ve bu uyum yıldızın tayf tipini de içerir. Bundan dolayı, model parametrelerinin mutlak kadire bağlılığı beklenen bir olgudur. Özel olarak kalın diskin yerel uzay yoğunluğu düşünüldüğünde, her mutlak kadir aralığı için aynı yoğunluğun olması beklenemez. Bu konuda yapılan bir araştırmada, benzer sonuçlar bulunmuştur (Bilir ve diğ., 2006a).

Araştırmacılar farklı yöntemler kullanarak hesapladıkları Galaksi model parametrelerini Galaksimizin yapısını, oluşumunu ve evrimini açıklamada kullanmaktadırlar. Bu parametreler arasında kalın diske ait yerel uzay yoğunluğu ve yükseklik ölçeği, Gilmore ve Reid (1983)'in orijinal değerlerine göre, en büyük değişim gösteren parametreler olmuştur. Gerçekten, kalın diskin %2'lik orijinal yerel yoğunluk değeri zaman içinde %10'luk değere doğru artmıştır. Kalın diskin 1.45 kpc'lik orijinal yükseklik ölçeği değeri ise, 0.65 kpc'e kadar azalmıştır (Chen ve diğ., 2001). Bazı çalışmalarda parametrelere ait sayısal değerlerin, özellikle kalın disk için, değişim aralığı geniştir. Örneğin, Chen ve diğ. (2001) ve Siegel ve diğ. (2002) kalın diske ait yerel yoğunluk değerini, sırası ile, %6.5-13 ve %6-10 olarak vermektedirler. Yıldızlar mutlak kadir aralıklarına ayrılıp her bir aralık için model parametresi tayin edildiğinde, bu parametrelerin değişim aralığının küçük olduğu gösterilmiştir (Karaali ve diğ., 2004, Bilir ve diğ., 2006a). Kalın disk bileşeninde görülen başka bir problem de, Güneş civarındaki yoğunluğunun literatürde kesin olarak verilememesidir. Bu konu ile ilgili Karaali ve diğ. (2007)'nin çalışmasında Güneş civarındaki kalın disk yıldızlarının yoğunluğunun, incelenen yıldız alanlarının limit hacimi ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Galaksimizin farklı doğrultularında tayin edilen model parametrelerinin sistematik farklı olduğu tespit edilmiştir. Galaktik boylamın bir fonksiyonu olarak model parametrelerinin değişimi, daha önce yapılan çalışmalarla da doğrulanmıştır (Bilir ve diğ., 2006a; Bilir ve diğ., 2006b; Bilir ve diğ., 2006c). Bu çalışmalarda, orta galaktik enlem kuşağında farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları seçilerek her bir yıldız alanı için Galaksi model parametreleri elde edilmiştir. Bu değişimlerin birçok nedeni olabilir. Galaktik diskte yükseklik ölçeklerindeki değişim, Galaksi diskindeki alevlenme (flare) ve burulmalardan (warp) kaynaklanıyor olabilir (Bilir ve diğ., 2006c). Yükseklik ölçeğindeki değişim sadece yıldızlara ait bir olgu değildir. Galaksimize ait HI (doğal hidrojen) ve H₂ (hidrojen molekülü) gazlarına ait yükseklik ölçeğinin Galaksi merkezine ait uzaklık (R) ile değiştiği Narayan ve Jog (2002) tarafından modellenmiştir. Ayrıca bu araştırmacılar, değişimin çekimsel potansiyelden kaynaklandığını da belirtmişlerdir. Haloda görülen yoğunluk değişiminin nedeni ise, halonun üç eksenli bir yapıda olmasından kaynaklanabilir (Newberg ve Yanny, 2006; Xu ve diğ., 2006).

Galaksi model parametrelerinin tayininde dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri de, yıldızların uzaklık tayinidir. Galaktik yapı araştırmaları genellikle fotometrik paralaks yöntemi ile yapılır. Bunun için, incelenen kaynakların renkleri ile ışım gücü arasındaki bağıntılar kullanılır. Yöntemlerin temeli yıldızların mutlak kadirlerinin hesabına dayanmakta olup farklı yöntemler kullanılır. Yöntemlerden birinde öncelikle yıldızlar popülasyon tiplerine ayrılmakta ve popülasyonları temsil eden metal bolluğundaki açık veya küresel kümelerin renk kadir diyagramları kullanılmaktadır. Bu yöntemin uygulanması kolay olmakla beraber bazı sakıncaları vardır. Öncelikle yıldızların popülasyon tiplerine ayırımının sıhhatli yapılması gerekmektedir. Ayrıca, yıldızlar aynı kümede olsalar bile metal bollukları farklı olduğundan popülasyonu temsil eden ortalama metal bolluğundaki bir kümenin renk kadir diyagramını kullanmak sakıncalıdır. İkinci yöntem, mutlak kadirlerin morötesi artığı ile tayinine dayanır (Karaali ve diğ., 2005). Bu yöntem geç F–erken K tayf tipindeki yıldızlar için oluşturulmuştur. Geç K ve M tayf tipleri için geçerli olan üçüncü yöntemde ise mutlak kadirler yıldız renkleri yardımı ile tayin edilmektedir (Bilir ve diğ., 2005). Çalışmadaki yıldızların mutlak kadirleri yukarıda bahsedilen son iki yöntem ile tayin edilmiştir.

Tez çalışmasında, $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enleminde ve farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları incelenmiştir. Çalışmanın amacı şu şekilde özetlenebilir: (1) Galaksi model parametrelerinin galaktik boylama göre değişimini incelemek ve $\langle b \rangle = 60^\circ$ galaktik enlemi için bulunan sonuçlar ile karşılaştırmak (Bilir ve diğ. 2008). (2) Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişiminin literatürde öngörülen hangi mekanizmalar ile açıklanabileceğini araştırmak. (3) G tayf tipindeki yıldızların metal bolluğu dağılımını incelemek. Bu şekilde, Galaksimizde olası metal bolluğu gradyentinin varlığı araştırılarak, Galaksimizin evriminde önemli rolü olduğu düşünölen çökme modelinin geçerliliğı araştırılacaktır.

“Genel Kısımlar” bölümünde, Galaksimiz hakkında bilgi, gökyüzü taramaları, kullanılan SDSS geniş band fotometrisi ve Galaksi modellerinden bahsedilmiştir. Tez çalışmasına ait verinin seçimi, sağlanması, anakol yıldızlarının belirlenmesi, mutlak kadir ve uzaklık tayini, Galaksi model parametrelerinin ve metal bolluklarının tayininde kullanılan yöntemler Bölüm 3’de anlatılmıştır. Bu yöntemlerin uygulanmaları ile

hesaplanan Galaksi model parametreleri ve metal bollukları “Bulgular” kısmında verilmiştir. Elde edilen bulgular, “Tartışma ve Sonuç” kısmında yorumlanmıştır.

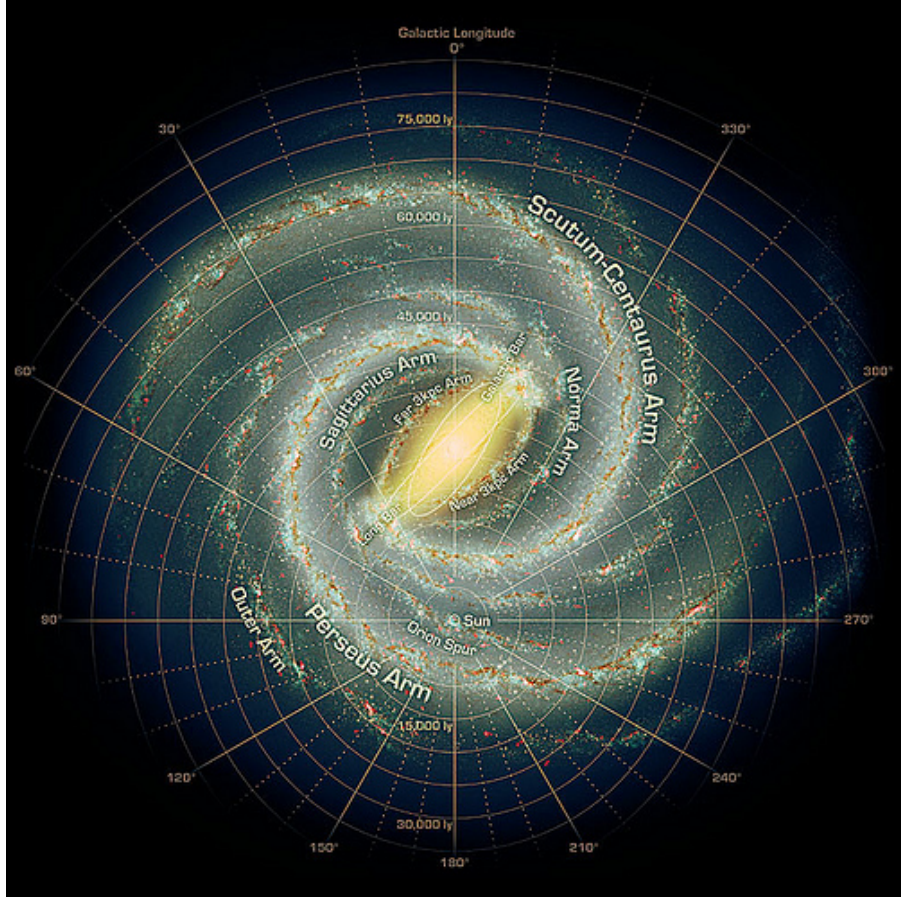
2. GENEL KISIMLAR

2.1. GALAKSİMİZ VE BİLEŞENLERİ

Galaksimiz diğer galaksiler gibi, çekimsel olarak birbirine bağlı milyarlarca yıldız, yıldızlararası gaz ve toz ile karanlık madde içeren bir sistemdir. Samanyolu olarak isimlendirilmesinin nedeni, ışık kirliliğinin olmadığı bir gecede gökyüzünün bir ucundan diğer ucuna kadar uzanan bulanık bir kuşağa benzemesidir. Bu kuşak, bizim de içinde bulunduğumuz Galaksi disk düzlemini göstermektedir.

Samanyolu'nun çok sayıda yıldızdan oluştuğu, ilk kez Galileo tarafından 1610 yılında keşfedilmiştir. 1786'da William Herschel, gökyüzünü 683 bölgeye ayırmış ve her bölgedeki yıldızları sayarak Güneş'in Galaksideki konumunu bulmaya çalışmıştır. 1785'de ilk kez Herschel, Galaksi merkezi doğrultusunda yıldızların yoğun, Galaksinin sınırına doğru az sayıda olması gerektiğini düşünerek Galaksinin şeklini doğru tanımlamıştır. Ancak, uzak yıldızları gözleyemediğinden her doğrultuda yıldız yoğunluklarını aynı bulmuş ve bu sonucu Güneş'in Galaksinin merkezinde olduğu düşüncesi ile yorumlamıştır. Kapteyn de çok sayıda yıldızın kadirlerini ve hareketlerini inceleyerek Herschel ile aynı sonuca ulaşmış ve Galaksimizi 10 kpc çapında ve 2 kpc kalınlığında, merkezinde Güneş olan bir sistem olarak tanımlamıştır. 1920'de Harlow Sharpley, Güneş'in Galaksi merkezinde yer almadığını söylemiştir. Bunun için Galaksideki küresel kümeleri keşfetmiş ve bu kümelerdeki sefeid tipi yıldızlardan kümelerin uzaklıklarını hesaplamıştır. Kümelerin Galakside küresel dağıldığını düşünerek yaptığı çalışmada, Güneş ile Galaksi merkezi arasındaki uzaklığı şimdi kabul edilen değerinden çok büyük hesaplamıştır. 1930'da R.J. Trumpler, yıldız kümelerinin uzaklıkları ile kümelerin açısal çapları arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Buradan, parlaklığın uzaklığın karesi ile ters orantılı olduğunu yani, uzak kümelerin olduğundan daha sönük görüldüğünü keşfetmiştir. Böylece Trumpler, yıldızlararası ortamda yıldız ışığını sönükleştiren tozun varlığını göstermiştir.

Galaksimiz SBbc tipi çubuklu (bar) spiral bir galaksidir. de Vaucauleurs, 1940'lı yıllarda Galaksimizin bir çubuklu yapıya sahip olduğunu söylemiş, fakat uzun zaman bu görünüşe gereken önem verilmemiştir. Bugün Galaksimizin 7.8 kpc uzunluğunda, 1.2 kpc genişliğinde ve 0.2 kpc kalınlığında bir çubuk yapısının olduğu kabul edilmektedir. Şekil 2.1'de, bu çubuğun doğrultusunun yaklaşık 330° galaktik boylamında olduğu görülüyor. Araştırmacılar, NASA'nın Spitzer Uzay Teleskobu (NASA's Spitzer Space Telescope) ile alınmış kırmızı-öte görüntülerden Samanyolu'nun yıldız çubuğunun ucunda kıvrılan iki kolun baskın olduğunu keşfetmişlerdir. Daha önceleri, Galaksi'nin dört büyük kola sahip olduğu düşünülüyordu. 212. Amerikan Astronomi Toplantısında sunulan diğer bulgular ışığında, Samanyolu'nun Şekil 2.1'de gösterilen yeni görünüşü oluşturulmuştur. Bu yeni Samanyolu görüntüsünde, merkezi kalın çubuğun ucuna bağlı "Scutum-Centaurus" ve "Perseus" olmak üzere iki büyük spiral kol görünüyor iken, "Norma" ve "Sagittarius" kolları merkezi kollar arasında uzanan yeni küçük kollara dönüşmüştür. Büyük spiral kollar en yoğun yaşlı ve genç yıldızları barındıran yerlerdir; küçük spiral kollar ise başlıca gaz ve yıldız oluşum bölgeleri ile doludur. Şekilde, Samanyolu'ndaki gazın radyo gözlemlerinden itibaren bulunan "uzak-3 kpc" kolu olarak isimlendirilen yeni bir küçük spiral kol görülmektedir. Güneş, "Sagittarius" ve "Perseus" spiral kolları arasında ve "Orion" olarak isimlendiren küçük, dar kolun yakınında bulunur.



Şekil 2.1: Galaksimizin tepeden yeni görünüşü (NASA/JPL-Caltech/R.Hunt).

Aşağıdaki tabloda Galaksimizin temel yapı parametreleri verilmiştir.

Tablo 2.1: Galaksi'nin temel parametreleri.

Galaksi Tipi	SBbc
Çapı	100 000 IY (~30 kpc) (Karttunen ve diğ., 1996)
Yıldız diskinin kalınlığı	1000 IY (300 pc) (Cox, 2000)
Yıldız Sayısı	200 milyar (Karttunen ve diğ., 1996)
En yaşlı yıldız	13.2 milyar yıl (Frebel, 2007)
Kütlesi	$9.5 \times 10^{10} M_{\odot}$ ($r > 8.5 \text{ kpc}$) (Cox, 2000)
Güneş'in Galaksi merkezine olan uzaklığı	$26\,000 \pm 1400$ IY (8 kpc) (Reid, 1993)
Güneşin galaktik dönme hızı	220 km/s (Cox, 2000)
Spiral yapının dönme periyodu	50 milyon yıl (Bissantz, 2003)
Çubuk yapının dönme periyodu	15-18 milyon yıl (Bissantz, 2003)

Yaş, kimyasal bolluk, kinematik, uzay dağılımları bakımından birbirinden ayrılan yıldız topluluklarına popülasyon (Galaksi bileşeni) denir. Baade (1944), genellikle Güneş

metal bolluğunda ve geniş bir yaş aralığında bulunan spiral galaksilerin diskindeki kaynakları “popülasyon I” olarak tanımlayan ilk araştırmacıdır. Galaksimizi oluşturan temel bileşenler ince disk, kalın disk ve halodur. Diğer bileşenler şişkin bölge ve karanlık halodur.

- İnce disk

Genç ve yıldız oluşumunun halen devam ettiği, metalce zengin olan bu Galaksi bileşeninin ortalama metal bolluğu $[Fe/H] \sim 0$ dex'tir. İnce disk yıldızları, Galaksi merkezi etrafında hemen hemen dairesel yörüngelerde dolanırlar. Yaşları 0 ile 10 Gyr arasında değişir. İnce disk, kalın diskin keşfinden önce, “disk” olarak bilinen Galaksi bileşeni olup bazen disk olarak da adlandırılır. Samanyolu'ndaki yıldızların çoğu diskte yer alır. Yıldızlardan başka, düzlemde yoğunlaşmış gaz ve tozu, molekül bulutlarını, iyonlaşmış gaz vb. içinde barındırır. Gaz dairesel yörüngelerde hareket eder. HI gaz tabakası büyük çaplarda alevlenme (flare) ve burulma (warp)'nın kaynağıdır.

Alevlenme, son yıllarda Galaksimizin yapısı ile ilgilenen araştırmacıların ilgi kaynağı olmuştur (López-Corredoira ve diğ., 2002; Momany ve diğ., 2006). Alevlenme, Galaksimize düşen gaz ve yıldız topluluklarından kaynaklanıyor. Özellikle, Galaksimiz etrafında bulunan cüce galaksilerin zamanla Galaksimizin çekim etkisinde kalarak Galaksimize çarpıp parçalanmaları bu olayda önemli rol oynar. Bu olay, tayin edilen Galaksi model parametrelerinin galaktik enlem ve boylama göre değişmesine sebep olmaktadır. Daha ayrıntılı bilgi Bölüm 5.1.1'de verilecektir.

- Kalın disk

Gilmore ve Reid (1983), güney galaktik kutup doğrultusundaki yıldız sayımlarını, bilinen disk ve halo bileşenlerine ait yoğunluk kanunları ile açıklayamayınca Galaksimizin üçüncü bileşeni olduğunu düşündüler. “Kalın disk” olarak adlandırdıkları bu bileşenin galaksi modeline katılması ile gözlemsel verilerin yoğunluk kanunları ile uyumu sağlanmış oldu. Kalın disk yıldızları uzay dağılımları, kinematik ve spektroskopik özellikleri bakımından ince disk ve halo yıldız parametrelerinin arasında yer alır. Bu bileşende, haloya göre metalce zengin küresel kümeler, RR Lyrae yıldızları, Mira değişenleri ve alan yıldızları bulunmaktadır. Kalın disk yıldızlarının ortalama metal bolluğu $[Fe/H] \sim -0.6$ dex, yaşı 12 Gyr'dır; bu yaş kalın disk metal bolluğunu

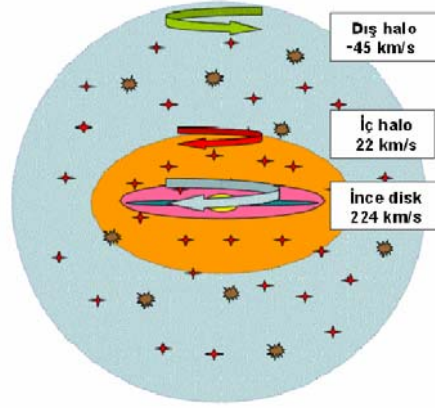
temsil eden 47 Tuc küresel kümesinin yaşıdır (Wyse, 2000). Kalın disk popülasyonundaki F ve G yıldızlarından bulunan dönme hızı $V_{\text{rot}} \sim 100$ km/s iken, dik doğrultudaki hız dispersiyonları $\sigma_w \sim 40$ km/s'dir.

Kalın diskin ince diskin kuyruğunu veya ince disk ve halo arasında bir geçiş bileşenimi olduğu konusu yıllarca tartışıldı (Gilmore ve Wyse, 1985; Carney ve diğ., 1989). Günümüzde, ince ve kalın disklerin ayrık olduğu düşüncesi ağır basmaktadır. Buna rağmen, günümüzde kalın diskin kökeni ve yapısı tam olarak belirlenememiştir.

- Halo

Galaksimizin oluştuğu dönemin izlerini taşıyan gözleyebildiğimiz en yaşlı yıldızları içinde barındıran bir bileşendir. Küresel kümeler, RR Lyrae yıldızları, mira değişenleri, alan yıldızları, küçük kütleli yıldızları içerir. Halo yıldızlarının uzay dağılımı, kinematik ve kimyasal analizi Samanyolu galaksisinin dış yapısının anlaşılmasına olanak sağlar.

Halo, hem kimyasal hem de kinematik bakımdan birbirinden farklı iki alt bileşenden oluşur; basık iç halo ve küresel dış halo. İç halo, Galaksi merkezi etrafında küresel olmayan bir dağılım göstermektedir. Eksenler oranı yaklaşık 0.6'dır (Bilir ve diğ., 2008). İç halo yıldızları, Galaksi merkezi etrafında çok basık yörüngelerde, diskin dönme yönünde 0 ile 50 km/s'lik hızlarla hareket etmektedir. İç halo yıldızlarının metal bolluğu dağılımı $[M/H] = -1.6$ dex'te bir maksimum yapmaktadır. Bu yıldızlar, Galaksi merkezinden 50 000 IY (~ 15 kpc)'e kadar etkindir ve Galaksi merkezi etrafında Güneş'in dönme yönünde hareket ederler. Dış halo yıldızları ise, Galaksi merkezi etrafında küresel dağılım gösterirler ve eksenler oranı 0.9-1.0 arasındadır. Dış halo yıldızları Galaksi merkezinden 65 000 IY (~ 20 kpc)'e kadar etkindir ve Güneş'in Galaksi merkezi etrafındaki dönüşüne zıt yönde -40 ile -70 km/s'lik hızlarla dönmektedir (Carollo ve diğ., 2007). Metal bolluğu açısından dış halo, iç halodan daha fakir olup metal bolluğu dağılımında $[Fe/H] = -2.2$ dex'te maksimum yapar (Carollo ve diğ., 2007).



Şekil 2.2: İç ve dış halonun dönme hızları ve yönü.

Galaksimizin halo bileşeninin asimetrik üç eksenli yapıya sahip olduğu düşüncesi hep vardı. Bazı olaylar asimetrik yapı ile iyi açıklanabiliyordu. Artık, bu fikir iyice olgunlaşmış ve halonun üç eksenli bir yapıya sahip olduğu kanıtlanmıştır. Bu konuya, Newberg ve Yanny (2006), Xu ve diğ. (2006) ve Jurić ve diğ. (2008)'nin çalışmaları örnek olarak verilebilir.

- Şişkin bölge

Galaksimizde yapılan gözlemler ve diğer spiral galaksi gözlemlerinden Galaksi'nin şişkin bir bölgesi olduğu sonucuna varılmıştır. Şişkin bölge, Galaksimizin merkezinde yer alır. Diğer galaksilerin şişkin bölgeleri rahatlıkla gözlenebilirken, yıldızlararası kızarmadan dolayı Galaksi'nin şişkin bölgesi optik dalgalı boylarında görülemez. Bu yüzden kırmızı-öte gözlemlerden yararlanır. Samanyolu'nun şişkin bölgesi, (5:3) eksenler oranı ile uzamış bir görüntüye sahip olup çubuğun varlığı için uygun bir yapısı vardır.

Şişkin bölge hakkındaki bilgiler, kırmızı-ötedeki (IRAS, The Infrared Astronomical Satellite) K ve M dev yıldızlarının rotasyon eğrisi çalışmalarından elde edilmiştir. Şişkin bölge yüksek yıldız yoğunluğuna sahiptir; yoğunluk $R^{-1.8}$ kanunu ile merkezden itibaren radyal doğrultuda azalır. Şişkin bölge, hem yaşlı ve metlerce fakir hem de genç ve metlerce zengin yıldızları ($-1 < [Fe/H] < 1$ dex) içinde barındıran sferoid benzeri, etkin yarıçapı 2 kpc olan bir yapıdır. Ortalama metal bolluğu 0.3 dex'tir. Şişkin bölgenin kütlesi $\sim 10^{10} M_{\odot}$ 'dir.

- Karanlık halo

Karanlık madde halosu, Galaksimizin 100 000 IY (~30 kpc)'den 300 000 IY (~90 kpc)'e kadar uzanan en büyük parçasıdır. Ayrıca, Galaksi'nin sınırlarla dolu bir bileşenidir; gözleyebileceğimiz türden bir enerji yaymadığı için bileşeni oluşturan maddenin/maddelerin ne olduğu hala tartışılmaktadır. Galaksimizin bir sistem olarak dengede olabilmesi Galaksi'nin büyük bir kısmının karanlık maddeden oluştuğu düşünülmektedir. Galaksimizdeki gaz, toz ve yıldızların kütleleri dikkate alındığında, karanlık maddenin kütlesi görülen kütlelerin on katından daha fazladır. Görünen madde $\sim 9 \times 10^{10} M_{\odot}$ 'dir. Karanlık madde halosu $6-30 \times 10^{11} M_{\odot}$ civarında kütle içerebilir (Battaglia ve diğ., 2005).

2.2. GÖKYÜZÜ TARAMALARI VE SDSS FOTOMETRİSİ

Dünyamızın dışındaki evren ve evrendeki yerimizi anlamak insanoğlunu her zaman meraklandırmıştır.

Eski zamanlarda bu küçük ışık kaynaklarının daha büyük güçler tarafından kontrol edildiğine inanılmaktaydı. Sonra bazı medeniyetler, belirli gökyüzü olaylarının düzenli aralıklar ile tekrarlandığını fark ettiler ve bu gökyüzü olaylarını zaman ile ilişkilendirdiler. Hem tanrısal hem de dini gereklilikleri için kullanmaya başladılar. Daha sonra, çıplak göz ile yapılan gözlemlerden hazırlanan gökyüzü haritaları, denizcilik ve ticaret için temel gereç olmuştur.

Bugün evrenin sadece yıldızlardan değil, galaksiler, galaksi kümeleri, akıntılar, gaz yığınları ile karanlık madde ve enerjiden oluştuğunu anlıyoruz. Bu kaynakları daha iyi öğrenebilmek için bilmemiz gerekenler; bunlar nerede bulunurlar, nasıl etkileşirler ve zamanla nasıl değişirler? Çoğu yapılar gökyüzünün büyük bir kısmını kaplar iken diğerleri o kadar seyrek ki, bir tanesini bulabilmek için milyonlarca kaynağa bakmak gerekir. Bu amaçlar, son yüzyılda evrenin haritalanması için çoğu projeye rehber olmuştur (daha geniş alanlar, daha büyük derinlikler ve artan dalga boyları).

1800'lü yılların sonlarında astronomi bilimi, fotoğraf makinesi ve spektrografın icadı ile tamamen değişmiştir. İlk zamanlar, fotoğraf filmi ve plakları gökyüzünün kalıcı kayıtlarının alınmasını sağlamıştır. Buna ilaveten, fotoğraf plakları daha uzak ve sönük kaynakların görülmesini uzun poz süreleri ile sağlamıştır. 1930'lu yıllar itibariyle astronomlar gördükleri sönük ve bulanık kaynakların çoğunun trilyonlarca yıldız içeren diğer galaksiler olduklarını biliyorlardı. Uzak galaksileri bulabilmek için gökyüzünü sistematik olarak tarayan fotoğrafik çalışmalar başlatılmıştır. Schmidt teleskobu, bir kerede geniş alanların fotoğrafını çekerek bir yenilik getirmiştir. 1936 yılında 18 inç (46cm)'lik ilk Schmidt teleskobu California'daki Palomar Gözlemevinde kullanılmaya başlanmıştır.

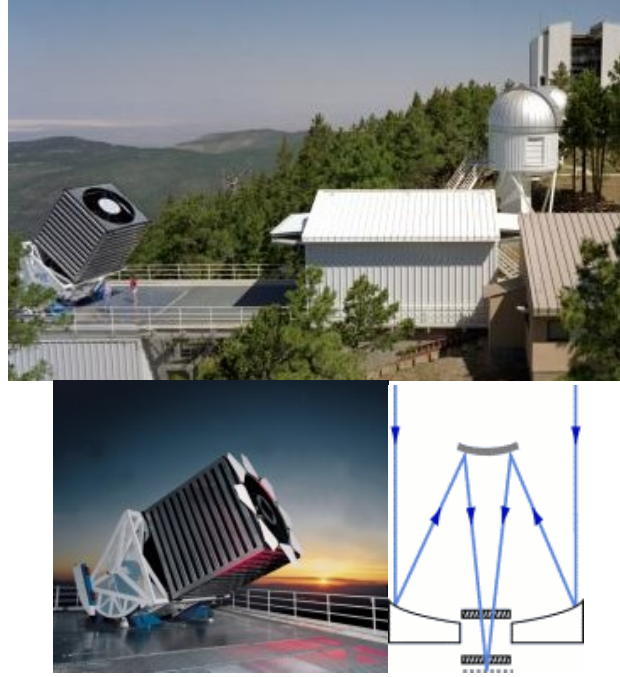
İlk yapılan gözlemsel çalışmalar, fotoğrafik gökyüzü taraması tabanlı idi. 1960'lı yıllarda başlatılan Basel Halo Programı (Basle Halo Program) Galaksi'nin en geniş sistematik fotoğrafik taramalarından biridir (Becker, 1965; Fenkart, 1989a-d). Basel Halo Programında RGU fotometrisinin geliştirilmiş kalibrasyonları kullanılmıştır (Buser ve Fenkart, 1990; Buser, Rong ve Karaali, 1998; 1999).

CCD (Couple Charged Device)'lerin kullanılmaya başlaması ile yeni gökyüzü tarama programları yapıldı. SDSS (Sloan Digital Sky Survey) bunlardan biridir (York ve diğ., 2000). 2MASS (Two Micron All Sky Survey), CADIS (Calar Alto Deep Imaging Survey) diğer önemli programlardandır. SDSS evrenin geniş ölçekte, yıldızlardan galaksi kümelerine kadar araştırılması için kurulmuştur. Şimdiye kadar ki gökyüzü taramalarından daha büyük ve sönük kadirleri içeren SDSS fotometrisinin amaçlarından biri, evrenin yeni haritasını oluşturmaktır.

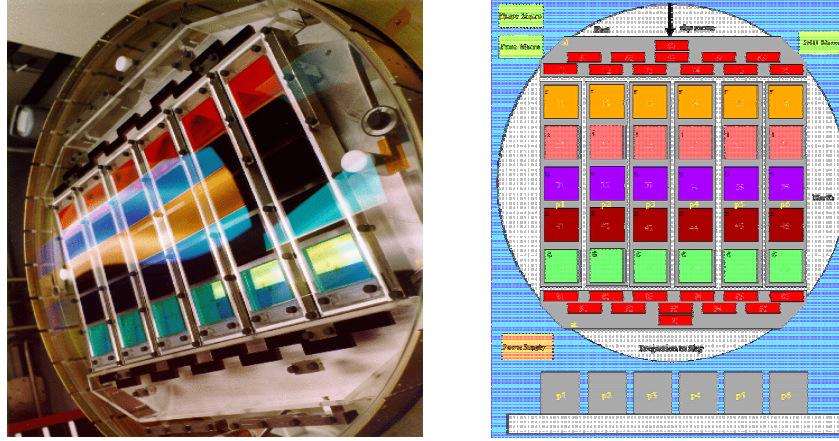
Tez çalışmasında, Galaksimizin farklı doğrultularında seçilen alanlardaki yıldızların Sloan Dijital Gökyüzü Tarama verilerinin incelenmesinden Galaksimize ait model parametrelerinin tayini amaçlanmıştır. Günümüzdeki en geniş kapsamlı gökyüzü tarama programı birçok enstitü ve üniversitenin bir arada yürüttükleri SDSS'dir. SDSS gözlemleri, Amerika Birleşik Devletleri, New Mexico Apache Point Gözlemevi'nde bulunan ve yalnız bu program için ayrılmış olan 3.5m, 2.5m ve 0.6m çaplarında üç teleskop ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 2.3). SDSS programı, hem fotometrik hem de spektroskopik teknikler kullanılarak gökyüzünün 10 000 der² bölgesini incelemeyi

amaçlamaktadır. Gökyüzü tarama programının sonunda 1 000 000 galaksi, 100 000 kuazar ve on binlerce yıldızın spektrumu elde edilecektir.

Fotometrik ve spektroskopik veriler, New Mexico'daki Apache Point Gözlemevi'ndeki 2.5m çaplı teleskop gözlemlerinden elde edilmektedir. Teleskobun odak düzleminde, 30 adet 2048 x 2048 piksel boyutunda CCD mozaik alıcı ve çift 320 fiber optik spektrograftan oluşan iki odak düzlemi aleti bulunmaktadır (Şekil 2.4). CCD mozaik kamera üzerinde bulunan 24 adet CCD kümesi, gözlenen daha parlak astrometrik standartları bir ağ ile görüntü verisine bağlar. Apache Point Gözlemevi'ndeki 0.5m'lik teleskop, parlak fotometrik standartların gözlemlerine ayrılmıştır.



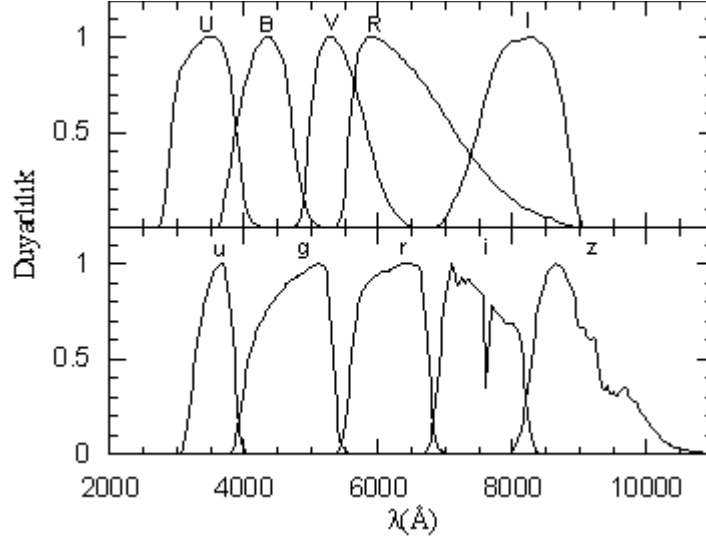
Şekil 2.3: Apache Point Gözlemevi'ndeki kubbe dışında kurulmuş 2.5 m'lik teleskop ve 1 m'lik teleskobun bulunduğu gözlemevi (üstte). Teleskobun kapakları açıkken (sol alt). Teleskobun ayna sisteminin şematik görüntüsü (sağ alt).



Şekil 2.4: Teleskobun CCD mozaik kamerası (solda). CCD mozağının şematik görüntüsü (sağda).

SDSS görüntüleri eş zamanlı olarak u, g, r, i ve z olmak üzere beş geniş bantta alınmaktadır. Optik bölgede tanımlı beş geniş bantın merkezi dalga boyları, sırası ile, 3551, 4686, 6166, 7480 ve 8932 Å'dır (Fukugita ve diğ., 1996). SDSS ve UBVRI fotometrik bantlarının duyarlılık eğrileri Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Görüntü verileri, cisimleri bulup ölçüm yapan, cisimlerin kalibre edilmiş kadirleri, konumları ve yapı bilgilerini içeren bir katalog oluşturulması için fotometrik ve astrometrik kalibrasyonlar sağlayan bir dizi paralel yazılım işlem yolu boyunca otomatik olarak işlenir. Fotometrik paralel yazılım işlem yolu (pipeline) belirlediği cisimi, beş banttan elde edilen veri ile eşleştirir ve aletsel akıları, konumları ve biçim parametrelerini (cisimlerin "nokta kaynak", nokta yayılım fonksiyonu uyumluluğu, ya da "yayılmış" olarak sınıflandırılması) belirler.

Yıldız popülasyonlarının belirlenmesinde fotometrik kalibrasyonun g, r ve i bantlarında duyarlılığı %2, u ve z bantlarındaki duyarlılığı ise %3'tür (Ivezić ve diğ., 2004; Blanton ve diğ., 2005). Astrometrik kalibrasyonun duyarlılığı 0".1 (rms)'den daha iyidir (Pier ve diğ., 2003). DR6 (Data Release 6) görüntü kataloğu 9 583 der²'lik alanı kapsamaktadır (Adelman-McCarthy ve diğ., 2008) ve u, g, r, i ve z bantlarında limit parlaklıkları da, sırası ile, 22.0, 22.2, 22.2, 21.3 ve 20.5 kadirdir. SDSS bantlarında nokta kaynakların tekrarlanan gözlemlerinin %95'i tamamlamıştır. g, r, i bantlarındaki aşırı doyma miktarı 14 kadir iken, u ve z bantları için bu değer 12 kadir civarındadır.



Şekil 2.5: UBVRI (a) ve SDSS (b) bandlarının duyarlılık fonksiyonları.

SDSS fotometrik sistemi kurulduğu ilk günden bugüne, bazı gelişme süreçlerini tamamlayarak son halini almıştır. Fukugita ve diğ. (1996) Sloan fotometrisini optik bölgeyi kapsayan beş fotometrik bantta (u', g', r', i' ve z') tanımladılar. Sistemin standart yıldızları u', g', r', i' ve z' fotometrik bantları kullanılarak US Naval Gözlemevindeki 1 m'lik teleskopla gözlemlendi. Sentetik verileri kullanarak Sloan fotometrisini tanımlayan Fukugita ve diğ. (1996)'nin sonuçlar, 158 standart yıldız gözlemi US Naval Gözlemevi'ndeki 1 m'lik teleskopla güncellenmiştir. SDSS gökyüzü taramasında 2.5 m'lik teleskop kullanıldığından, 1m'lik teleskop ile yapılan standart yıldız gözlemlerinden elde edilen kalibrasyonların 2.5 m'lik teleskoba uygulanması gerekir. Bu dönüşümler Rider ve diğ. (2004) tarafından verilmiştir. SDSS'in 2.5m'lik teleskobu ile yapılan fotometrik gözlemlerinde kullanılan bandlar u, g, r, i, z'dir.

2.3. GALAKSİ MODELLERİ

Galaksi modelleri, Galaksimizdeki yıldız dağılımlarını ifade eden matematiksel formüllerdir. Galaksimizdeki yıldız dağılımlarının anlaşılmasında yıldızların fotometrik parlaklıkları ve renklerinden faydalanılır. Gözlemsel verilerin fizik anlamını ortaya koyabilmek için matematiksel formüller yani Galaksi modelleri kullanılmaktadır. Galaksi modelleri, gözlemsel yıldız sayımları ve yıldızların uzay yoğunluklarının teorik modeller ile karşılaştırılmasından elde edilir.

Geleneksel yıldız sayımları yöntemi, Galaksimizin temel yapısının ve yıldız popülasyonlarının anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Yıldız sayımları ile yapılan çalışmalara Bahcall (1986), Gilmore, Wyse ve Kuijken (1989), Majewski (1993), Buser, Rong ve Karaali (1998, 1999), Robin, Reylé ve Crézé (2000), Chen ve diğ. (2001), Siegel ve diğ. (2002) örnek olarak verilebilir.

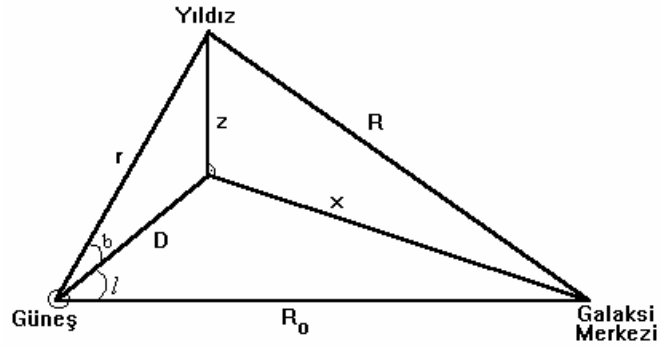
Galaksimizin yapısı uzun zamandır incelenmesine karşın, en modern yöntem 1980'li yılların başlarında Bahcall ve Soneira (1980, 1984) nın geliştirmiş olduğu modern yıldız sayımları yöntemidir. Bahcall ve Soneira'nın modeli, Galaksi merkezinden ve düzleminden uzaklaştıkça yıldız yoğunluğundaki azalmayı ifade eden çift eksponansiyelli disk ile radyal doğrultuda değişim gösteren tek eksponansiyelli sferoidten oluşur. Yani, $D_d(r, l, b)$ ve $D_s(r, l, b)$, sırası ile, disk ve halonun teorik uzay yoğunluklarını göstermek üzere toplam uzay yoğunluğu $D(r, l, b) = D_d(r, l, b) + D_s(r, l, b)$ ifadesi ile verilir. Burada l ve b , incelenen yıldız alanının galaktik koordinatlarını, r ise yoğunluğu tayin edilen bölgenin Güneş'ten olan uzaklığıdır. Bahcall ve Soneira (1984) modelinde, ince diskin yükseklik ölçeği 90-325 pc, uzunluk ölçeği 3.5 kpc, halonun (de Vaucouleurs, 1948) yerel uzay yoğunluğunun diskin uzay yoğunluğuna oranı %0.15 ve basıklığı 0.80 olarak verilmiştir.

Bahcall ve Soneira (1980), gözlemleri iki bileşenle açıklamaya çalışmıştır. Ancak, Gilmore ve Reid (1983) güney galaktik kutup doğrultusunda yaptıkları çalışmada, iki bileşenli modelin gözlemleri açıklamada yetersiz kaldığını görmüşlerdir. Üçüncü bileşeni dikkate alarak yaptıkları modellemede bekledikleri uyumu görmüşlerdir. Eklenen bu Galaksi bileşeni, kalın diskidir. İnce ve kalın diskin yoğunluk kanunları aynıdır. İnce diskin yükseklik ölçeği 300 pc, kalın diskin yükseklik ölçeği 1.45 kpc, yerel uzay yoğunluk oranı %2 ve halonun yerel uzay yoğunluk oranı %0.2'dir.

Tablo 2.2 incelendiğinde, kalın diskin Galaksi bileşeni olarak kabul edildiği tarihten bugüne yükseklik ölçeği ve yerel uzay yoğunluk oranının, araştırmacılar tarafından farklı bulunduğu görülür. Kalın diskin yükseklik ölçeği zaman içinde 1.45 kpc'den 0.65 kpc'e azalma gösterir iken, yerel yoğunluk oranı %2'den %10'a doğru artmıştır (Gilmore ve Reid, 1983; Chen ve diğ., 2001). Tabloda yer alan Chen ve diğ. (2001) ve Siegel ve diğ. (2002)'nin hesapladıkları kalın diskin model parametreleri tek bir değer

olmayıp, geniş bir değer aralığındadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar daha duyarlı verilerden elde edildiğinden, daha doğru sonuçların hesaplanmış olması beklenir. Dolayısıyla, kalın disk için hesaplanan değer aralığının geniş olması şaşırtıcıdır. Bu durum, araştırmacıların Galaksi model parametrelerinin hesabında dikkate almadıkları durumların olduğunu göstermektedir. Tez çalışmasında bu konu tartışılacaktır.

Yukarıda konu edilen parametreler Şekil 2.6'da verilmiştir. Burada R ve r , sırası ile, yıldızın Galaksi merkezine ve yıldızın Güneş'e olan uzaklığını, R_0 Güneş ile Galaksi merkezi arasındaki uzaklık, x ve z , sırası ile, yıldızın Galaksi düzlemi üzerinde ve bu düzleme olan dik uzaklığı, D yıldız ile Güneş arasındaki uzaklığın Galaksi düzlemindeki izdüşüm uzaklığı ve l ve b , sırası ile, söz konusu yıldızın galaktik boylam ve enlemidir.



Şekil 2.6: Bir yıldızın Galaksideki şematik konumu.

Tablo 2.2: Farklı çalışmalara ait Galaksi model parametreleri. Burada H_i , h_i ve n_i , sırası ile, disk bileşenlerinin yükseklik ölçeği, uzunluk ölçeği ve yerel uzay yoğunluklarıdır ($i=1, 2$, sırası ile, ince disk, kalın disk). n_3 , R_e ve (c/a) , sırası ile, halonun yerel uzay yoğunluğu, etkin yarıçap ve halonun basınlığını gösterir.

H_1 (pc)	h_1 (kpc)	n_2	H_2 (kpc)	h_2 (kpc)	n_3	$R_e(s)$ (kpc)	(c/a)	Referanslar
310-325	---	0.012-0.025	1.92-2.39	---	---	---	---	Yoshii, 1982
300	---	0.02	1.45	---	0.002	3.0	0.85	Gilmore ve Reid, 1983
325	---	0.02	1.30	---	0.002	3.0	0.85	Gilmore, 1984
280	---	0.0028	1.90	---	0.0012	---	---	Tritton ve Morton, 1984
200-475	---	0.016	1.18-2.21	---	0.0016	---	0.80	Robin ve Crézé, 1986
300	---	0.02	1.00	---	0.001	---	0.85	Del Rio ve Fenkart, 1987
285	---	0.015	1.3-1.5	---	0.002	2.36		Fenkart ve diğ., 1987
325	---	0.0224	0.95	---	0.001	2.9	0.90	Yoshii ve diğ., 1987
249	---	0.041	1.00	---	0.002	3.0	0.85	Kuijken ve Gilmore, 1989
350	3.8	0.019	0.90	3.8	0.0011	2.7	0.84	Yamagata ve Yoshii, 1992
290	---	---	0.86	---	---	4.0	---	Von Hippel ve Bothun, 1993
325	---	0.0225	1.50	---	0.0015	3.5	0.80	Reid ve Majewski, 1993
325	3.2	0.019	0.98	4.3	0.0024	3.3	0.48	Larsen, 1996
250-270	2.5	0.056	0.76	2.8	0.0015	2.44-2.75*	0.60-0.85	Robin ve diğ., 1996, 2000
290	4.0	0.059	0.91	3.0	0.0005	2.69	0.84	Buser, Rong ve Karaali, 1998, 1999
240	2.5	0.061	0.79	2.8	---	---	0.6-0.85	Ojha ve diğ., 1999
330	2.250	0.065-0.13	0.58-0.75	3.5	0.00125	---	0.55	Chen ve diğ., 2001
280(350)	2-2.5	0.06-0.10	0.7-1.0 (0.9-1.2)	3.4	0.0015	---	0.5-0.7	Siegel ve diğ., 2002
275	---	0.0832	0.85	---	0.0007	---	0.67	Karaali ve diğ., 2004

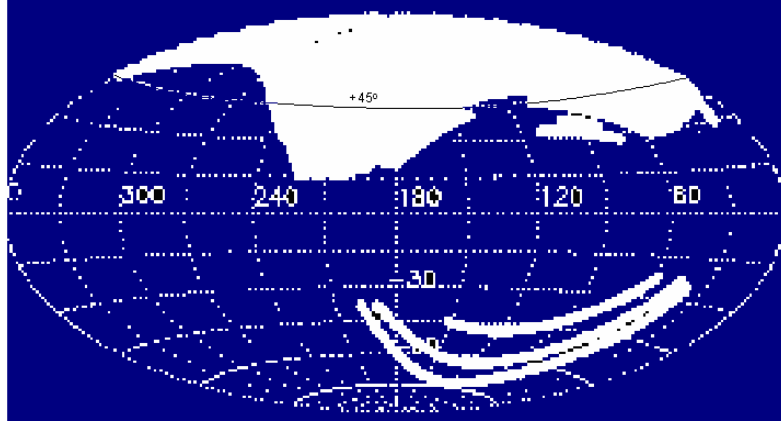
(*) kuvvet kanunu ile elde edilen etkin yarıçap R_e göstermektedir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. FOTOMETRİK VERİLER

Günümüzde geniş ölçekli galaktik yapı araştırmalarında kullanılan önemli fotometrik sistemlerden biri olan SDSS (Sloan Digital Sky Survey), geniş bir gökyüzü alanında, elektro manyetik tayfin optik bölgesinde birbiri içine geçmeyen beş banttan oluşan ve yeterince sönük parlaklıklara kadar ulaşabilen bir fotometrik sistemdir. 2000 yılında kuzey kutup doğrultusunda başlanan SDSS gözlemleri düşük galaktik enlemlerde devam etmektedir. Şimdiye kadar 9 583 der² lik gökyüzü bölgesinin fotometrik incelenmesi tamamlanmıştır (Şekil 3.1). Veriler düzgün zaman aralıklarında profesyonel bir veri indirgeme grubu tarafından organize edilerek SDSS'in web sayfasında yayınlanmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan fotometrik veriler yayınlanmış Veri Sürümü 6 (Data Release 6, DR6)'den alınmıştır.

Tez çalışmasında, Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bunun için, Galaksimizdeki ince disk, kalın disk ve halo popülasyonlarının etkin olduğu orta galaktik enlem kuşağı ($b=45^\circ$) seçilmiştir. Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimini görebilmek için kuşak üzerinde yer alan bölgelerin eşit alanlara bölünmesi gerekir. Bunun için yıldız alanları kuşak üzerinde her bir alanın boylamsal uzunluğu 10° uzunlukta ve büyüklüğü 10 der^2 olacak şekilde seçilmiştir. Kuşak, yukarıda bahsedilen kriter altında 36 eşit parçaya bölünmüş ve SDSS web sayfasından SQL (Structured Query Language) programı kullanılarak alanların fotometrik verileri sorgulanmıştır. SDSS'in gözlem stratejisinden dolayı, kuşak üzerindeki bazı gökyüzü bölgeleri henüz gözlenmemiştir. Bu nedenle, sorgu sonunda 36 yıldız alanından 22'sinin verisine ulaşılmıştır. Kuşak üzerinde yaklaşık 220 der^2 de, $12 < g < 25$ görünen kadir aralığında yaklaşık iki milyon nokta kaynağın SDSS fotometrik verisine ulaşılmıştır.



Şekil 3.1: SDSS DR6’te yayınlanan taranmış yıldız alanları (beyaz). $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağı siyah çizgi ile gösterilmiştir.

3.2. YILDIZ ÖRNEĞİNİN OLUŞTURULMASI

3.2.1. Kızarmadan Arındırma

Yıldızlararası gaz ve toz, yıldız ışığının sönükleşmesine ve kızarmasına neden olur. Yıldızlararası ortamın etkisi düşük galaktik enlemlere doğru önemli ölçüde artar. Ayrıca, yıldızlararası ortamdaki gaz ve toz Samanyolu galaksisi içinde homojen olarak dağılmamıştır. Farklı doğrultu ve uzaklıklarda yıldızlararası ortamın etkisi değişken olacağından incelenen yıldız için sönümleme katsayısının, kullanılacak fotometrik sistem için de iyi bilinmesi gerekir.

Schlegel ve diğ. (1998) COBE uydu verilerini kullanarak Galaksimizin farklı enlem ve boylamlarındaki toz dağılımlarını haritalamışlardır. Oluşturdukları toz haritaları sayesinde Galaksimizdeki farklı enlem ve boylamlarda bulunan kaynaklar için $E(B-V)$ renk artıkları belirlenebilir. SDSS web sunucusu¹ üzerine Schlegel ve diğ. (1998) toz haritaları yüklenmiş olup, sunucu üzerinde sorgulanan herhangi bir doğrultu için $E(B-V)$ renk artığı hesaplanabilir. Her bir nokta kaynağın V bandındaki toplam absorpsiyonu A_v olmak üzere,

$$A_v = 3.1E(B-V) \quad (3.1)$$

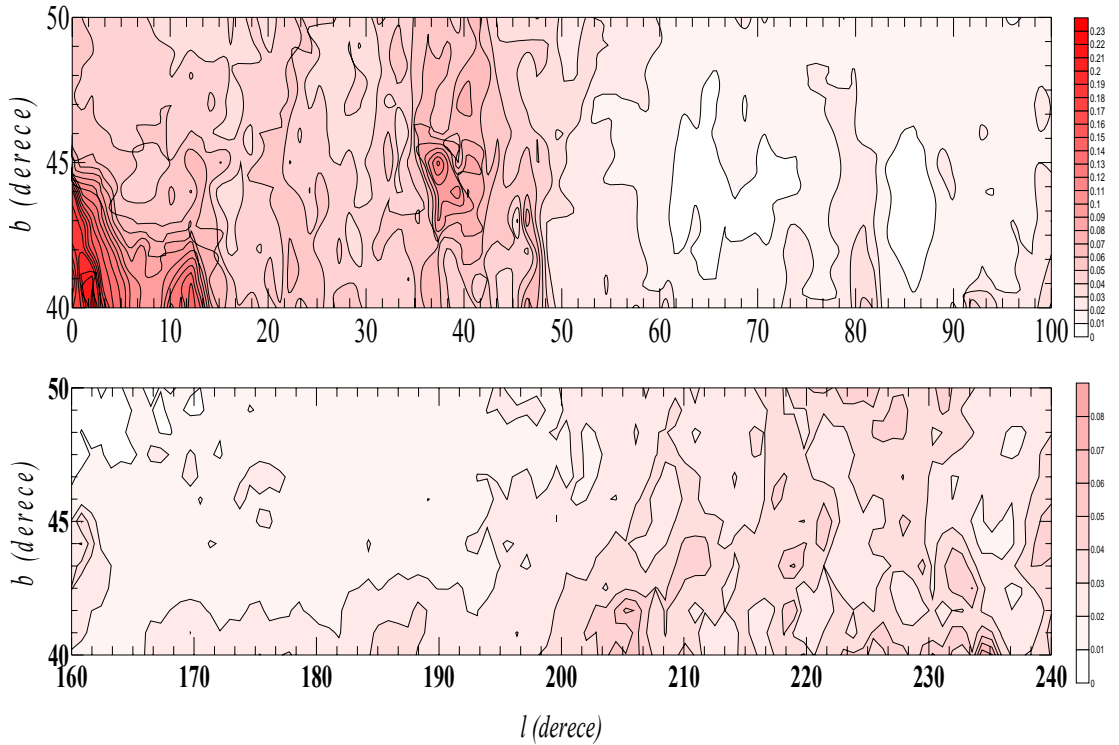
¹ www.sdss.org/dr6

denklemleri ile hesaplanır. SDSS'deki beş bandın toplam absorpsiyon (A_i) tayini için Fan (1999) tarafından her band için verilen A_i / A_v oranlarına ait katsayılar kullanılmıştır. u, g, r, i ve z bandları için katsayılar, sırası ile, 1.593, 1.199, 0.858, 0.639 ve 0.459'dir.

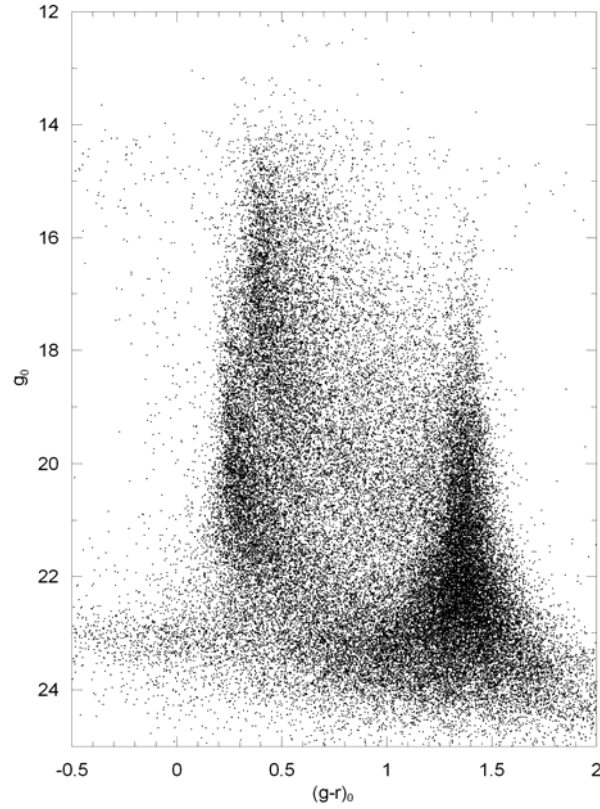
Kaynakların kızarmadan arındırılmış parlaklıkları, belirli bir banttaki kızarmış görünen parlaklık (u, g, r, i, z) ile yıldızın o banttaki toplam absorpsiyon (A_u, A_g, A_r, A_i, A_z) fark alınarak bulunmuştur.

$$u_0 = u - A_u; g_0 = g - A_g; r_0 = r - A_r; i_0 = i - A_i; z_0 = z - A_z \quad (3.2)$$

Yıldız alanlarındaki her bir nokta kaynağın E(B-V) renk artışı değerleri SDSS'in DR6 veri tabanından sağlanmıştır. $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağındaki yıldız alanlarının E(B-V) eş-renk artışı haritaları Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, Galaksi merkezi doğrultusundaki alanlarda ölçülen ortalama renk artışı değeri E(B-V) ~ 0.10 iken Galaksi merkezine zıt doğrultuda bulunan alanlarda ölçülen ortalama renk artışı değeri yaklaşık E(B-V)=0.01 kadirdir. Bir örnek teşkil etmesi için, $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanının kızarmadan arındırılmış $12 < g_0 < 25$ görünen kadir aralığındaki 107 863 kaynağın $g_0/(g-r)_0$ renk-kadir diyagramı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Orta kuzey galaktik enlemlili kuşağındaki E(B-V) eş-renk artışı eğrileri.



Şekil 3.3: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanındaki kaynakların kızarmadan arındırılmış $g_0/(g-r)_0$ renk-kadir diyagramı.

3.2.2. Yıldızlılık İndeksi, İki Renk Diyagramları ve Limit Kadirler

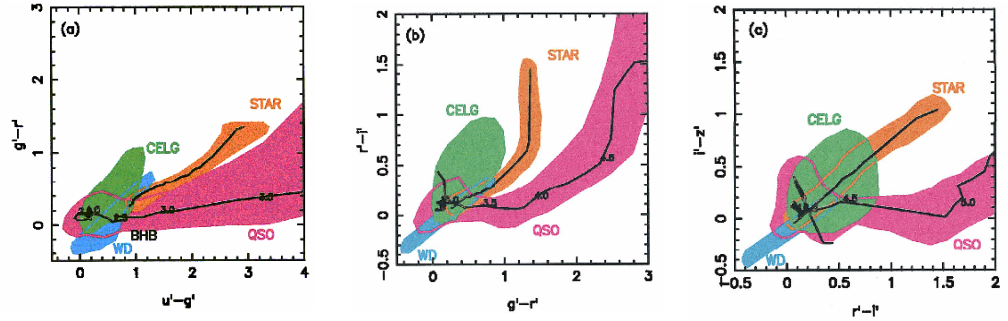
Uzun poz süresi verildiğinde, geniş band filtreleri Galaksimizdeki sönük yıldızlarla birlikte galaksi-dışı cisimlerin gözlemine de imkan verir. Gökyüzü tarama programlarındaki CCD görüntülerinde “nokta” veya “uzamış” kaynaklar görülür. Görüntülerdeki nokta kaynaklar, Galaksimizdeki yıldızları ve kuazarları, uzamış kaynaklar ise Galaksimiz dışındaki diğer galaksileri gösterir.

Bertin ve Arnouts (1996), CCD görüntülerindeki nokta ve uzamış kaynakların sınıflandırılmasını yapabilmek için SExtractor (Source Extractor) isimli bir yazılım geliştirdiler. Bu yazılım, görüntülerdeki her bir cismin, nokta veya uzamış kaynak olma olasılığını (yıldızlılık indeksi) hesaplar. Olasılık değeri 0.8’den büyük olan cisimler nokta kaynak, bu değerden küçük olanlar ise uzamış kaynak olarak sınıflandırılır. Bu yöntem, sönük kadirler doğru gidildikçe duyarlılığını yitirir. SDSS fotometrik

verilerinin biçimsel sınıflandırılmasında, Bertin ve Arnouts (1996)'ın benzer bir yöntemi kullanılır. İncelenen görüntülerde nokta kaynaklar “1”, uzamış kaynaklar ise “0” sayısı ile gösterilir.

Tez çalışmasında, kullanılacak yıldız örneğinin oluşturulmasında yıldızlımsılık indeksi “1” olan fotometrik veriler dikkate alınmıştır. SDSS fotometrisinde yıldızlımsılık indeksi ölçülen her bir band için verilmektedir. u ve z bandlarında duyarlılığın az olmasından dolayı yıldız örneğinin oluşturulmasında sadece g, r ve i bandlarındaki yıldızlımsılık indeksi dikkate alınmıştır.

Sönük kadirlerde yıldızlımsılık indeksi “1” olarak sınıflandırılan nokta kaynakların hepsi Galaksimizin yıldızları olmayabilir. CCD görüntülerinde nokta kaynakların seçimi için farklı fotometrik bantlarda alınan akıların karşılaştırılması dikkate alınabilir. Farklı türden kaynakların enerji dağılımlarını inceleyen Fan (1999), SDSS fotometresinde ölçülmesi gereken teorik renkleri hesaplayarak, bu kaynakların renk uzayındaki konumlarını oluşturmuştur (Şekil 3.4).



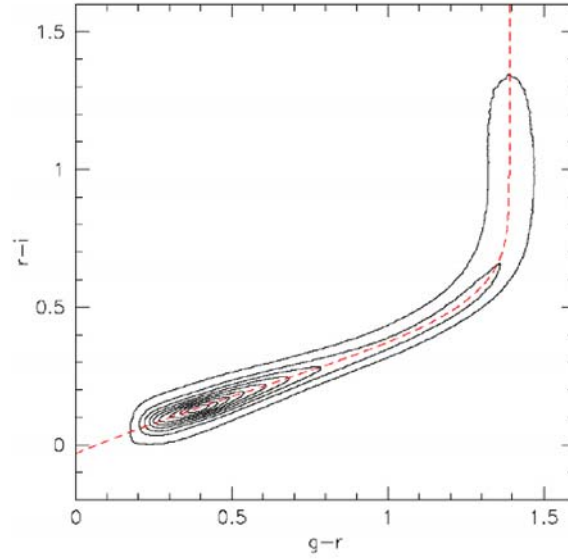
Şekil 3.4: SDSS fotometrisinde farklı cisimlerin ayırımında kullanılan iki renk diyagramları.

SDSS fotometrik sistemi için Fan (1999)'ın üretmiş olduğu iki renk simülasyonlarında sıcak beyaz cüceler, düşük kırmızıya kayma gösteren kuazarlar ve ayırt edilememiş beyaz/kırmızı cüce çift yıldız sistemleri de renk uzaylarında göreceli olarak farklı konumlarda yer almaktadırlar. Bu yüzden gerçek yıldız örneğinin edilmesinde, yıldızlımsılık indeksine ek olarak kaynakların renk uzaylarındaki konumlarına da bakılmalıdır. Simülasyonlardan görüleceği gibi, yıldız örneğinin ayırımında $(g-r)/(r-i)$ iki renk diyagramının kullanılması daha uygundur. Bununla beraber, Chen ve diğ. (2001),

$(u-g)_0/(g-r)_0$ iki-renk diyagramında kırmızıya kayması az ($z = 0.06$) olan kuazarların $(u-g) = 0.5$ 'ten daha mavi renklerde olduğunu tespit ederek bu cisimleri örneklerinden çıkarmışlardır.

Yıldız alanlarında yer alan farklı türden cisimlerin arındırılmasında son yöntem Jurić ve diğ. (2008)'nin çalışmasıdır. Jurić ve diğ. (2008), *SDSS* fotometrisinde galaksi-dışı cisimlerin ayırımı için, $(r-i)/(g-r)$ iki renk diyagramında yıldızların konumunu (3.3) denklemi ile belirlemişlerdir (Şekil 3.5). Her gözlemsel çalışmada var olan tabii saçılmayı da dikkate alan bu araştırmacılar (3.3) denklemi ile verilen eğriden $d = \pm 0.3$ kadar uzaklığında iki eş-renk eğrisi belirlemişler ve bu eğrilerden oluşan bandı “yıldız bandı” olarak kabul etmişlerdir. Böylece, bu bandın dışında kalan kaynakları galaksi-dışı cisimler olarak sınıflamışlardır.

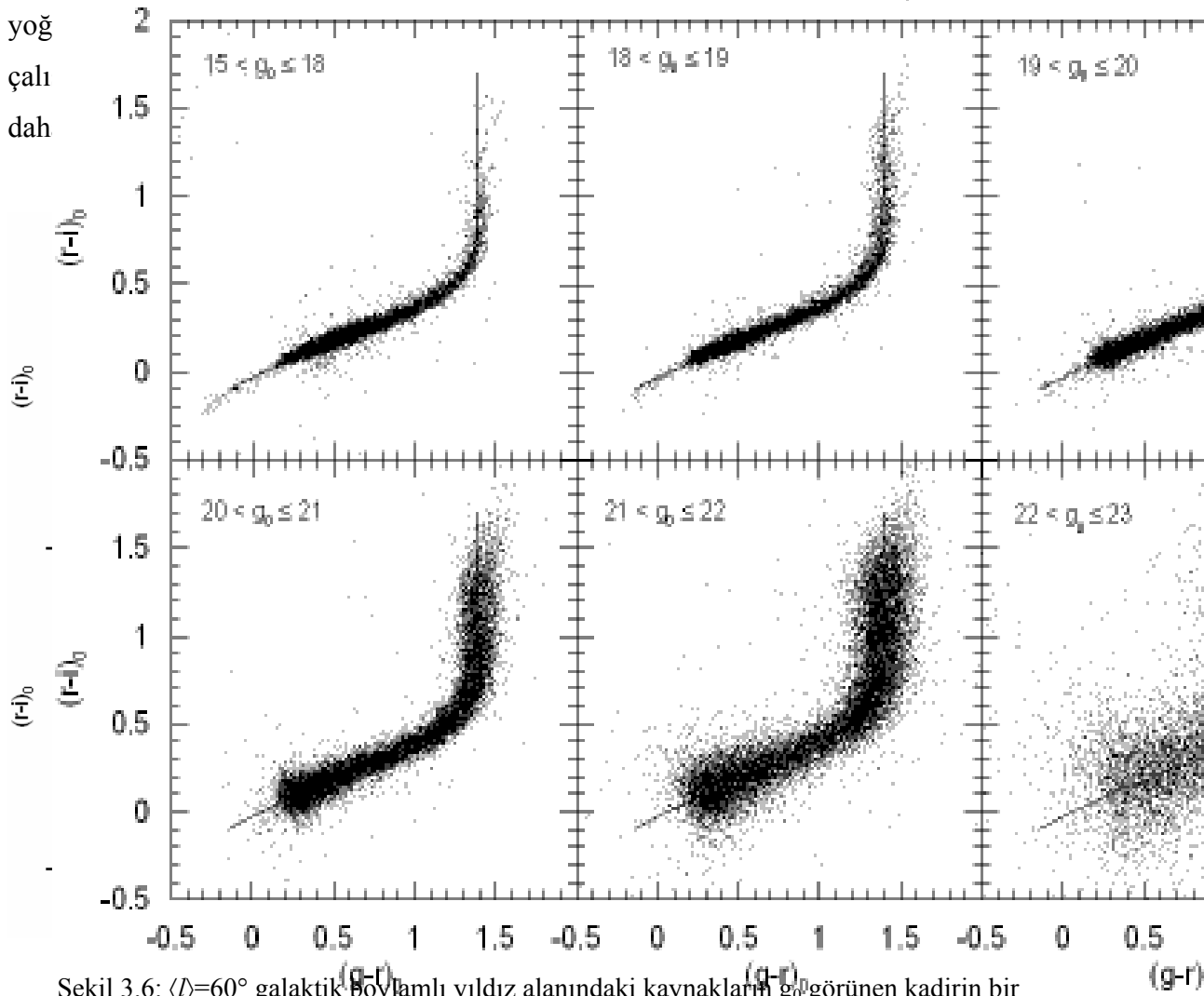
$$g - r = 1.39(1 - \exp[-4.9(r - i)^3 - 2.45(r - i)^2 - 1.68(r - i) - 0.050]) \quad (3.3)$$



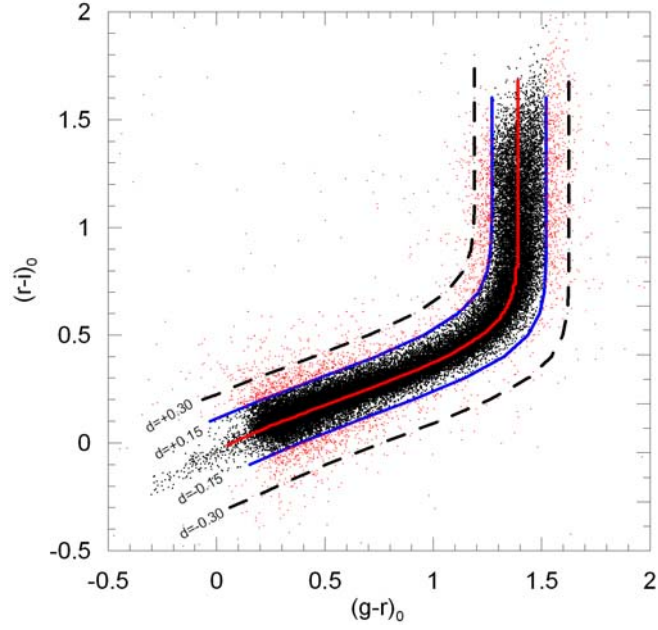
Şekil 3.5: $(r-i)/(g-r)$ iki renk uzayındaki yıldızlar bandı. Kesikli çizgi, (3.3) denklemini temsil ediyor.

Tez çalışmasındaki yıldız örneğinin belirlenmesinde Jurić ve diğ. (2008)'nin yöntemi geliştirilerek kullanılmıştır. Bu amaç için, galaktik boylamı $\langle l \rangle = 60^\circ$ olan yıldız alanındaki kaynaklara ait $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramları [15,18], [18,19], [19,20], [20,21], [21,22] ve [22,23] görünen kadir aralıkları için ayrı ayrı çizilip kaynakların konumu incelenmiştir. Şekil 3.6'dan görüldüğü gibi, sönük kadirlerle doğru gidildikçe

hem kaynakların bulunduğu yoğun bölge genişlemekte hem de saçılma artmaktadır. Bunun nedeni, sönük kadirlerle doğru gidildikçe hataların artmasıdır. O halde, Jurić ve diğ. (2008)'nin belirlediği $d = \pm 0.3$ kadirlik uzaklık sabit bir değer değildir. Ayrıca, Jurić ve diğ. (2008)'nin incelediği alanlar yüksek galaktik enlemli yıldız alanları olup, yüzey yoğunlukları (birim alana düşen yıldız sayısı) azdır. Halbuki tez çalışmasında incelenen yıldız alanlarının galaktik enlemleri daha düşük olup, bunların yüzey yoğunlukları daha büyüktür. Bu sebepten, tez çalışmasındaki yıldızların (3.3) denklemi ile verilen eğriye $d = \pm 0.3$ kadirden daha yakın olması beklenir. Gerçekten $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanına ait tüm kaynakların gösterildiği Şekil 3.7'de, kaynakların

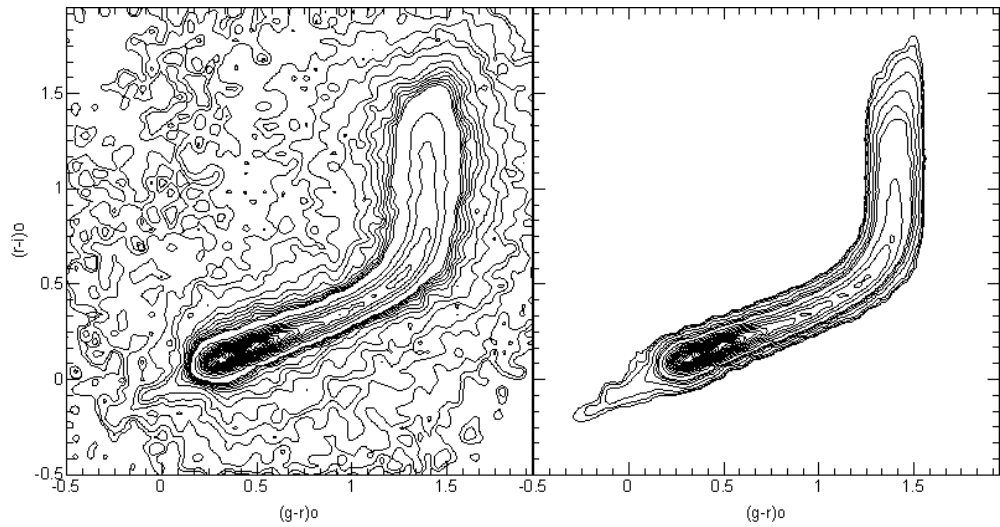


Şekil 3.6: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanındaki kaynakların g_0 görünen kadirin bir fonksiyonu olarak $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramları.

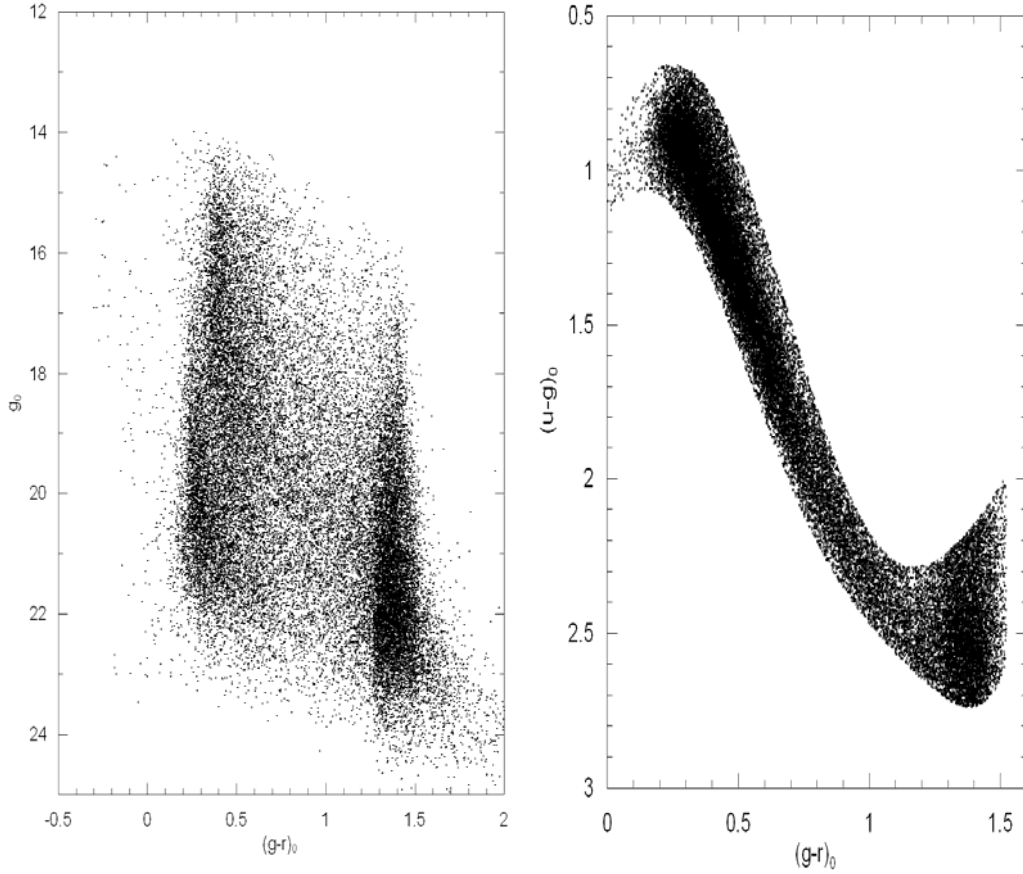


Şekil 3.7: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanındaki kaynakların $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramı. Ortadaki kalın çizgi (3.3) numaralı denklemi, ortadaki çizgiye eşit mesafedeki kalın çizgiler $d = \pm 0.15$ kadar uzaklıktaki bölgeyi, kesikli çizgiler ise ortadaki çizgiden $d = \pm 0.30$ kadar uzaklıktaki bölgeyi gösteriyor.

60° galaktik boylamlı yıldız alanındaki tüm kaynakların $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk uzayındaki eş yoğunluk diyagramı Şekil 3.8'in solundaki panelde gösterilmiştir. Yıldızlımsılık indeksi ve $d = \pm 0.15$ kadar uzaklık kriterine göre belirlenen “yıldız örneği” Şekil 3.8'in sağdaki panelde gösterilmiştir. $12 \leq g_0 \leq 25$ görünen kadar aralıktaki yıldızların $g_0/(g-r)_0$ renk-kadir ve $(u-g)_0/(g-r)_0$ iki-renk diyagramı Şekil 3.9'de verilmiştir.

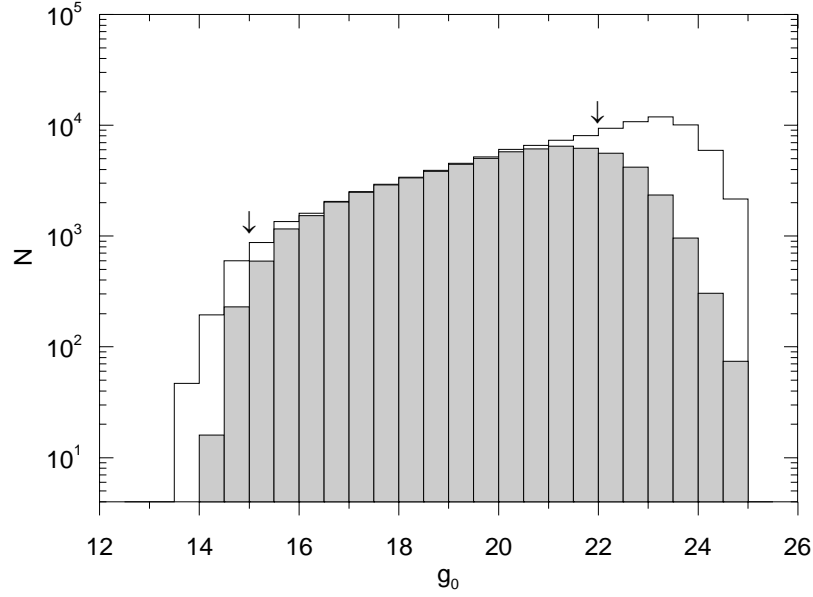


Şekil 3.8: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanındaki nokta ve galaksi-dışı kaynakların (solda) ve sadece yıldızların (sağda) $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki-renk diyagramları.



Şekil 3.9: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı alandaki yıldızların $g_0/(g-r)_0$ renk-kadir ve $(u-g)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramları.

Galaksi modellerinde kullanılacak verinin hacimsel olarak tam olması çok önemlidir. Bu yüzden tez çalışmasında yıldızların parlak ve sönük limit kadirlerinin tayini için g_0 bandındaki frekans dağılımı incelenmiştir. Şekil 3.10'da SDSS veri merkezinden alınan kaynaklar ve istatistiksel analizler sonucunda yıldız olarak sınıflananlar, sırası ile, içi boş ve taralı bölge ile gösterilmiştir. İlgili şekilden görüldüğü gibi, program yıldızı olarak seçilecek yıldızların g_0 bandındaki parlak ve sönük limit kadirleri, sırası ile, 15 ve 22 kadirdir. Şekilde bu limitler oklar ile gösterilmiştir. Parlak limit kadirin $g_0 = 15$ kadir olarak seçilmesinin nedeni, daha parlak kadirdeki yıldızların uzun poz süresinden dolayı CCD üzerinde bir doyuma (saturation) ulaşmaları, sönük limit kadir olarak $g_0 = 22$ kadir seçilmesinin nedeni ise uzun poz süresine rağmen daha sönük kaynakların, CCD'nin kuantum etkinliğinden dolayı, CCD üzerindeki görüntülerinin oluşmamasındandır.



Şekil 3.10: Galaktik boylamı 60° olan yıldız alanındaki kaynak ve yıldızların g_0 görünen kadir histogramları. Tüm kaynaklar ve yıldız örneği, sırası ile, içi boş ve taralı bölge ile gösterilmiştir. Histogramdaki $g_0=15$ ve 22 kadirlerine denk gelen oklar çalışmada kullanılan parlak ve sönük limit kadirleri gösterir.

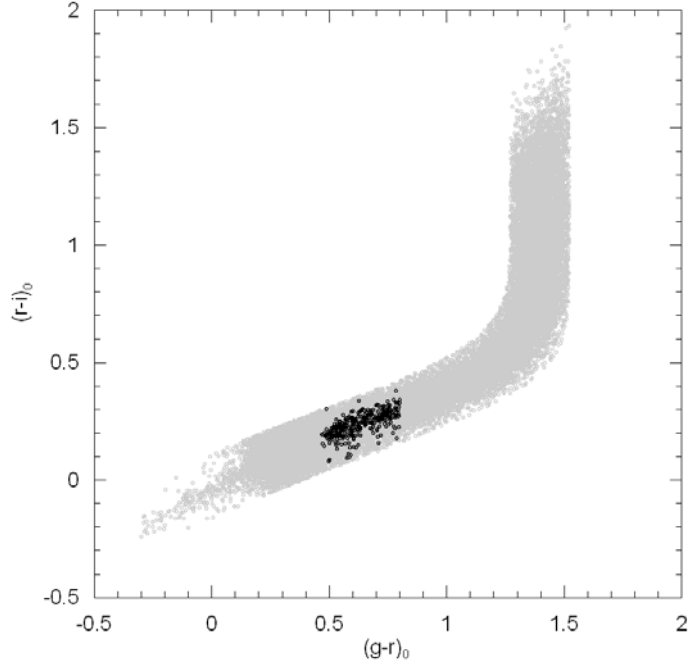
3.2.3. Dev Yıldızların Ayırımı

Tez çalışmasında cüce yıldızların Galaksi model parametreleri tayin edileceğinden yıldız örneğindeki dev yıldızları ayırmak için Helmi ve diğ. (2003) ve Bilir ve diğ. (2008)'nin çalışmasında yer alan aşağıdaki kriterler kullanılmıştır:

Metalce fakir dev yıldızlar için, $r_0 < 19$, $1.1 \leq (u-g)_0 \leq 2.0$, $0.3 \leq (g-r)_0 \leq 0.8$, $-0.1 < P_1 < 0.6$ ve $s > m_s + 0.05$ ($m_s = 0.002$). Burada P_1 ve s aşağıdaki denklemlerde verilmiştir:

$$P_1 = 0.910(u-g)_0 + 0.415(g-r)_0 - 1.28, \quad s = -0.249u_0 + 0.794g_0 - 0.555r_0 + 0.24 \quad (3.4)$$

Örnek olarak, $15 \leq g_0 \leq 22$ görünen kadir aralığındaki 60° galaktik boylamlı alandaki 54 615 yıldız içinde 335 dev yıldız tespit edilmiştir. Bu değer tüm örneğin %0.6'sını oluşturmaktadır. Dev yıldızların örnekten çıkarılması ile $15 \leq g_0 \leq 22$ görünen kadir aralığında cüce yıldız sayısı 54 280 olmuştur. Şekil 3.11'de yıldız örneği içindeki dev ve cüce yıldızların $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramı üzerindeki konumları, sırası ile, siyah ve gri renk tonları ile gösterilmiştir. Metalce zengin dev yıldızlar parlak görünen kadirlerde bulunurlar. Bu çalışmada parlak limit kadir $g_0 = 15$ olduğundan metalce zengin dev yıldızların örnek içerisindeki karışma ihtimali istatistik açıdan çok azdır.



Şekil 3.11: 60° galaktik boylamlı yıldız örneğindeki dev (siyah) ve cüce (gri) yıldızların $(r-i)_0/(g-r)_0$ iki renk diyagramı üzerindeki konumları.

3.3. MUTLAK KADİR VE UZAKLIK TAYİNİ

3.3.1. Mutlak Kadir Tayini

Galaksimizdeki popülasyonlara ait anakol yıldızlarının mutlak kadirleri farklı yöntemlerle tayin edilebilir. Yöntemlerden biri, renk kadir diyagramlarının kullanılmasıdır. Bu yöntemin olumsuz yönlerinden biri; yıldızların popülasyon ayırımının yapılmasının gerekmesi diğeri; yıldız popülasyonlarının (ince disk, kalın disk ve halo) *ortalama metal bolluğunu* temsil eden kümeler seçilmesidir. Bu da, ortalama metal bolluğundan daha fakir veya daha zengin yıldızların mutlak kadir tayininde bir yanlılığa yol açar.

Mutlak kadir tayininde kullanılan bir diğeri yöntem ise morötesi artığının bir fonksiyonu olarak kullanılan fotometrik kalibrasyonlardır. $4 < M_g \leq 8$ mutlak kadir aralığındaki (geç F-K5 tayf sınıfı) anakol yıldızları için Karaali ve diğ. (2005, KBT)'nin SDSS fotometrisinde oluşturdukları, morötesine duyarlı, (3.5) bağıntısı kullanılarak yıldızların mutlak kadirlerinin hesaplanmasıdır. Bu bağıntı, $(g-r)_0$ renk indeksi ve $\delta_{0.43}$

normalleştirilmiş morötesi artığının fonksiyonu olarak verilen ΔM_g^H , Hyades anakoluna normalize edilmiş mutlak kadirdir. Burada $\delta_{0.43}$, bir yıldızın $(g-r)_0=0.43$ (UBV fotometrisinde $(B-V)=0.6$ kadirinin Sloan fotometrisindeki karşılığı) renk indeksindeki bir Hyades yıldızına göre gösterdiği morötesi artığıdır.

$$\Delta M_g^H = c_3 \delta_{0.43}^3 + c_2 \delta_{0.43}^2 + c_1 \delta_{0.43} + c_0 \quad (3.5)$$

Yukarıdaki bağıntıda c_i ($i=0, 1, 2, 3$) katsayıları $(g-r)_0$ nin bir fonksiyonu olarak Karaali ve diğ. (2005) çalışmasından alınmıştır. ΔM_g^H , aynı $(g-r)_0$ renk indeksindeki bir Hyades yıldız ile örnekteki bir yıldızın mutlak kadirleri arasındaki farktır:

$$\Delta M_g^H = M_g^* - M_g^H \quad (3.6)$$

M_g^H mutlak kadiri Hyades kümesinin anakolu yardımı ile elde edilir. Yıldızın mutlak kadiri M_g^* (3.5) ve (3.6) numaralı denklemlerin kullanılması ile bulunur.

Daha geç tayf tipteki yıldızların (K5-M0) mutlak kadirleri ise Bilir ve diğ. (2005, BKT)'nin çalışmasında verilen sıcaklığa duyarlı (3.7) numaralı bağıntı kullanılarak tayin edilebilir.

$$M_g = 5.791(\pm 0.023)(g-r)_0 + 1.242(\pm 0.012)(r-i)_0 + 1.412(\pm 0.021) \quad (3.7)$$

Yıldızların popülasyon ayırımı yapılmaksızın, SDSS fotometrik verilerinden itibaren KBT ve BKT kalibrasyonlarının kullanılması ile anakol yıldızlarının mutlak kadirleri tayin edilmiştir.

Gözlediğimiz kaynaklar uzak olduklarından gözlemler bazı seçim etkilerini içermektedir. Bu seçim etkilerinden biri de Malmquist (1920) tarafından kendi ismi ile anılan “Malmquist yanlılığı”dır. Güneş merkezli büyük bir uzay hacmi içerisinde bulunan kaynaklar incelenirken, Güneş'ten çok uzakta bulunan yıldızlar dikkate alındığında ışımaya gücü büyük olanların gözlenme olasılığı daha büyüktür. Yani, aynı uzaklıktaki küçük kütleli yıldızlar fark edilmeyebilir. Bu da bir seçim etkisinin

oluşmasına neden olur. Bu seçim etkisini giderebilmek için Malmquist (1920)'in çalışmasında verdiği denklem kullanılmıştır:

$$M_g = M_0 - \sigma^2 \frac{d \log A(g)}{dg} \quad (3.8)$$

Burada M_g , varsayılan mutlak kadir; M_0 , Karaali ve diğ. (2005) ve Bilir ve diğ. (2005) çalışmalarındaki uzaklık kalibrasyonu ile hesaplanan mutlak kadir; σ , kalibrasyonlara ait dispersiyon (yaklaşık 0.25 kadir); $A(g)$, herhangi bir yıldızın g_0 görünen kadirdeki diferansiyel sayımıdır. Her bir birim görünen kadir aralığında (4,5], (5,6], (6,7], (7,8], (8,9], (9,10] her bir mutlak kadir aralığı için Malmquist düzeltmesi uygulanmıştır. Yukarıda belirtilen mutlak kadir aralıkları için uygulanan Malmquist düzeltmeleri, sırası ile, 0.005, 0.003, 0.007, 0.008, 0.012 ve 0.012 kadirdir.

3.3.2. Uzaklık Tayini

Yıldızların Güneş'e olan r uzaklıkları fotometrik paralaks yöntemi ile hesaplanmıştır:

$$g_0 - M_g = 5 \log r - 5 \quad (3.9)$$

Yıldızların galaktik düzleme olan z dik uzaklığı ise aşağıdaki denklem ile tayin edilmiştir:

$$z = r \sin(b) \quad (3.10)$$

Burada b yıldızın galaktik enlemini gösteriyor.

3.4. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN TAYİNİ

3.4.1. Yoğunluk Kanunları

Astronomik gözlemler tek başına anlamlı değildir. Gözlemleri fiziksel bir temelde açıklayabilmek için matematiksel kanunlardan yararlanır. Tez çalışmasında diskin model parametreleri, Galaksimizin dik ve radyal doğrultudaki eksponansiyel değişimini ifade eden aşağıdaki kanun ile tayin edilmiştir:

$$D_i(x, z) = n_i \exp(-|z|/H_i) \exp(-(x - R_0)/h_i) \quad (3.11)$$

Burada $z = z_{\odot} + r \sin(b)$, r yıldızın Güneş'e olan uzaklığı, b yıldızın galaktik enlemi, z_{\odot} Güneş'in Galaksi düzleminde olan dik uzaklığı (24 pc, Jurić ve diğ., 2008), R_0 Güneş'in Galaksi merkezine uzaklığı (Reid, 1993; 8 kpc), H_i ve h_i disk popülasyonunun, sırası ile, yükseklik ve uzunluk ölçeği olup $i=1$ ince disk ve $i=2$ kalın disk popülasyonunu ifade eder, n_i ince ve kalın disk popülasyonunun uzay yoğunluğudur (Güneş civarındaki yıldız yoğunluğu).

Galaksimizin halo popülasyonuna ait model parametrelerinin tayini için (3.12) eşitliğinde verilen *de Vaucouleurs* kanunu kullanılmıştır (de Vaucouleurs, 1948).

$$D_s(R) = \frac{n_s \exp\{10.093[1 - (R/R_0)^{1/4}]\}}{(R/R_0)^{7/8}} \left(1 - \left(\frac{0.08669}{(R/R_0)^{1/4}}\right)\right) \quad (3.12)$$

Burada n_s , haloya ait yerel uzay yoğunluğu; R , uzay yoğunluğunun hesaplandığı bölgenin Galaksi merkezine olan uzaklığı ($R = [x^2 + (z/(c/a))^2]^{1/2}$); (c/a) , Galaksi halosunun basıklığı; x ise kaynağın Galaksi merkezine olan uzaklığının galaktik düzlem üzerindeki izdüşümüdür.

$$x = [R_0^2 + r^2 \cos^2 b - 2R_0 r \cos b \cos l]^{1/2} \quad (3.13)$$

Burada, l yıldızın galaktik boylamıdır.

3.4.2. Gözlemsel Yoğunluklar

Yıldızların gözlemsel yoğunlukları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak elde edilmiştir.

$$D^* = \log D + 10; \quad D = N / \Delta V_{1,2}; \quad \Delta V_{1,2} = \left(\frac{\pi}{180}\right)^2 \left(\frac{A}{3}\right) (r_2^3 - r_1^3) \quad (3.14)$$

Burada D^* logaritmik uzay yoğunluğu; A , yıldız alanının büyüklüğü (10 der²); r_1 ve r_2 , minimum ve maksimum uzaklıkları; $\Delta V_{1,2}$, r_1 ve r_2 uzaklık aralıklarına denk gelen uzaysal hacimdir; N , birim mutlak kadirdeki yıldız sayısıdır. hacminin kütle merkezinin uzaklığıdır (r^*):

$$r^* = \left[\frac{(r_1^3 + r_2^3)}{2}\right]^{1/3} \quad (3.15)$$

Kütle merkezinin galaktik diskten uzaklığı $z^* = r^* \sin(b)$ bağıntısı ile hesaplanmış olup b , yıldız alanının merkezinin enlemidir. Bu eşitlikler yardımı ile belirlenen uzaklık aralıkları için gözlemsel uzay yoğunluklar hesaplanmıştır.

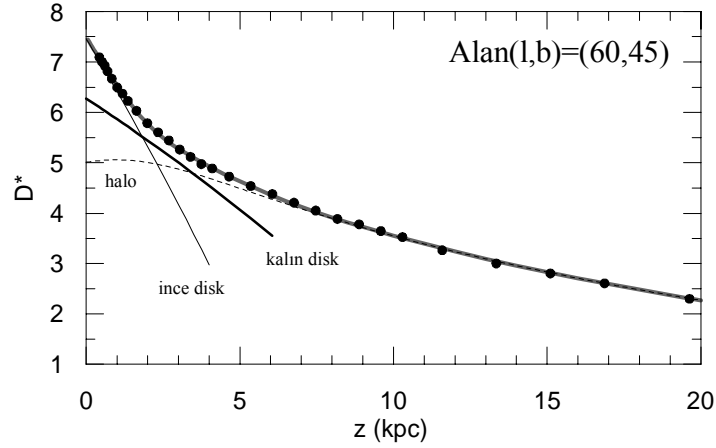
Gözlemsel uzay yoğunluklarının hesabını gösterebilmek için $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanı örnek olarak seçilmiştir (Tablo 3.1). Gözlemsel yoğunluklar, tabloda verilen uzaklık aralıklarındaki (r_1-r_2) yıldız sayılarının (N), içinde buldukları uzay hacmine ($\Delta V_{1,2}$) oranı [Eşitlik (3.14)] ile hesaplanmıştır. Uzay yoğunluk değerleri küçük olduğundan tercihen (3.14) eşitliğinde verilen logaritmik uzay yoğunluklar (D^*) kullanılmıştır. Her bir uzaklık aralığını temsil eden r^* kütle merkezinin uzaklığı (3.15) deki eşitlik ile hesaplanmış ve bu uzaklığın galaktik düzleme olan uzaklığı z^* ile gösterilmiştir.

3.4.3. Galaksi Model Parametrelerinin Hesabı ve Dejenerasyonluk

Galaksi model parametreleri, gözlemsel uzay yoğunlukları ve teorik uzay yoğunluklarının karşılaştırılması ile tayin edilir. Tablo 3.1'de verilen uzaklık aralıkları için (3.11) ve (3.12) eşitlikleri ince disk, kalın disk ve halonun teorik yoğunlukları hesaplanır. Bu bileşenlerin teorik yoğunlukları toplanarak seçilen her bir uzaklık aralık için toplam teorik yoğunluklar (D_{teo}^*) hesaplanmıştır. $\langle l \rangle = 60^\circ$ boylamlı yıldız alanı için gözlemsel ve teorik yoğunluklar karşılaştırılması Şekil 3.12'de gösterilmiştir. Şekilde, Tablo 3.1'de verilen gözlemsel yoğunlukları noktalar, bu alan için hesaplanmış en iyi teorik yoğunluk fonksiyonu da noktalar üzerinden geçen kalın çizgi temsil etmektedir. Bu çalışmada, Bölüm 3.4.1'deki (3.11) ve (3.12) eşitliklerinde verilen parametrelerin tayini amaçlandığından, hesaplanması istenen parametrelerin geniş bir aralıkta incelenmesi gerekir. Teorik model hesabında her bir parametre için kullanılan aralık ve değişim miktarı Tablo 3.2'de verilmiştir. Her bir parametrenin değişim aralığı dikkate alındığında milyonlarca teorik modelin üretildiği görülür. Gözlemsel uzay yoğunluğu ile en iyi uyumu gösteren teorik modelin belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikte verilen χ^2 istatistiği kullanılmıştır.

$$\chi^2 = \sum \frac{(G - B)^2}{B} \quad (3.16)$$

Burada G ve B sembolleri, sırası ile, hesaplamalarda kullanılan gözlemsel ve teorik uzaysal yoğunlukları ifade eder. Hesaplanan milyonlarca model içinde gözlemsel uzay yoğunluklarını en iyi temsil eden teorik modelin seçiminde en küçük χ^2 değerli model dikkate alınmıştır. Bu şekilde her bir yıldız alanı için ince ve kalın diskin yerel uzay yoğunlukları, yükseklik ve uzunluk ölçekleri ve halonun yerel uzay yoğunluğu ile basıklık parametreleri eş zamanlı tayin edilmiştir. Galaksi model parametrelerinin tayininde $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığındaki gözlemsel veriler kullanılmıştır. Bundan dolayı, Güneş civarındaki toplam uzay yoğunluğunun belirlenmesinde, $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığı için Hipparcos uydu (Jahreiss ve Wielen, 1997) verilerinden hesaplanan $D^* = 7.49'$ luk ortalama değer alınmıştır.



Şekil 3.12: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanının $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığı için gözlemsel (nokta) ve teorik yoğunlukların (gri eğri) karşılaştırılması. İnce disk (düz çizgi), kalın disk (kalın siyah çizgi) ve halonun (kesikli çizgi) teorik yoğunlukları.

Son zamanlarda χ^2 yöntemi galaktik model parametrelerinin tayininde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin kullanıldığı çalışmalara örnek olarak Phleps ve diğ. (2000, 2005), Chen ve diğ. (2001), Siegel ve diğ. (2002) ve Du ve diğ. (2003, 2006) verilebilir. Model parametrelerindeki hatalar, en küçük χ^2 değerinin bir birim kadar artırılıp, azaltılması ile hesap edilmiştir (Buser ve diğ. 1998, 1999; Phleps ve diğ. 2000).

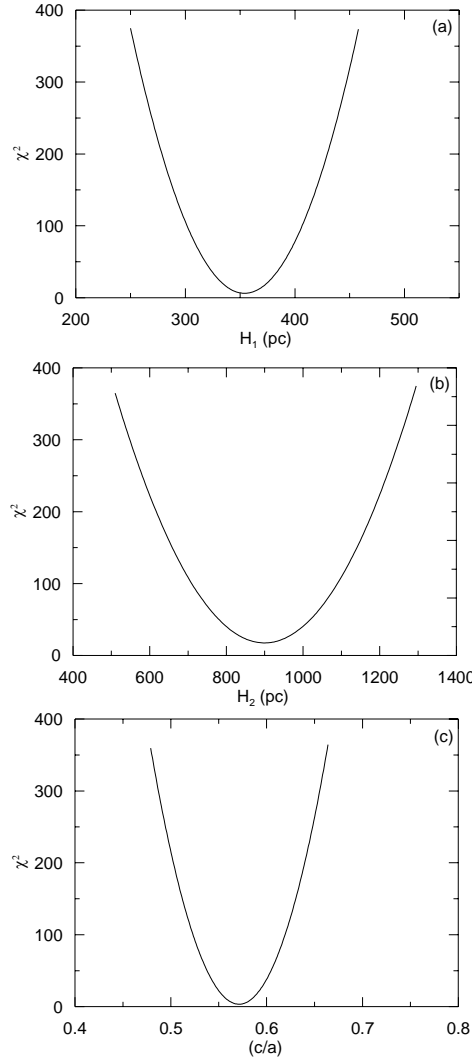
Şekil 3.13'de ince ve kalın diskin yükseklik ölçekleri ve halo basıklık değerlerinin χ^2 ile değişimi verilmiştir. Şekildeki parametrelerin χ^2 değişimleri “normal” dağılıma uygun görülmektedir. Geniş bir parametre aralığında hesaplanan χ^2 değerleri simetrik bir yaklaşımla en küçük değere yaklaşmaktadır. Bu da, incelenen model parametresinin tek bir değere odaklandığını gösterir.

Tablo 3.1: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanının $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığındaki gözlemsel verileri. r_1-r_2 seçilen uzaklık aralığını, $\Delta V_{1,2}$, r_1-r_2 uzaklık aralıklarına denk gelen uzaysal hacimi, N bu hacimdeki yıldız sayısını, r^* ve z^* , sırası ile, $\Delta V_{1,2}$ hacminin kütle merkezinin Güneş'ten ve galaktik düzlemden uzaklığını, D^* ve D^*_{teo} , sırası ile, gözlemsel ve teorik uzay yoğunluklarının gösteriyor. Uzaklıklar kpc, hacim pc^3 biriminde verilmiştir. Parantez içindeki değerler, 10'nun kuvvetini göstermektedir.

Sıra	r_1-r_2	$\Delta V_{1,2}$	N	r^*	z^*	D^*	D^*_{teo}
1	0.50-0.63	1.2(05)	151	0.57	0.4	7.10	7.08
2	0.63-0.75	1.8(05)	182	0.69	0.49	7.00	6.99
3	0.75-0.88	2.5(05)	214	0.82	0.58	6.93	6.91
4	0.88-1.00	3.4(05)	221	0.94	0.67	6.82	6.82
5	1.00-1.25	9.7(05)	456	1.14	0.81	6.67	6.69
6	1.25-1.50	1.4(06)	456	1.39	0.98	6.50	6.54
7	1.50-1.75	2.0(06)	477	1.64	1.16	6.37	6.38
8	1.75-2.00	2.7(06)	455	1.88	1.33	6.23	6.23
9	2.00-2.50	7.8(06)	834	2.28	1.61	6.03	6.02
10	2.50-3.00	1.2(07)	708	2.77	1.96	5.79	5.78
11	3.00-3.50	1.6(07)	650	3.27	2.31	5.62	5.58
12	3.50-4.00	2.2(07)	600	3.77	2.66	5.45	5.41
13	4.00-4.50	2.8(07)	508	4.27	3.02	5.26	5.26
14	4.50-5.00	3.5(07)	454	4.76	3.37	5.12	5.13
15	5.00-5.50	4.2(07)	398	5.26	3.72	4.98	5.01
16	5.50-6.00	5.1(07)	390	5.76	4.07	4.89	4.90
17	6.00-7.00	1.3(08)	690	6.54	4.62	4.73	4.73
18	7.00-8.00	1.7(08)	596	7.53	5.33	4.54	4.53
19	8.00-9.00	2.2(08)	532	8.53	6.03	4.38	4.35
20	9.00-10.00	2.8(08)	446	9.53	6.74	4.21	4.18
21	10.00-11.00	3.4(08)	380	10.52	7.44	4.06	4.03
22	11.00-12.00	4.0(08)	311	11.52	8.15	3.89	3.88
23	12.00-13.00	4.8(08)	288	12.52	8.85	3.78	3.75
24	13.00-14.00	5.6(08)	246	13.52	9.56	3.65	3.62
25	14.00-15.00	6.4(08)	216	14.52	10.27	3.53	3.50
26	15.00-17.50	2.0(09)	372	16.35	11.56	3.27	3.30
27	17.50-20.00	2.7(09)	270	18.83	13.32	2.98	3.05
28	20.00-22.50	3.5(09)	220	21.32	15.08	2.77	2.82
29	22.50-25.00	4.3(09)	175	23.82	16.84	2.67	2.61
30	25.00-30.00	1.2(10)	231	27.73	19.61	2.30	2.31

Tablo 3.2: Galaksi model parametrelerinin tayininde kullanılan parametrelerin değişim aralıkları.

Popülasyon	Parametre	Birim	Aralık	Adım
İnce disk	yükseklik ölçeği	pc	50-500	1
	uzunluk ölçeği	kpc	1-3	0.02
Kalın disk	yerel yoğunluk	%	0-25	0.01
	yükseklik ölçeği	pc	350-1500	1
Halo	uzunluk ölçeği	kpc	2-6	0.02
	yerel yoğunluk	%	0-1	0.01
	basıklık	-	0.1-1.0	0.01



Şekil 3.13: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanı için hesaplanan ince (a) ve kalın disk (b) yükseklik ölçeklerinin ve halo basıklığının (c) χ^2 ile değişimi.

Çalışmada yıldızların ince disk, kalın disk ve halo popülasyonu olarak ayırımı yapılmadığından, Galaksi model parametreleri eş zamanlı tayin edilmiştir. Dolayısıyla disk yıldızlarının model parametrelerinin tayininde halo yıldızlarının etkisinin araştırılması gerekir. Bunun için, $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanı kullanılmış ve Şekil 3.14'te alana ait gözlemsel veriler (nokta) ile teorik yoğunluk eğrileri (gri eğri) gösterilmiştir. Şekil 3.14'te disk (ince çizgi) ve halo (kesikli çizgi) için hesaplanan teorik yoğunluk değişimleri verilmiştir. Galaktik düzlemden $z > 5$ kpc uzaklıktaki yıldızların gözlemsel ve teorik yoğunluklarının karşılaştırılmasıyla halonun yerel uzay yoğunluğu ve basıklığı hesaplanmıştır (Şekil 3.14b). $z \leq 5$ kpc uzaklık aralığındaki gözlemsel yoğunluklardan halo için bağımsız olarak elde edilen yoğunluklar çıkartılmış ve halo yıldızı içermeyen disk yıldızlarının gözlemsel yoğunluğu ile teorik (ince ve kalın disk için) yoğunluklarının karşılaştırılması yapılarak ince ve kalın diskin yoğunlukları ve yükseklik ölçekleri tekrar tayin edilmiştir. Halodan bağımsız olarak tayin edilen ince ve kalın diske ait model parametreleri ile üç popülasyonun eşzamanlı hesaplanan parametre değerleri arasındaki fark, ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Sonuç olarak, Galaksi model parametre tayininde, dejenerasyonun olmadığı yeni yöntem kullanılmıştır.

3.5. METAL BOLLUĞU TAYİNİ

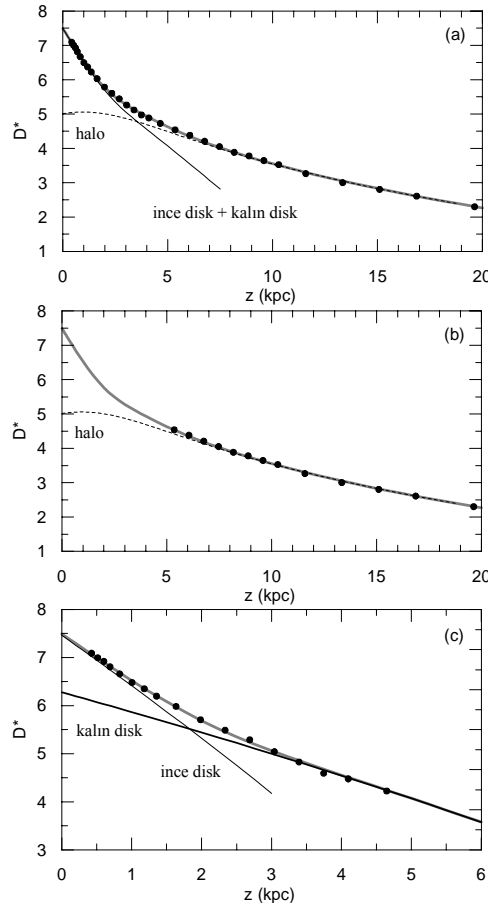
Galaksimizin yapısı ve evrimi uzun yıllar araştırılmasına rağmen, Samanyolu galaksisi hakkında henüz yeterli bilgiye sahip değiliz. Galaksimizin yapısı beklenildiğinden daha karmaşıktır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, Galaksimizin yapısının ve evriminin tek bir veri türü ile açıklanmasının mümkün olmadığını göstermiştir. Bunun için fotometrik verilerden başka kinematik ve kimyasal veriler ile de incelenmesi gerekir. Tez çalışmasında, Galaksimizin modellenmesine ilaveten Galaksimizdeki yıldızların metal bolluğu incelemesi de yapılmıştır.

Karaali ve diğ. (2005, KBT) *SDSS* fotometrisindeki yıldızların metal bolluklarının tayininde yıldızların normalize edilmiş morötesi artıklarını kullanarak bir kalibrasyon üretmişlerdir. (3.17) denklemi ile verilen bu kalibrasyon $0.12 < (g-r)_0 < 0.95$ renk aralığındaki erken F - geç K tayf türü aralığındaki yıldızlar için geçerlidir.

$$[M/H] = 0.10 - 3.54\delta_{0.43} - 39.63\delta_{0.43}^2 + 63.51\delta_{0.43}^3 \quad (3.17)$$

Bağıntıdaki $\delta_{0.43}$ Bölüm 3.3.1’de tanımlandığı gibi, UBV sisteminde $(B-V)_0 = 0.60$ rengine denk gelen $\delta_{0.60}$ normalize edilmiş morötesi artığının SDSS sistemindeki karşılığıdır. SDSS fotometrisi için yukarıdaki bağıntıda verilen morötesi artığı $0 \leq \delta_{0.43} \leq 0.33$ değerleri arasında olup metal bolluğu tayininde $-2.75 < [M/H] < 0.20$ dex aralığına karşılık gelir.

Tez çalışmasında, KBT kalibrasyonları kullanarak G tayf türündeki yıldızların fotometrik metal bollukları tayin edilmiştir. Bu veriler yardımı ile, metal bolluklarının galaktik boylam ile değişimi ve metal bolluğu gradyentine ait sonuçlar Bölüm 4’de verilmiştir.



Şekil 3.14: Galaksi model parametrelerindeki dejenerasyonluk. (a) disk (düz çizgi) ve halo (kesikli çizgi) teorik yoğunlukları (b) halonun (kesikli çizgi) teorik yoğunluğu (c) halo yıldızlarından bağımsız tayin edilen ince (düz çizgi) ve kalın diskin (kalın çizgi) teorik yoğunlukları. Noktalar gözlemsel yoğunlukları, gri eğri teorik yoğunlukları göstermektedir.

4. BULGULAR

Kuzey yarım kürede, orta galaktik enlemler bir gökyüzü kuşağında SDSS fotometrik sistemine ait veriler kullanılarak Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimi araştırılmıştır. Çalışmaya materyal teşkil edecek fotometrik veriler, SDSS DR6 veri tabanından sağlanmıştır. “Malzeme ve Yöntem” bölümünde bahsedildiği gibi, fotometrik verilere bazı analizler uygulanarak daha duyarlı bir yıldız örneği oluşturulmuştur. Galaksi model parametrelerinin elde edilmesinde özellikle sönük kadirlerde “yıldız” olarak sınıflanan cisimlerin ortaya konulması, Galaksimizin yapısı hakkında önemli bilgilerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Tez çalışmasının amaçlarından biri yıldız popülasyonlarına ait model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimini araştırmak olduğundan, yıldız alanların seçiminde Galaksimizde üç popülasyonun etkin olduğu orta galaktik enlem kuşağı seçilmiştir.

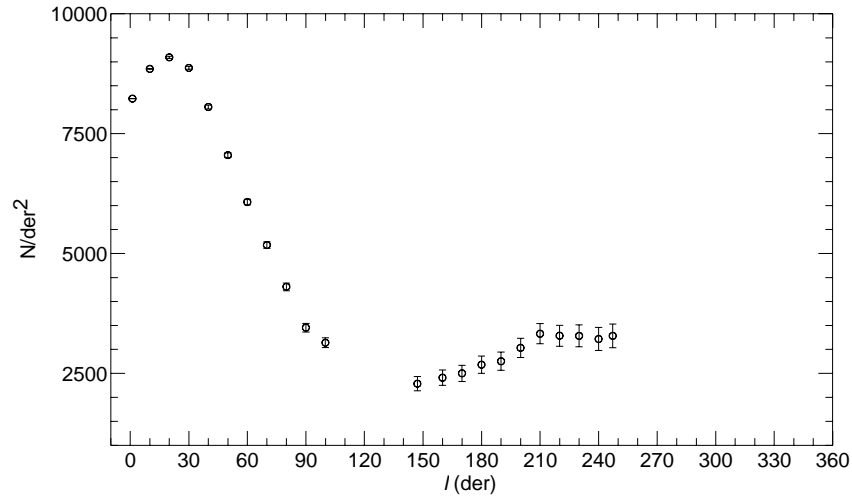
Galaktik yapının anlaşılmasında Galaksi model parametreleri kullanılırken, Galaksi'nin evrimine ait bilgiler Galaksimizdeki yıldızların kimyasal özelliklerinin araştırılmasıyla anlaşılır. Yıldızların uzaklıkları ile metal bollukları arasında bir değişimin söz konusu olması, literatürdeki Galaksi oluşum senaryolarının test edilmesine olanak verecektir.

4.1. YILDIZ ALANLARININ YÜZEY YOĞUNLUKLARI

Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimini araştırmak için, 45° galaktik enlemler kuşak üzerinde boylamsal uzanımları 10° olan 10 der² lik 36 eş parçaya bölünmüştür. Fotometrik verilerine ulaşılabilen 22 yıldız alanının galaktik boylam aralıkları $0^\circ \leq l \leq 100^\circ$ ve $150^\circ \leq l \leq 250^\circ$ dır.

Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimini incelemeye önce kuşak üzerinde bulunan yıldız alanlarındaki kaynakların galaktik boylam ile değişimini göstermek, bu çalışmada yol gösterici olacaktır. Yıldız alanlarının yüzey yoğunluklarının hesabında, kaynak sayıları alanların büyüklüğüne bölünmüştür. Yüzey

yoğunluklarının galaktik boylam ile değişimi Şekil 4.1 de gösterilmiştir. Galaksimizin simetrik olduğu kabul edilirse, yüzey yoğunluklarının Galaksi merkezi doğrultusunda ($l = 0^\circ$) en fazla, Galaksi merkezine zıt doğrultuda ($l = 180^\circ$) daha az olması beklenir. Şekil 4.1'den görüldüğü gibi yıldız yoğunluğu 30° galaktik boylamında en fazla, 150° de ise en azdır. Bu durum, Galaksimizdeki yıldızların simetrik şekilde dağılmadığını gösteren en önemli delillerden biridir. Ayrıca, Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişmesi gerektiğini de gösteren önemli bir bulgudur.



Şekil 4.1: 45° galaktik enlem kuşağındaki yıldız alanlarının yüzey yoğunluklarının galaktik boylam ile değişimi.

4.2. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİ

4.2.1. Galaksi Model Parametrelerinin Tayini

Çalışmada hesaplanan galaksi model parametreleri, teorik ve gözlemsel uzay yoğunluklarının eş zamanlı karşılaştırılması ile tayin edilmiştir (Bölüm 3.4). Galaksi model parametrelerinin hesabında, $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, $0^\circ \leq l \leq 100^\circ$ ve $160^\circ \leq l \leq 240^\circ$ galaktik boylam aralıklarındaki 20 yıldız alanı kullanılmıştır. Büyüklükleri 4 der^2 olan 150° ve 250° galaktik boylamlı yıldız alanları, çalışmanın başında tanımlanan 10 der^2 kriterini sağlamadığı için Galaksi model parametreleri tayin edilmemiştir. Çalışmada, her bir yıldız alanınının $4 < M_g \leq 10$ mutlak kadir aralığındaki yıldızları için, sırası ile, ince ve kalın diskin Güneş civarındaki yoğunlukları, yükseklik ve uzunluk ölçekleri $[(n_1, H_1, h_1), (n_2, H_2, h_2)]$ ve halonun Güneş civarındaki yoğunluğu

ile basıklığı $[(n_3, (c/a)]$ olmak üzere sekiz adet Galaksi model parametresi eş zamanlı hesaplanmıştır. Model parametre hesabında toplam 662 505 yıldız kullanılmıştır. Galaksimizin $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, farklı galaktik boylamlarındaki yıldız alanlarının hesaplanan model parametrelere değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1’den görüleceği gibi, farklı doğrultudaki yıldız alanları için hesaplanan ince diskin yükseklik ölçeği $325 < H_1 < 370$ pc ve uzunluk ölçeği $1.0 < h_1 < 1.7$ kpc aralığında değişmektedir. Kalın diskin yükseklik ölçeği ise, $860 < H_1 < 952$ pc aralığında değişir iken, kalın diskin uzunluk ölçeği $2.6 < h_2 < 5.5$ kpc aralığında değerler almaktadır. Kalın diskin normalize edilmiş uzay yoğunluğu $\%6.40 < (n_2/n_1) < \%6.62$ dar bir yoğunluk aralığında bulunup ortalama olarak $\%6.50$ kabul edilebilir. Halonun normalize edilmiş yoğunluğu $\%0.33 < (n_3/n_1) < \%0.39$ dar bir yoğunluk aralığında değiştiğinden ortalama olarak $\%0.33$ kabul edilebilir. Halonun basıklığı ise, $0.49 < (c/a) < 0.65$ aralığında değişmektedir.

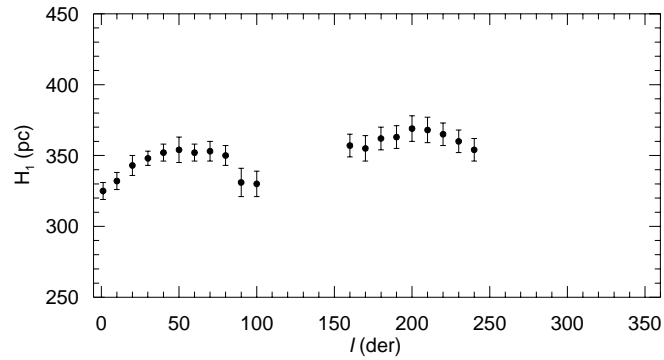
Tablo 4.1: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanlarından tayin edilen galaksi model parametreleri. Tabloda, sırası ile, yıldız alanlarının merkezi galaktik boylamı (l), ince diskin yerel uzay yoğunluğu (n_1), yükseklik ölçeği (H_1), uzunluk ölçeği (h_1); kalın diskin yerel uzay yoğunluğu (n_2), yükseklik ölçeği (H_2), uzunluk ölçeği (h_2) ve normalize edilmiş yoğunluğu (n_2/n_1); halonun yerel uzay yoğunluğu (n_3), basıklığı (c/a) ve normalize edilmiş yoğunluğu (n_3/n_1), indirgenmiş en küçük χ^2 değeri, standart sapma (s) ve hesaplanan model güvenilirlikleri gösteren olasılık değerleri (olasılık) yer almaktadır.

$\langle l \rangle$	n_1	H_1	h_1	n_2	H_2	h_2	(n_2/n_1)	n_3	(c/a)	(n_3/n_1)	χ^2_{\min}	s	olasılık
		(pc)	(kpc)		(pc)	(kpc)	(%)			(%)			
0	7.463	325±6	1.00±0.04	6.280	946±26	4.48±0.39	6.56±0.63	4.980	0.55±0.01	0.33±0.02	7.95	0.022	0.9973
10	7.463	332±6	1.00±0.02	6.279	952±45	4.21±0.33	6.55±0.56	4.976	0.56±0.01	0.33±0.01	4.36	0.017	0.9999
20	7.463	343±7	1.00±0.04	6.276	946±25	5.49±0.74	6.50±0.96	4.976	0.57±0.01	0.33±0.01	5.83	0.019	0.9998
30	7.464	348±5	1.00±0.04	6.274	951±20	4.00±0.44	6.46±0.39	4.980	0.57±0.01	0.33±0.01	7.92	0.023	0.9974
40	7.464	352±6	1.00±0.05	6.276	941±24	3.67±0.49	6.49±0.44	4.987	0.57±0.01	0.33±0.01	7.23	0.022	0.9987
50	7.463	354±9	1.00±0.07	6.277	934±22	3.35±0.52	6.52±0.51	4.997	0.57±0.01	0.34±0.01	8.26	0.023	0.9964
60	7.464	352±6	1.05±0.12	6.278	931±22	3.52±0.94	6.52±0.49	5.053	0.56±0.01	0.39±0.01	7.94	0.023	0.9973
70	7.463	353±7	1.17±0.31	6.280	921±18	3.11±1.33	6.56±0.50	5.025	0.55±0.01	0.36±0.01	9.31	0.025	0.9916
80	7.463	350±7	1.90±0.77	6.277	902±18	2.90±1.53	6.52±0.43	5.022	0.54±0.01	0.36±0.01	7.23	0.021	0.9987
90	7.463	331±10	1.01±0.76	6.269	882±24	2.65±0.79	6.40±0.45	5.023	0.52±0.01	0.36±0.01	7.27	0.022	0.9986
100	7.463	330±9	1.36±0.47	6.274	883±17	3.90±0.91	6.47±0.38	5.020	0.51±0.01	0.36±0.01	8.01	0.022	0.9971
160	7.463	357±8	1.38±0.12	6.273	860±17	4.15±0.35	6.46±0.39	4.985	0.49±0.01	0.33±0.01	8.10	0.023	0.9969
170	7.463	355±9	1.48±0.14	6.279	863±17	4.15±0.39	6.55±0.39	4.993	0.51±0.01	0.34±0.01	8.40	0.023	0.9959
180	7.463	362±8	1.66±0.16	6.284	875±32	4.22±0.56	6.62±0.54	5.000	0.54±0.01	0.34±0.02	7.00	0.020	0.9990
190	7.463	363±8	1.65±0.25	6.284	877±17	4.50±0.44	6.62±0.43	5.010	0.55±0.01	0.35±0.02	8.29	0.023	0.9963
200	7.463	369±9	1.68±0.17	6.280	904±23	4.45±0.48	6.56±0.40	5.024	0.61±0.01	0.36±0.02	6.97	0.021	0.9990
210	7.463	368±9	1.69±0.18	6.282	905±20	4.47±0.50	6.59±0.40	5.050	0.65±0.02	0.39±0.02	8.75	0.020	0.9945
220	7.463	365±8	1.53±0.17	6.279	895±22	3.80±0.41	6.55±0.41	5.029	0.65±0.01	0.37±0.01	7.74	0.022	0.9978
230	7.464	360±9	1.23±0.13	6.275	899±20	4.22±0.52	6.47±0.37	5.026	0.61±0.01	0.36±0.01	8.00	0.023	0.9971
240	7.463	354±8	1.09±0.14	6.276	918±19	4.38±0.60	6.50±0.39	5.025	0.58±0.01	0.36±0.02	8.19	0.023	0.9966

4.2.2. Galaksi Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi

Galaksimizin $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, farklı boylamlarda seçilen yıldız alanları için tayin edilen ince ve kalın diskler için yükseklik ve uzunluk ölçükleri, kalın disk ve halonun normalize edilmiş yoğunlukları, halonun basıklık değerlerinin aynı değerlerde olmadığı Tablo 4.1'den görülmektedir. Tablodaki parametre değerlerinin galaktik boylam ile değişimini görebilmek için aşağıdaki şekiller çizilmiştir.

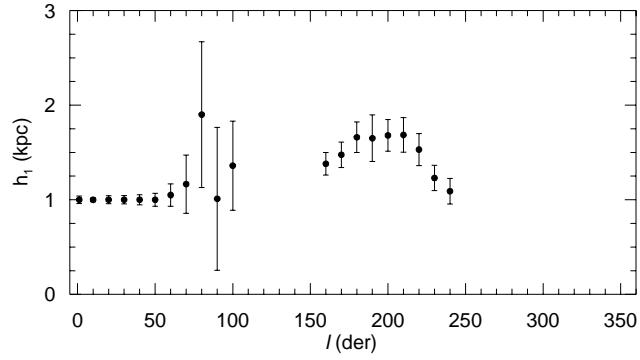
Farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan ince diskin yükseklik ölçeğinin (H_1) galaktik boylam (l) ile değişimi Şekil 4.2'de gösterilmiştir. İnce diskin yükseklik ölçeği Galaksi merkez doğrultusunda en küçük değerde (325 pc) iken, Galaksi merkezine zıt doğrultuda en büyük değere (369 pc) ulaşıyor. Galaksinin ilk çeyreği için ince diskin yükseklik ölçeği, $\langle l \rangle = 0^\circ$ dan $\langle l \rangle = 50^\circ$ galaktik boylamına doğru 325 pc'den 354 pc değerine artmış iken, $\langle l \rangle = 60^\circ$ dan $\langle l \rangle = 100^\circ$ galaktik boylamına doğru 330 pc değerine kadar azalmıştır. Galaksinin III. çeyreği için ince diskin yükseklik ölçeği $\langle l \rangle = 160^\circ$ dan $\langle l \rangle = 200^\circ$ galaktik boylamına doğru 357 pc'den 369 pc'e artma eğilimindedir. $\langle l \rangle = 210^\circ$ dan $\langle l \rangle = 240^\circ$ galaktik boylamına doğru ise, ince diskin yükseklik ölçek değeri 354 pc'e kadar azalmıştır.



Şekil 4.2: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan ince disk yükseklik ölçeklerinin galaktik boylam ile değişimi.

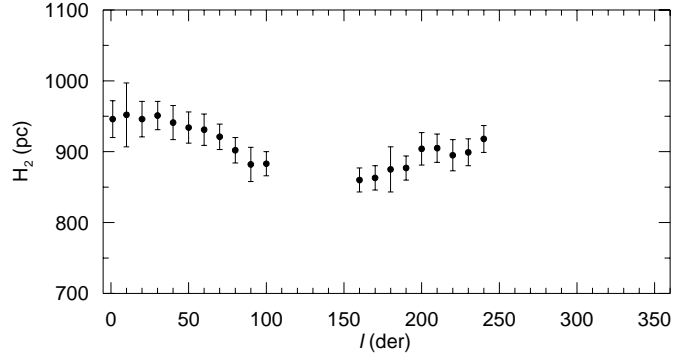
Farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan ince diskin uzunluk ölçeğinin (h_1) galaktik boylam (l) ile değişimi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. $0^\circ \leq l \leq 60^\circ$ galaktik boylam aralığında ince diskin uzunluk ölçeği ~ 1 kpc dir. $70^\circ \leq l \leq 100^\circ$ galaktik boylam aralığında ince diskin uzunluk ölçeği 1 kpc'den 1.90 kpc'e kadar

artmaktadır. Galaksimizin III. çeyreğinde ince diskin uzunluk ölçek değeri, galaktik boylamı $\langle l \rangle = 160^\circ$ den $\langle l \rangle = 200^\circ$ e doğru 1.38 kpc'den 1.69 kpc'e artmaktadır. Bu artıştan sonra $\langle l \rangle = 240^\circ$ galaktik boylamına doğru uzunluk ölçeği 1.09 kpc'e kadar düzgün olarak azalmaktadır. Galaksinin III. çeyreğinde ince diskin uzunluk ölçeği, yükseklik ölçeğinin galaktik boylama göre değişmesi gibi (Şekil 4.2 ve 4.3), galaktik boylam ile belirgin olarak değişmektedir.



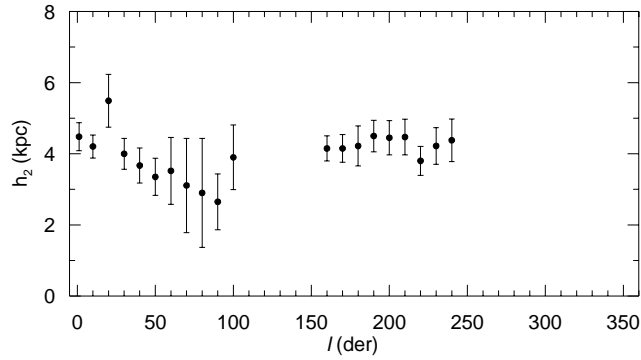
Şekil 4.3: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, ince disk uzunluk ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi.

Kalın diskin yükseklik ölçeğinin (H_2) galaktik boylam (l) ile değişimi Şekil 4.4 de verilmiştir. Şekilde, kalın diskin yükseklik ölçeği $\langle l \rangle = 20^\circ$ galaktik boylamında en büyük değerde (952 pc) iken, $\langle l \rangle = 160^\circ$ galaktik boylamında en küçük değerdedir (860 pc). Kalın diskin yükseklik ölçeği değerleri $\langle l \rangle = 0^\circ$ den $\langle l \rangle = 20^\circ$ galaktik boylamına doğru 946 pc'den 952 pc değerine çıkmıştır. $\langle l \rangle = 20^\circ$ galaktik boylamından $\langle l \rangle = 100^\circ$ galaktik boylamına kadar ise, düzgün bir azalma eğilimi göstermektedir (883 pc). Galaksinin III. çeyreği için kalın diskin yükseklik ölçeği $\langle l \rangle = 160^\circ$ den $\langle l \rangle = 240^\circ$ galaktik boylamına doğru 860 pc'den 918 pc'e artış göstermiştir. Şekil 4.1 ve 4.4 karşılaştırıldığında, yüzey yoğunluğu ile kalın diskin yükseklik ölçeğinin galaktik boylamla değişimlerinde büyük bir benzerlik olduğu görülüyor. Gerçekten, $\langle l \rangle = 30^\circ$ galaktik boylamında yüzey yoğunluğu en çok ve kalın diske ait yükseklik ölçeği en büyük iken, Galaksi merkezine zıt yönde yüzey yoğunluğu en az ve kalın diske ait yükseklik ölçeği en küçük değerdedir.



Şekil 4.4: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, kalın disk yükseklik ölçüğü ile galaktik boylam ile değişimi.

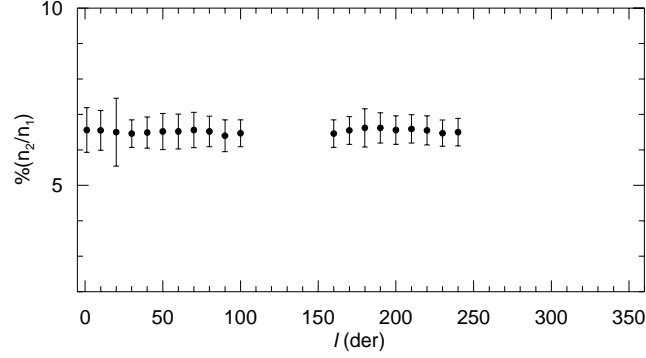
Farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan kalın diskin uzunluk ölçüğü (h_2) galaktik boylam (l) ile değişimi Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Galaksinin ilk çeyreğinde, kalın diskin uzunluk ölçüğü $\langle l \rangle = 0^\circ$ de 5.49 kpc'ten $\langle l \rangle = 90^\circ$ de 2.65 kpc'e kadar azalmaktadır. $160^\circ \leq l \leq 240^\circ$ galaktik boylam aralığında kalın diske ait uzunluk ölçüğü değişimi ise şöyledir: boylam büyüdükçe uzunluk ölçüğü artarak $\langle l \rangle = 200^\circ$ boylamında en büyük değere ulaşmakta, daha büyük boylam değerlerinde ise azalmaktadır. Bununla beraber, bu boylam aralığındaki uzunluk ölçüğü değişimi çok değildir. Kalın diskin uzunluk ölçüğü ile galaktik boylam ile değişimi, kalın disk yükseklik ölçüğü ile galaktik boylam ile değişimine benzemektedir (Şekil 4.4 ve 4.5).



Şekil 4.5: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, kalın disk uzunluk ölçüğü ile galaktik boylam ile değişimi.

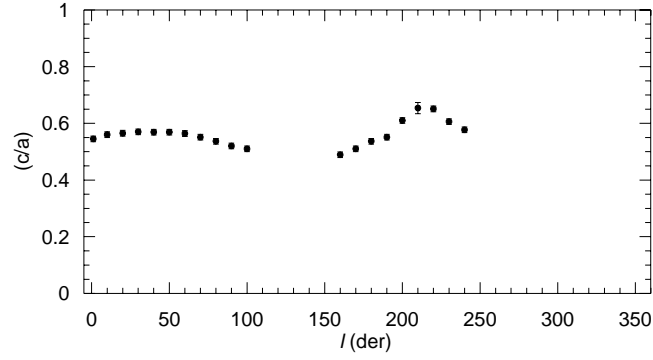
Kalın diskin ince diske göre normalize edilmiş uzay yoğunluğunun (n_2/n_1) galaktik boylam ile değişimi Şekil 4.6'te verilmiştir. Değişimin düz olduğu görülüyor. Sayısal olarak değişim $\%(6.4-6.6)$ arasındadır. Bu sonuç, bu çalışmada en önemli ve en anlamlı

bulgudur. Literatürde çoğu model parametresinde olduğu gibi, (n_2/n_1) için de geniş bir parametre aralığı verilmektedir (Karaali ve diğ., 2004, Tablo 1). Çünkü, Güneş civarındaki kalın diskin yerel yoğunluğunun (n_2/n_1) galaktik boylam ile değişmemesi gerekir. Bu çalışmada, kalın diske ait yerel uzay yoğunluğunun galaktik boylamla değişmemiş olması fiziksel bir anlam taşır.



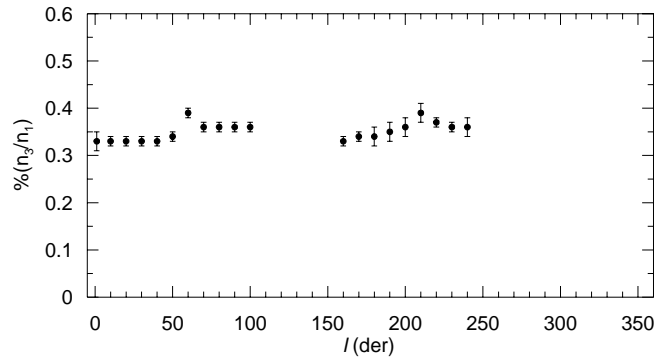
Şekil 4.6: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, kalın diskin normalize edilmiş uzay yoğunluğunun galaktik boylam ile değişimi.

Çalışmada $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan halonun basıklık değerlerinin galaktik boylam ile değişimi de araştırılmıştır. Şekil 4.7’de halonun küçük ekseninin büyük eksene oranını ifade eden basıklığın (c/a) farklı boylamlardaki değerleri gösterilmiştir. (c/a) ’nın galaktik boylama bağlılığı, ince ve kalın disklerin yükseklik ölçeklerinin değişimine benzemektedir (Şek. 4.2 ve 4.4). Ayrıca, $\langle l \rangle = 150^\circ$ den büyük boylamlardaki değişim, aynı boylam aralığındaki yüzey yoğunluğu değişimine benzemektedir. $0^\circ \leq l \leq 70^\circ$ galaktik boylam aralığında, $\langle l \rangle \sim 50^\circ$ de küçük bir maksimum değer [$(c/a) = 0.56$] görülmektedir. Galaksimizin III. çeyreğinde, $\langle l \rangle = 210^\circ$ de halonun basıklığı en büyük değere [$(c/a) = 0.65$] ulaşırken, Galaksi merkezine zıt yönde azalma eğilimindedir.



Şekil 4.7: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında halonun basıklığının galaktik boylam ile değişimi.

Halonun ince diske göre normalize edilmiş uzay yoğunluğunun (n_3/n_1) galaktik boylama göre değişimi de incelenmiştir (Şekil 4.8). Kalın diskin, ince diske göre normalize edilmiş uzay yoğunluğunun (n_2/n_1) galaktik boylamla değişiminde olduğu gibi, buradaki değişimin de düz oluşu önemli ve anlamlıdır. Sayısal olarak (n_3/n_1)'in değişim aralığının 0.05 olup literatürdeki değerlere göre (Karaali ve diğ., 2004, Tablo 1) çok küçüktür. $\langle l \rangle = 60^\circ$ ile $\langle l \rangle = 210^\circ$ boylamlarındaki (n_3/n_1) ~ 0.40 'lık değerler ise istatistiksel sonuçları etkilemiyor.



Şekil 4.8: $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında, halonun normalize edilmiş uzay yoğunluğunun galaktik boylam ile değişimi.

4.3. G TAYF TÜRÜNDEKİ YILDIZLARIN METAL BOLLUKLARI

Galaksimizin kimyasal evrimini anlayabilmek için uzun ömürlü, G tayf türü yıldızlar kullanılabilir. G tayf türündeki yıldızların atmosferleri, henüz büyük ölçekte konvektif hareketlerden etkilenmediğinden yıldızın olduğu zamanki metal bolluğunu yansıtır.

Tez çalışmasında, $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağında bulunan G tayf türü anakol yıldızların kullanılması ile Galaksi düzlemine dik doğrultudaki metal bolluğu dağılımı araştırılmış ve bu yıldızların kimyasal bollukları tayin edilmiştir. Bunun için, Karaali ve diğ. (2005)'nin, $0.02 < (g-r)_0 < 0.95$ renk aralığında geçerli olan metal bolluğu kalibrasyonu kullanılmıştır (Bölüm 3.5). Tez çalışmasında yıldız alanlarının fotometrik metal bollukları, $5 < M_g \leq 6$ mutlak kadir aralığında bulunan yaklaşık 130 000 G tayf türü yıldız için hesaplanmıştır.

Farklı doğrultulardaki yıldız alanlarının Galaksi düzleminden olan uzaklıklarının bir fonksiyonu olarak metal bolluklarının dağılımını incelemek için, her bir alandaki yıldızlar Güneş'ten itibaren $0.5 < r \leq 1.5$, $1.5 < r \leq 2$, $2 < r \leq 2.5$, $2.5 < r \leq 3$, $3 < r \leq 4$, $4 < r \leq 5$, $5 < r \leq 6$, $6 < r \leq 7$, $7 < r \leq 8$, $8 < r \leq 9$, $9 < r \leq 12$, $12 < r \leq 15$ kpc uzaklık aralıklarına bölünmüştür. Bu uzaklık aralıklarına karşılık gelen kütle merkezi uzaklığı (r^*), (3.15) eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Galaksi düzlemine olan ortalama dik uzaklıklar ise, $z^* = r^* \sin(b)$ eşitliğinden hesaplanmıştır. Hesaplanan bu ortalama dik uzaklıklar, sırası ile, 0.85, 1.26, 1.61, 1.96, 2.52, 3.22, 3.92, 4.62, 5.33, 6.03, 7.57, 9.66 kpc dir. Her bir yıldız alanı için belirtilen uzaklık aralıklarındaki yıldızların metal bolluğu dağılımları incelenmiştir. Bu dağılımların normal dağılım olduğu varsayımı ile, metal bolluğu dağılımına Gauss eğrisi uygulanmıştır. Her bir alanda belirtilen uzaklık aralıklarındaki yıldızların metal bolluklarının frekans dağılımı ile en uyumlu Gauss eğrisinin maksimum olduğu bolluk değeri (mod değeri) ortalama metal bolluğu olarak alınmıştır. Yapılan işlemlere örnek olarak, $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanının tüm uzaklık aralıkları için metal bolluk dağılımları ve dağılımı en iyi ifade eden Gauss eğrileri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Şekilde, mod değeri belirgin olmayan dağılımların ortalama metal bolluğu için medyan değeri alınmıştır. Tablo 4.2'de farklı galaktik boylamlı yıldız alanlarının farklı z^* uzaklıkları için hesaplanan ortalama metal bollukları verilmiştir.

Orta galaktik enlem kuşağındaki G tayf türü yıldızların Galaksi düzleminden dik uzaklığın bir fonksiyonu olarak metal bolluğu dağılımı incelenmiştir. Bunun için, Tablo 4.2'de farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanlarının aynı ortalama z^* uzaklıkları için hesaplanan ortalama metal bolluk dağılımları kullanılmıştır. Şekil 4.10'da farklı ortalama $z^* = 0.85, 1.26, 1.61, 1.96, 2.52, 3.22, 3.92, 4.62, 5.33, 6.03, 7.57, 9.66$ kpc

uzaklıkları için çizilen metal bolluğu dağılımı gösterilmiştir. Ortalama metal bollukların tayini için dağılımı en iyi ifade eden Gauss eğrisi kullanılmıştır. Farklı ortalama z^* uzaklıkları için hesaplanan ortalama metal bolluğu değerleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

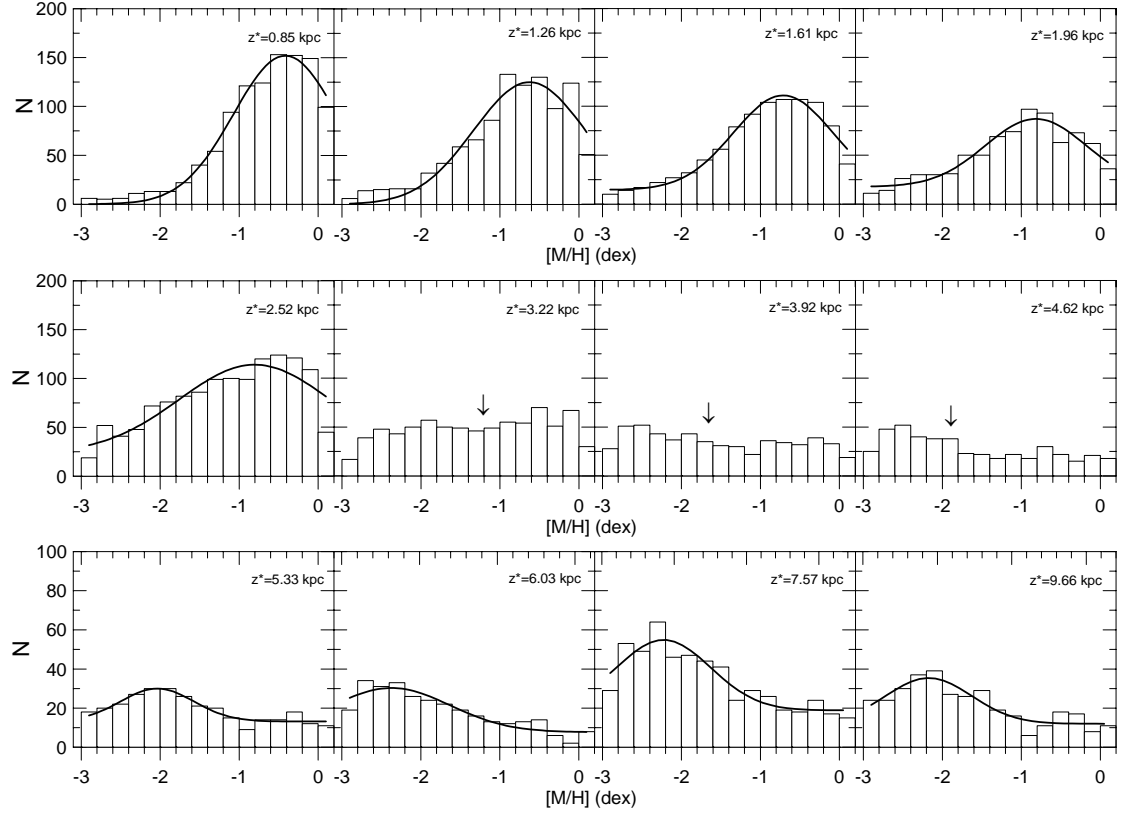
Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da, metal bolluğuna ait dağılımın tepe noktalarının Galaksi düzlemine olan z^* uzaklıklarına göre değiştiği görülüyor. En küçük uzaklık olan $z^* = 0.85$ kpc'te $[M/H] \sim -0.40$ dex iken, $z^* > 5.33$ kpc uzaklık aralığında $[M/H] \sim -2.2$ dex'tir. Bu sonuç, Galaksi düzleminden uzaklaştıkça metalce fakir yıldızların etkin olduğu görüşünü desteklemektedir.

Galaksi halosunu “iç halo” ve “dış halo” olarak iki alt bileşene ayıran Carollo ve diğ. (2007), iç halo için $[M/H] = -1.6$ dex, dış halo için ise $[M/H] = -2.2$ dex maksimum değerlerini vermektedir. Tablo 4.3'te $r^* \cong 9$ kpc ($z^* = 6.03$ kpc) değerlerine karşılık gelen radyal uzaklık $R = 15$ kpc; $r^* \cong 14$ kpc ($z^* = 9.66$ kpc) ise $R = 22$ kpc'tir. Carollo ve diğ. (2007), iç halonun üst sınırını 10-15 kpc radyal uzaklığa kadar, dış halonun ise 15-20 kpc'in ötesindeki uzaklıklarda etkin olduğunu bulmuşlardır. Bu duruma göre, çalışmamızda $[M/H] \sim -2.2$ dex maksimum metal bolluklarına karşılık gelen $R \sim 15$ kpc'lik uzaklık ($R \sim 15$ kpc'in iç halonun üst sınırı olarak alınması halinde) dış haloya denk geliyor. $[M/H] \sim -2.2$ dex maksimum değere karşılık gelen $R \sim 22$ kpc'lik uzaklık ise tamamen dış halo bölgesinde kalıyor. Metal bolluklarına ait hatalar Tablo 4.2'de verilmiş olup literatürdeki mertebededir.

İncelenen yıldız alanlarının metal bolluğu gradyentini araştırmak için Tablo 4.3'de verilen ortalama z^* uzaklıkları ile bu uzaklıklara karşılık gelen ortalama metal bollukları Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Şekilde üç farklı popülasyon görülmektedir. Bu popülasyonlara ait lineer doğruların eğimleri şekil üzerinde verilmiştir. $z^* < 3$ kpc, $3.5 < z^* < 5.5$ kpc ve $5.5 < z^* < 10.0$ uzaklık aralıklarındaki metal bolluğu değişimi, sırası ile, $d[M/H]/dz = -0.32$ dex/kpc, $d[M/H]/dz = -0.20$ dex/kpc ve $d[M/H]/dz = -0.01$ dex/kpc'tir. Bu değerler, sırası ile, ince disk, kalın disk ve halo popülasyonlarına karşılık geliyor.

Bu sonuçlar, Galaksi diskinin (ince disk ve kalın disk) içe doğru çökerken metalce zenginleştiğini göstermektedir. Galaksimiz halosuna ait metal bolluğu dağılımı daha

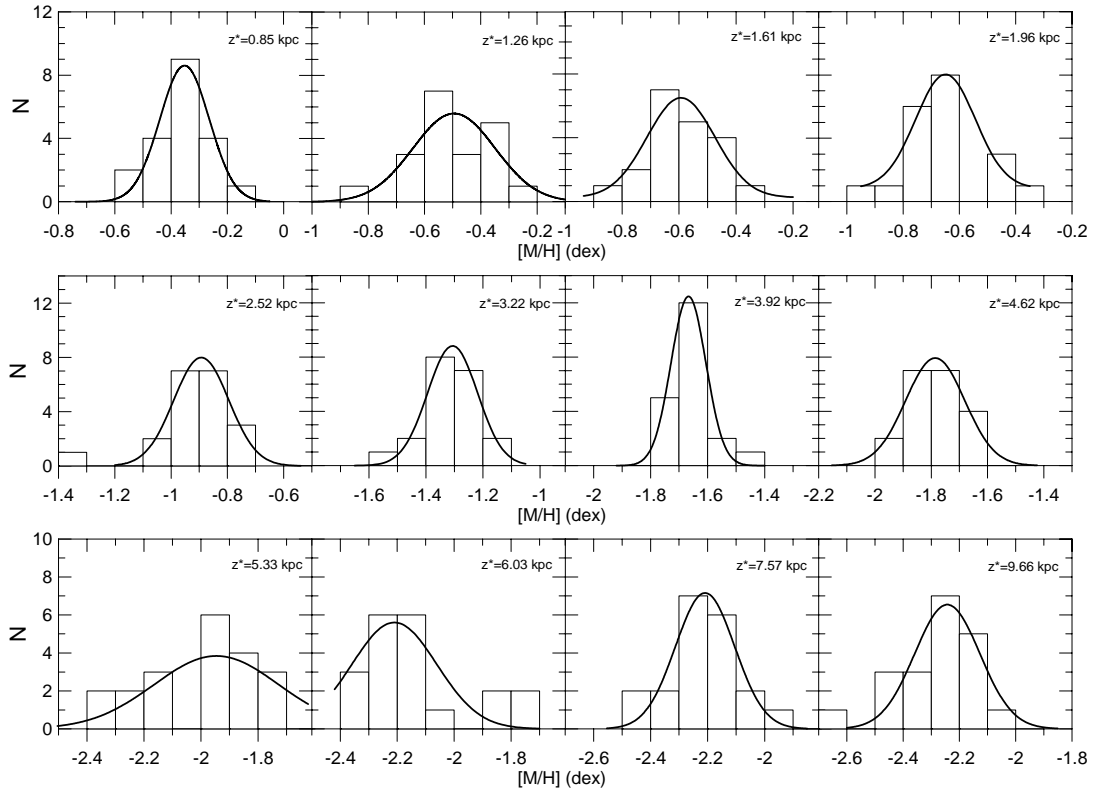
karışıktır. Galaksimize dıştan gelen madde Galaksinin halo bileşenin orjinal metal bolluğunu zaman içerisinde değiştirmiştir. Ayrıntılı bilgi “Tartışma ve Sonuç” bölümünde verilmiştir.



Şekil 4.9: $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik boylamlı yıldız alanındaki G tayf türündeki yıldızların farklı ortalama z^* uzaklıkları için hesaplanmış metal bolluk değerleri. Eğriler, dağılımı en iyi ifade eden Gauss eğrilerini; oklar dağılımın medyan değerlerini göstermektedir.

Tablo 4.2: Farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanlarının Galaksi düzleminden farklı ortalama dik uzaklıklar (z^*) için hesaplanan metal bolluğu değerleri. Parantez içinde metal bolluğu değerlerinin ondalık hassasiyette hatası verilmiştir. N, incelenen yıldız alanındaki G tayf türündeki metal bolluğu tayini yapılmış yıldızların sayısını gösteriyor.

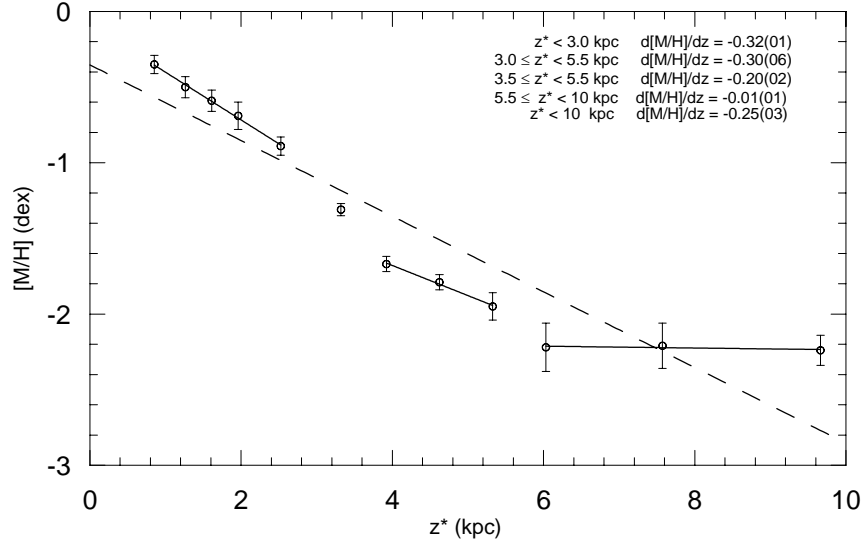
$\langle l \rangle / z^*$													
der/kpc	0.85	1.26	1.61	1.96	2.52	3.32	3.92	4.62	5.33	6.03	7.57	9.66	N
0	-0.58(06)	-0.82(05)	-0.90(05)	-0.97(07)	-1.35(02)	-1.55(02)	-1.62(02)	-1.61(02)	-2.34(09)	-2.19(19)	-2.27(16)	-2.14(23)	10058
10	-0.34(03)	-0.58(05)	-0.68(04)	-0.70(07)	-0.83(14)	-1.50(02)	-1.64(03)	-1.80(03)	-1.95(19)	-2.20(09)	-1.98(15)	-2.34(05)	13623
20	-0.28(06)	-0.49(09)	-0.52(05)	-0.62(05)	-0.82(19)	-1.30(02)	-1.60(03)	-1.76(03)	-1.85(09)	-1.78(13)	-2.24(09)	-2.24(11)	13607
30	-0.41(05)	-0.59(04)	-0.65(07)	-0.69(05)	-0.80(02)	-1.37(02)	-1.69(03)	-1.68(03)	-2.17(08)	-2.22(29)	-2.04(09)	-2.40(02)	12765
40	-0.54(05)	-0.65(04)	-0.75(04)	-0.78(06)	-0.81(07)	-1.44(03)	-1.70(03)	-1.76(03)	-1.74(04)	-2.09(17)	-2.15(08)	-2.36(10)	11771
50	-0.46(05)	-0.61(05)	-0.70(05)	-0.66(05)	-0.84(09)	-1.32(03)	-1.57(03)	-1.84(04)	-2.28(09)	-2.30(10)	-2.41(43)	-2.41(09)	10368
60	-0.42(03)	-0.63(06)	-0.71(03)	-0.82(05)	-0.80(11)	-1.24(03)	-1.63(04)	-1.89(04)	-2.00(20)	-2.37(12)	-2.23(07)	-2.17(07)	8430
70	-0.47(05)	-0.52(06)	-0.61(03)	-0.75(05)	-1.00(03)	-1.37(04)	-1.64(04)	-1.74(05)	-1.77(05)	-1.76(06)	-2.27(08)	-2.10(03)	7101
80	-0.38(04)	-0.56(05)	-0.63(04)	-0.77(04)	-0.99(03)	-1.33(04)	-1.71(05)	-1.77(05)	-2.16(06)	-2.17(25)	-2.40(16)	-2.30(14)	5648
90	-0.34(06)	-0.29(05)	-0.44(06)	-0.49(16)	-0.90(03)	-1.23(04)	-1.50(05)	-1.70(06)	-1.86(07)	-2.24(25)	-2.36(24)	-2.27(13)	4102
100	-0.32(08)	-0.51(05)	-0.59(07)	-0.74(07)	-0.79(08)	-1.30(05)	-1.66(06)	-1.89(06)	-2.00(07)	-2.21(13)	-2.10(17)	-2.30(04)	3635
160	-0.34(07)	-0.36(12)	-0.66(12)	-0.71(12)	-1.00(04)	-1.30(06)	-1.73(07)	-1.70(07)	-1.80(07)	-1.84(19)	-2.13(19)	-2.20(17)	2701
170	-0.32(05)	-0.40(08)	-0.49(07)	-0.46(16)	-0.94(05)	-1.37(06)	-1.65(07)	-1.88(07)	-2.00(06)	-2.18(05)	-2.20(04)	-2.19(10)	2492
180	-0.38(06)	-0.43(10)	-0.42(11)	-0.64(09)	-0.99(05)	-1.33(06)	-1.70(07)	-1.80(05)	-1.86(08)	-2.19(17)	-2.16(27)	-2.30(06)	2704
190	-0.26(09)	-0.38(05)	-0.44(20)	-0.44(09)	-0.88(05)	-1.30(06)	-1.73(06)	-1.88(07)	-2.23(09)	-2.20(33)	-2.27(28)	-2.24(21)	2761
200	-0.18(03)	-0.32(11)	-0.39(03)	-0.39(23)	-0.86(05)	-1.20(05)	-1.74(06)	-1.80(06)	-1.83(07)	-1.90(12)	-2.18(09)	-2.43(11)	3062
210	-0.30(07)	-0.48(07)	-0.60(07)	-0.62(10)	-1.05(04)	-1.31(05)	-1.79(06)	-1.96(06)	-2.20(04)	-2.24(15)	-2.29(14)	-2.41(23)	3684
220	-0.37(07)	-0.35(09)	-0.58(06)	-0.61(08)	-0.98(04)	-1.17(06)	-1.61(06)	-1.87(07)	-1.98(06)	-2.40(07)	-2.20(03)	-2.20(04)	3570
230	-0.24(08)	-0.54(03)	-0.64(05)	-0.77(03)	-0.97(04)	-1.30(05)	-1.67(06)	-1.85(06)	-2.31(31)	-2.31(12)	-2.49(18)	-2.69(06)	3526
240	-0.33(06)	-0.52(06)	-0.58(06)	-0.61(08)	-1.04(04)	-1.35(05)	-1.70(05)	-1.93(06)	-2.00(05)	-2.22(17)	-2.28(08)	-2.30(03)	3761



Şekil 4.10: Ortalama z^* uzaklıklarındaki metal bolluğu dağılımı.

Tablo 4.3: Güneş'ten farklı uzaklıklarda bulunan $5 < M_g \leq 6$ mutlak kadir aralığında G tayf türündeki yıldızların ortalama metal bolluğu değerleri. r^* , r_1 - r_2 uzaklık aralığındaki kütle merkezinin uzaklığı; z^* , Galaksi düzlemine olan ortalama dik uzaklık. Parantez içinde metal bolluğu değerlerinin ondalık hassasiyetteki hatası verilmiştir.

r_1 - r_2	r^*	z^*	[M/H]
(kpc)	(kpc)	(kpc)	(dex)
0.5-1.5	1	0.85	-0.35(06)
1.5-2.0	2	1.26	-0.50(07)
2.0-2.5	2	1.61	-0.59(07)
2.5-3.0	3	1.96	-0.69(09)
3.0-4.0	4	2.52	-0.89(06)
4.0-5.0	5	3.32	-1.31(04)
5.0-6.0	6	3.92	-1.67(05)
6.0-7.0	7	4.62	-1.79(05)
7.0-8.0	8	5.33	-1.95(09)
8.0-9.0	9	6.03	-2.22(16)
9.0-12.0	11	7.57	-2.21(15)
12.0-15.0	14	9.66	-2.24(10)



Şekil 4.11: Galaksi düzlemine farklı dik uzaklıklar için hesaplanmış ortalama metal bolluğu değişimi. Kesikli çizgi, $z^* \leq 10$ kpc aralığındaki ortalama metal bolluğunu; düz çizgi, farklı uzaklık aralıkları için hesaplanmış metal bolluğu gradyentini göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Galaksimizin orta galaktik enlem kuşağı üzerinde farklı boylamlarda bulunan ($0^\circ \leq l \leq 100^\circ$ ve $160^\circ \leq l \leq 240^\circ$) 20 yıldız alanı için tayin edilen Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değişimi incelenmiştir (Bölüm 4.2.2). İnceleme sonucunda, Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değiştiği görülmüştür. Model parametrelerinin galaktik boylam ile değişiminin fiziksel nedeninin ortaya konulması gerekir. Disk model parametrelerinin değişim nedeni, Galaksimizdeki alevlenme ve uzun galaktik çubuğun çekim etkisidir. Halo parametrelerinin değişim nedeni ise, halonun üç eksenli yapısı ve Galaksimizin cüce galaksiler ile birleşmesidir.

Çalışmada, $5 < M_g \leq 6$ mutlak kadir aralığındaki G tayf türünden yaklaşık 130 000 yıldızın metal bollukları kullanılarak Galaksi düzlemine dik doğrultuda metal bolluğu gradyentinin varlığı araştırılmıştır. Galaksi düzleminden $z = 5.5$ kpc uzaklığa kadar bir metal bolluğu gradyenti ile karşılaşılmış iken, halo yıldızlarının etkin olduğu $z > 5.5$ kpc uzaklıklarında bir metal bolluğu gradyenti bulunamamıştır.

5.1. GALAKSİ MODEL PARAMETRELERİNİN GALAKTİK BOYLAM İLE DEĞİŞİMİ

Yakın geçmişte yapılan çalışmalarda, farklı doğrultular için hesaplanan Galaksi model parametrelerinin birbirleri ile uyumlu olmadığı görülmüştür. Bilir ve diğ. (2006a), aynı galaktik enlemler, iki zıt doğrultudaki yıldız alanlarında Galaksi model parametrelerinin farklı olduklarını bulmuşlardır. Tez çalışmasındaki sonuçlar da Galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ile değiştiğini gösteriyor. Benzer bir sonuç, yüksek enlemler kuşağında kırmızı yığın (red clump) yıldızlarını inceleyen Cabrera-Lavers ve diğ. (2007) tarafından da gösterilmiştir. Galaksi model parametrelerinin galaktik boylama bağımlı olduğunu gösteren başka bir çalışma da, Bilir ve diğ. (2008)'nin yüksek galaktik enlemler 36 yıldız alanı kullanarak yaptıkları çalışmadır.

Tez çalışmasında, Bilir ve diğ. (2008)'nin çalışmasında olduğu gibi, farklı galaktik boylamlardaki yıldız alanları için hesaplanan ince diskin yükseklik ölçeğinin (H_1) galaktik boylam (l) ile değişimi araştırılmıştır. Şekil 4.2'de farklı doğrultular için tayin edilen yükseklik ölçekleri ve hataları gösterilmiştir. Şekilde ince diskin yükseklik ölçekleri Galaksi merkezi doğrultusunda küçük değerlerde iken, zıt doğrultuda büyük değere ulaşmaktadır. İnce diskin yükseklik ölçeğinin galaktik boylama göre değişimi incelendiğinde en küçük değer $\langle l \rangle = 180^\circ$ galaktik boylamda gözlenmemesi, ince diskin simetrik olmayan yapısından kaynaklanabilir. İnce diskin yükseklik ölçeği Galaksinin I. çeyreği için ortalama 343 pc iken III. çeyreği için ortalama 361 pc'tir. $\langle l \rangle = 60^\circ$ galaktik enlem kuşağı için Bilir ve diğ. (2008)'nin yaptığı çalışmada ince diskin ortalama yükseklik ölçekleri Galaksinin aynı çeyrekleri için, sırası ile, 181 ve 190 pc bulunmuştur. Sonuç olarak, ince disk yükseklik ölçeğinin sadece galaktik boylam ile değil, galaktik enlem ile de değiştiği görülmüştür. İnce disk uzunluk ölçeği Galaksinin I. çeyreğinde hemen hemen değişmemekle birlikte ortalama olarak 1.14 kpc civarındadır. Galaksinin III. çeyreği için ince disk yükseklik ölçeği benzer bir değişim göstermekle beraber değeri yaklaşık 1.50 kpc civarındadır. Phleps ve diğ. (2000)'nin çalışmalarında, aynı galaktik enlemlerde, $\langle l \rangle = 85^\circ$ ve $\langle l \rangle = 175^\circ$ iki farklı galaktik boylamda seçtikleri yıldız alanları için ince disk yükseklik ölçeklerini, sırası ile, 280 ve 267 pc ve uzunluk ölçeklerini ise, sırası ile, 1.27 ve 1.30 kpc olarak hesaplamışlardır. İnce disk yükseklik ve uzunluk ölçekleri için verdikleri değerler, bu çalışmada verilenlere yakındır.

Şekil 4.4'te farklı galaktik boylamlar için hesaplanan kalın disk yükseklik ölçeklerinin farklı olduğu görülmektedir. $\langle l \rangle = 20^\circ$ galaktik boylamında kalın diskin yükseklik ölçeği en büyük iken, $\langle l \rangle = 100^\circ$ galaktik boylamına doğru monoton olarak azalmaktadır. Galaksi merkezine zıt doğrultuda ise kalın disk yükseklik ölçeği en düşük değerlerindedir. Daha büyük ($\langle l \rangle > 210^\circ$) galaktik boylamlara gidildikçe kalın disk yükseklik ölçek değerleri yavaşça artmaktadır. Şekil 4.4 incelendiğinde, kalın disk yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişiminin yüzey yoğunluklarının galaktik boylam ile değişimine benzerlik göstermesi dikkat çekicidir (Şekil 4.1). Kalın disk ortalama yükseklik ölçeği, Galaksinin I. çeyreğinde 926 pc iken, III. çeyreğinde 888 pc bulunmuştur. Bilir ve diğ. (2008)'nin çalışmasında Galaksinin aynı çeyreği için ortalama yükseklik ölçeği değerleri, sırası ile, 618 ve 628 pc'tir. Kalın disk uzunluk

ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi (Şekil 4.5), yükseklik ölçeğindeki değişime benzemektedir. Tezde, $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlem kuşağı için hesaplanan kalın disk yükseklik ölçekleri, $\langle b \rangle = 60^\circ$ galaktik enlem kuşağı için hesaplanan (Bilir ve diğ., 2008) kalın disk yükseklik ölçeklerinden daha büyüktür. Buradan, kalın disk yükseklik ölçeği değerlerinin galaktik boylama bağlı olmasının yanısıra, galaktik enlemle de bağlı olduğu görülüyor. Son zamanlarda Galaksi yapısı üzerine yapılan önemli çalışmalarından biri Jurić ve diğ. (2008)'e aittir. Bu çalışmada Galaksinin I. çeyreğindeki yıldız alanları için hesaplanan yükseklik ölçeği 926 pc'lik değer, $|b| > 25^\circ$ enlem kuşağındaki $6\ 500\ \text{der}^2$ lik bölgedeki yıldızlar kullanılarak yapılan Galaksi modellenmesinde hesaplanan 900 pc'lik değere yakındır.

Kalın diskin normalleştirilmiş uzay yoğunluklarının (n_2/n_1) galaktik boylama göre değişim aralığı (%6.40-6.62) hata miktarından küçük olduğundan sabit kabul edilebilir. Bu durum, kalın diskin normalleştirilmiş uzay yoğunluğunun (n_2/n_1) galaktik boylama bağlı olmadığını göstermektedir. Bu sonuç, çok önemlidir. Çünkü, tanım gereği uzay yoğunluğu birim hacimdeki yıldız sayısını ifade ettiği için her doğrultuda sabit olması gerekir. Kalın diskin Güneş civarındaki yoğunluğunun değişmesi bir yanlılık ifadesidir. Bilir ve diğ. (2008)'nin Galaksinin I. ve III. çeyrekleri için buldukları, sırası ile, $(n_2/n_1) = \%11.37$ ve $\%7.50$ 'lik değerleri bu yanlılıkla açıklanabilir.

Literatürde yer alan kalın diskin normalize edilmiş yerel yoğunluk (n_2/n_1) değerleri geniş bir aralıkta verilir. Örneğin Chen ve diğ. (2001)'in verdiği değer $\%(6.5-13)$ 'tür. Güncel bir çalışma olan Jurić ve diğ. (2008)'nin $(n_2/n_1) = \%12$ değeri ise, bu çalışmamızdaki değerlerin hemen hemen iki katıdır. Bu sonuçlardan birincisi, Galaksi model parametrelerinin mutlak kadire bağlılığı, ikincisi ise çalışmanın $6\ 500\ \text{der}^2$ lik geniş bir bölgede yapılmış olması ve kalın disk için verilen $\%12$ 'lik yoğunluk değerinin ortalama bir değere karşılık gelmesi ile açıklanabilir (Karaali ve diğ., 2004; Ak ve diğ., 2007; Karaali ve diğ., 2007; Bilir ve diğ., 2008).

Halonun eksenler oranı (c/a) , $200^\circ < l < 240^\circ$ boylamları dışında düz bir dağılım göstermektedir (Şekil 4.7). $200^\circ < l < 240^\circ$ boylamları dahil, değişim aralığı $0.50 \leq (c/a) \leq 0.65$ 'tir. Galaksimizdeki yıldız alanları çeyrekler bazında incelenirse, I. çeyrekteki basıklık (c/a) değerinin 0.55, III. çeyrekteki değerinin ise 0.58 olduğu görülür. Bilir ve

diğ. (2008)'nin $\langle b \rangle = 60^\circ$ galaktik enlem kuşağındaki alanlar için I. ve III. çeyrekte buldukları değerler ise, sırası ile, 0.58 ve 0.66 olup bu çalışmadaki değerlere yakındır. Bu sonuçlar, Galaksimizin $b \leq 60^\circ$ enlemleri için halonun biçimsel olarak basık olduğunu gösterir. Şekil 4.8'de verilen halonun normalleştirilmiş yerel uzay yoğunluğunun boylam ile değişimi, kalın diske ait değişim kadar olmasa bile düzdür. Bu da, bir ilktir ve çalışmada elde edilen bu sonuçlar orijinaldir. Yine çeyrek bazında karşılaştırsak, I. ve III. çeyrek halonun ince diske göre normalize edilmiş ortalama yoğunluk değeri $\langle (n_3/n_1) \rangle$ bu çalışmada, sırası ile, %0.35 ve %0.36, Bilir ve diğ. (2008)'nin aynı çeyrekler için verdikleri değerler ise %0.15 ve %0.14 olduğunu görülür. Her iki çalışmada halo yoğunluk değerleri galaktik boylam ile değişmemektedir. Yalnız galaktik enlem küçüldükçe yerel uzay yoğunluğu artmaktadır. Bu bir yanlılıktır, galaktik enlem büyüdükçe halo bileşeninin yıldız sayısı artmakta ve Güneş civarında tayin edilen uzay yoğunluğunu etkilemektedir. Galaksideki alevlenme, Galaksi dışından gelen maddenin Galaksi diskine düşmesi ile açıklanmakta olup Galaksi merkezinden uzaklaştıkça yükseklik ölçeğinin artması şeklinde kendini gösterir (López-Corredoira ve diğ., 2002; Momany ve diğ., 2006).

5.1.1. İnce Disk Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Alevlenme Modeli

Galaksideki alevlenme, Galaksi dışından gelen maddenin Galaksi diskine düşmesi ile açıklanmakta olup Galaksi merkezinden uzaklaştıkça yükseklik ölçeğinin artması şeklinde kendini gösterir (López-Corredoira ve diğ., 2002; Momany ve diğ., 2006).

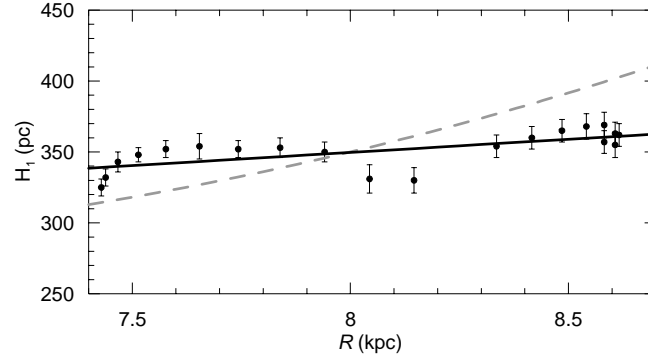
Tez çalışmasında yıldız alanları için hesaplanan ince ve kalın disk yükseklik ölçeklerinin farklı bulunmasının nedeni, galaktik diskte görülen "alevlenme" mekanizması ile açıklanabilir. Disk yükseklik ölçeklerinin galaktik boylam ile değişiminin alevlenmeden kaynaklandığı, kuşak üzerinde farklı boylamlardaki yıldız alanlarının radyal uzaklıkları (R) ile hesaplanan yükseklik ölçekleri (H_z) arasındaki değişimler incelenerek yapılmıştır. Bunun için, her bir yıldız alanının ortalama radyal uzaklıkları (3.10) ve (3.13) eşitlikleri ve $R = [x^2 + z^2]^{1/2}$ bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil 5.1'de $\langle b \rangle = 45^\circ$ galaktik enlemler kuşak üzerinde farklı boylamlardaki yıldız alanlarının ortalama radyal uzaklıklarına karşılık gelen ince disk yükseklik ölçekleri çizilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, ince disk yükseklik ölçek

değerleri farklı doğrultudaki yıldız alanları için farklıdır ve radyal uzaklık ile artmaktadır. Alevlenme modeline göre, Galaksi merkezinden uzaklaştıkça yükseklik ölçeğinin artmasını gerektirir. Şekil 5.1’de, tayin edilen ince disk yükseklik ölçekleri Galaksi merkezinden uzaklaştıkça hafif bir şekilde artmaktadır. Bu artışı ifade etmek için iki alevlenme kanunu kullanılmıştır. Bunlardan biri, ince disk yükseklik ölçekleri ile en iyi uyumu gösteren ve (5.1) eşitliği ile verilen lineer bağıntıdır. Model şekil üzerinde düz çizgi ile gösterilmiştir. $R < 7.5$ kpc aralığında iki gözlemsel nokta bu çizginin biraz altında, $7.5 < R < 7.8$ kpc aralığında 4 nokta çizginin biraz üstünde, $8.0 < R < 8.2$ kpc aralığında ise 2 nokta düz çizginin 20 pc altında yer alıyor. Bununla beraber, 20 tane yıldız alanından hesaplanan yükseklik ölçeği ile Galaksi merkezinden uzaklık arasındaki dağılımın korelasyon katsayısı 0.67’dir. Bu da pozitif eğimli düz çizginin alevlenme modelini temsil ediyor. Diğeri, (5.2) eşitliği ile verilen López-Corredoira ve diğ. (2002)’nin ikinci dereceden alevlenme kanunudur. (5.2) eşitliğindeki $h_{z,0} = 350$ pc değeri, López-Corredoira ve diğ. (2002)’nin ikinci dereceden alevlenme modelinin çalışmadaki verilere uygulanması ile hesaplanmıştır. Bu değer, Güneş civarındaki ($R_0 = 8$ kpc) ince disk yıldızlarının ortalama yükseklik ölçeğini gösterir. López-Corredoira ve diğ. (2002)’nin alevlenme modeli şekil üzerinde kesikli çizgi ile gösterilmiştir. İki alevlenme modeli de Güneş civarında ($R_0 = 8$ kpc) ince disk yıldızların yükseklik ölçeğini yaklaşık 350 pc olması gerektiğini gösteriyor. Alevlenme modelleri bire bir aynı olmasa bile gidişatları aynıdır. Benzer durum, Cabrera-Lavers ve diğ. (2007) ve Bilir ve diğ. (2008)’nin çalışmalarında da görülmektedir. Sonuç olarak, ince disk yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi, Galaksideki alevlenmeden kaynaklanmaktadır.

$$h_z = (349.68 \pm 39.91) [1 + (0.053 \pm 0.013)(R - R_0)] \quad (5.1)$$

$$h_z = h_{z,0} [1 + 0.21(R - R_0) + 0.056(R - R_0)^2] \quad (5.2)$$

Burada, (5.1) ve (5.2) eşitliklerindeki R , yıldız alanlarında popülasyonun Galaksi merkezine olan radyal uzaklığı; R_0 (8 kpc) ise Güneş’in Galaksi merkezine uzaklığını gösteriyor.



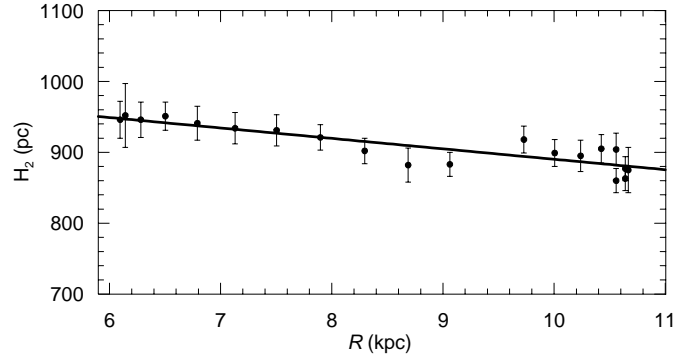
Şekil 5.1: İnce disk yükseklik ölçeğinin radyal uzaklık ile değişimi. Noktalar, her bir yıldız alanı için tayin edilen ince disk yükseklik ölçeklerini, düz çizgi ise bu yükseklik ölçekleri arasındaki bağıntıyı (5.1) kesikli çizgi, López-Corredoira ve diğ. (2002) çalışmasındaki alevlenme modelini temsil ediyor.

5.1.2. Kalın Disk Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Alevlenme Modeli ve Galaktik Uzun Çubuk

Kalın disk yükseklik ölçeğinin radyal uzaklık ile değişimi Şekil 5.2’de verilmiştir. Şekilden, yükseklik ölçeği ile radyal uzaklık arasındaki bağıntının lineer olduğu fakat eğimin beklenenin tam tersi yönde olduğu görülüyor. Bunun anlamı, alevlenme modelinin tersine, radyal uzaklık arttıkça yükseklik ölçeğinin azalmasıdır. Eşitlik (5.3)’de verilen bu bağıntı alevlenme modeli ile açıklanamaz. Cabrera-Lavers ve diğ. (2007), kalın disk yükseklik ölçeğinin radyal uzaklığa göre azalan bir fonksiyon sergilemesini, Galaksi merkezinde varlığı artık tartışılmayan “uzun çubuk” ile açıklanmaktadır (boyutları $7.8 \text{ kpc} \times 1.2 \text{ kpc} \times 0.2 \text{ kpc}$; López-Corredoira ve diğ., 2007). López-Corredoira ve diğ. (2007), uzun çubuğun $l \sim 27^\circ$ galaktik boylamına doğru uzandığını göstermişlerdir. Şekil 5.3’te disk yıldızlarının etkin olduğu $15 < g_0 \leq 18$ görünen kadir aralığındaki yüzey yoğunluklarına bakıldığında, maksimum yüzey yoğunluğun galaksi merkezi doğrultusunda olması beklenirken, $l \sim 20^\circ$ galaktik boylam civarında görülmesi Galaksideki uzun çubuğun disk üzerindeki çekim etkisini gösteriyor (Şekil 5.3). Bilir ve diğ. (2008)’nin çalışmasında radyal uzaklıkla kalın diskin yükseklik ölçeğinin azalması görülmüştür. Bu çalışmada da kalın disk yükseklik ölçeğinin galaktik boylama göre değişiminin uzun çubukla açıklanabileceğini doğrulanmıştır.

$$h_z = (919.62 \pm 54.94) [1 - (0.016 \pm 0.003)(R - R_0)] \quad (5.3)$$

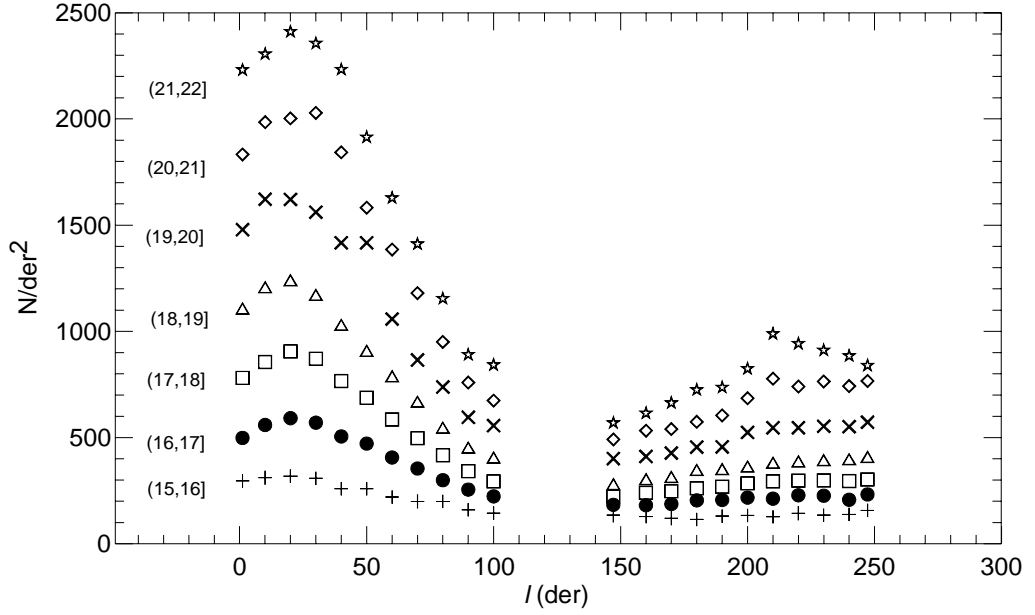
Uzun çubuk çekim etkisi ile etrafındaki yıldızları üzerine çeker (Herquist ve Wenberg, 1992; Debattista ve Sellwood, 1998) ve ortamda bir homojensizliğe neden olur. Böylece, Galaksimizin I. çeyreğinin, III. çeyreğe ve IV. çeyreğinin de II. çeyreğe göre daha fazla sayıda yıldız bulunması beklenir. Gerçekten gözlemler, bu beklentiyi doğrulamaktadır (Parker, Humphreys ve Larsen, 2003; Bilir ve diğ., 2008).



Şekil 5.2: Kalın disk yükseklik ölçeğinin radyal uzaklık ile değişimi. Noktalar, her bir yıldız alanı için tayin edilen kalın disk yükseklik ölçek değerlerini ve siyah çizgi, (5.3) eşitliği ile verilen alevlenme modelini gösteriyor.

5.1.3. Halo Model Parametrelerinin Galaktik Boylam ile Değişimi: Üç Eksenli Yapı ve Cüce Galaksi Birleşmeleri

Halo model parametrelerinin galaktik boylam ile değiştiği Bölüm 4.2.2'de gösterilmiştir. Bu değişimin nedenleri, Galaksimizin halo bileşeninin asimetrik yapısı ve/veya Galaksimiz ile etkileşen cüce galaksilerden kaynaklanabilir. Bunun için, Newberg ve Yanny (2005) ve Bilir ve diğ. (2008) yönteminden yararlanarak, farklı boylamlardaki yıldız alanlarının yüzey yoğunluklarının değişimine bakılmıştır (Şekil 4.1 ve 5.3).



Şekil 5.3: Yıldız alanlarının yüzey yoğunluklarının görünen kadirin bir fonksiyonu olarak galaktik boylam ile değişimi.

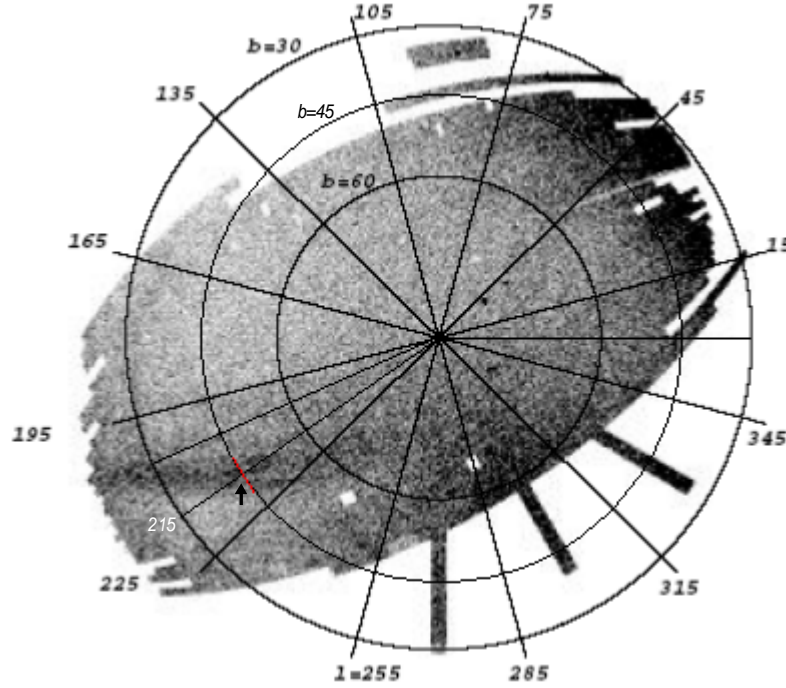
Şekil 5.3'te halonun etkin olduğu $18 < g_0 \leq 22$ görünen kadir aralıkları incelendiğinde, maksimum yüzey yoğunluğu $\langle l \rangle = 0^\circ$ yerine $10^\circ \leq l \leq 30^\circ$ galaktik boylamlarında görülüyor. Minimum yüzey yoğunluğu ise $\langle l \rangle = 180^\circ$ yerine $\langle l \rangle = 150^\circ$ galaktik boylamında görülüyor. Bu durum iki şekilde açıklanabilir; (i) Galaksi halosunun üç eksenli bir yapısıdır (Newberg ve Yanny, 2006; Xu ve diğ., 2006; Juric ve diğ., 2008). Galaksimiz, galaktik düzlem ve meridyene göre simetrik olabilir. Galaktik meridyen, Güneş ve Galaksi merkezinden geçen ve Galaksi düzlemine dik olan düzlemdir. Galaksimiz simetrik kabul edildiğinde, bu düzlemlere göre simetrik olan bölgelerde eşit hacimlerde eşit sayıda yıldız bulunması gerekir. Yıldız yüzey yoğunluğu diyagramında $0^\circ \leq l \leq 180^\circ$ doğrultusuna eşit açısız uzaklıkta bulunan alanlarda yüzey yoğunlukların eşit olmadığı görülmüştür (Newberg ve Yanny, 2006; Xu ve diğ., 2006). Bu durum, Galaksimizin Galaksi meridyenine göre asimetrisi ve üç eksenli yapısı için tipik delillerdir. (ii) Galaksimiz ile etkileşen cüce galaksi kalıntılarıdır (Wyse ve Gimore, 2005). Şekil 5.3'de $0^\circ \leq l \leq 40^\circ$, $\langle l \rangle = 210^\circ$ ve $240^\circ \leq l \leq 250^\circ$ galaktik boylamlarında, halonun etkin olduğu $18 < g_0 \leq 22$ görünen kadir aralıklarındaki yüzey yoğunlukları incelendiğinde aşırı yoğun bölgeler dikkat çekmektedir. $0^\circ \leq l \leq 40^\circ$ (I. bölge), $\langle l \rangle = 60^\circ$ (II. bölge), $210^\circ \leq l \leq 250^\circ$ (III. bölge) galaktik boylamlarındaki aşırı yoğun bölgeler, halo popülasyonun evriminde cüce galaksi katılımlarının etkili olduğunu

göstermektedir. Bu sonucu doğrulamak için, literatürde tespit edilen cüce galaksilerin karışım bölgeleri ile çalışmada görülen aşırı yoğun bölgeler karşılaştırılmıştır. Aşırı yoğunlukların görüldüğü koordinatlar ile eşleşen cüce galaksi katılımları bölgeleri aşağıda verilmiştir:

I. bölge: $(l, b) \sim (0^\circ, 45^\circ)$ galaktik koordinatlarda Palomar 5 isimli yıldız akıntısı bulunmaktadır (Odenkirchen ve diğ., 2003). Aşırı yoğun bölge, Sagittarius yıldız akıntı bölgesine de çok yakındır (Newberg ve diğ., 2002, Şekil 1). Sagittarius yıldız akıntı bölgesi $g_0 > 19$ görünen kadirlerle kadar etkindir. Dolayısıyla, I. bölgedeki aşırı yoğunluğun nedeni bir veya iki cüce galaksi akıntısından kaynaklanabilir.

II. bölge: $(l, b) \sim (60^\circ, 45^\circ)$ galaktik koordinatlarında $19 < g_0 \leq 20$ görünen kadir aralığında görülen aşırı yoğunluk bölgesi Hercules-Aquila Bulutundan kaynaklanabilir (Belokurov ve diğ. 2007).

III. bölge: Şekil 5.3'te $\langle l \rangle = 210^\circ$ galaktik boylamında görülen aşırı yoğun bölge Newberg ve diğ. (2006) tarafından Sagittarius yıldız akıntısının kuyruğu olarak ifade edilmiştir. Bu aşırı yoğun bölge, Şekil 5.4'de Newberg ve diğ. (2006) şekili üzerinde "ok" ile gösterilmiştir (Şekil 5.4). Sagittarius akıntı bölgesi yaklaşık $210^\circ \leq l \leq 220^\circ$ galaktik boylam aralığındadır. Belokurov ve diğ. (2006) bu bölgeyi Sagittarius A kolu olarak isimlendirmiştir. Şekil 5.3'te $\langle l \rangle = 210^\circ$ civarında görülen aşırı yoğun bölgenin Sagittarius akıntı kuyruğunun katkısı olduğu açıkça görülmektedir. $240^\circ \leq l \leq 250^\circ$ galaktik boylam aralığında görülen aşırı yoğunluk Virgo yıldız akıntısının merkez bölgesine yakındır. Yani, bu aşırı yoğunluk Virgo yıldız akıntısının kuyruğu olabilir (Newberg ve diğ., 2002). Ayrıca bu bölge, Orphan yıldız akıntısına da yakındır (Belokurov ve diğ., 2006).



Şekil 5.4: Newberg ve diğ. (2006) çalışmasındaki aşırı yoğun bölgelerin (yıldız akıntı bölgeleri) gösterimi. Daireler içten dışarı doğru, sırası ile, 60° , 45° , 30° galaktik enlemlerini göstermektedir. 30° enlem dairesi üzerindeki değerler galaktik boylamları göstermektedir.

5.2. GALAKSİDEKİ METAL BOLLUĞU GRADYENTİ

Galaksimizin oluşum ve evriminin anlaşılmasında başvurulan yöntemlerden biri de metal bolluğu gradyentinin incelenmesidir. Galaksimizin yaklaşık 2×10^8 yıllık serbest düşüş zamanında oluştuğunu iddia eden Eggen ve diğ. (ELS modeli, 1962)'e ait modelde metal bolluk gradyenti beklenir. Bugün, Galaksimizin daha uzun zamanda çöktüğünü biliyoruz (Yoshii ve Saio, 1979; Norris, Bessel ve Pickles, 1985; Norris 1986; Carney, Latham ve Laird, 1990). Daha uzun çöküş sürelerinde ise oluşan büyük kütleli yıldızların içerisindeki elementler zenginleşmekte ve yıldızların süpernova aşaması sonunda çevreye dağılan elementlerden yeni yıldızlar oluşmaktadır. Bu durum, dıştan içe doğru gidildiğinde, Galaksimizdeki yıldızların metalce daha zengin olması ile sonuçlanır. Galaksimizin disk (ince ve kalın disk) bileşenlerinin böyle oluştuğu, bu popülasyonlara ait metal bolluğu gradyentinden anlaşılıyor.

Galaksimizin oluşumu ile ilgili başka bir senaryonun öncüsü Searle ve Zinn (1978)'dir. Bu bilim adamlarına göre, Galaksimizin hiç olmazsa bir bölümü Galaksimize katılan madde ile oluşmuştur. Halonun oluşumunda bu senaryonun etkin olduğu düşünülüyor.

Haloda, beklenin tersine, metalce fakir yıldızların olmayışı bu senaryo için en iyi delildir. Bu senaryoya Schuster ve Nissen (1989)'de katıldı. Bu senaryoya savunanlara göre halo Galaksimizin çekim etkisinde kalarak Galaksimize katılan cüce galaksilerin parçalanmasından oluşmuştur. Halonun da metal bolluğu gradyenti göstermemesi de bu yolla açıklanmaktadır.

Halo yıldızları metalce fakirdir. Ancak, bazı araştırmalar $[M/H] < -1$ dex metal bolluğundaki yıldızlardan önemli bir miktarının disk yıldızlarına benzeyen yapıya sahip olduklarını göstermiştir (Norris, 1996). Bu bulgu, halonun birkaç farklı yapıdan ibaret olduğu fikrinin doğmasına sebep olmuştur. Bu konu ile ilgili güncel çalışma Carollo ve diğ. (2007)'e aittir. Bu çalışmaya göre, halo en az iki bileşenden ibarettir. İç halo olarak adlandırılan yapı Galaksi merkezinden 10-15 kpc uzaklığa kadar, dış halo ise 15-20 kpc'den daha uzak bölgelere kadar uzanır. İki bileşenin metal bollukları $[M/H] = -1.6$ dex (iç halo) ve $[M/H] = -2.2$ dex'te maksimum oluyor.

Bu çalışmada uzun ömürlü G tayf türünden yaklaşık 130 000 yıldızın fotometrik metal bolluklarından Galaksimizin oluşum ve evrimi ile ilgili konuda literatüre katkıda bulunulmak istenmiştir. Bu amaç için, dik doğrultuda metal bolluğu gradyentine bakılmıştır. Farklı uzaklıklar için farklı metal bolluğu gradyentleri elde edilmiştir (Şekil 4.11). $z^* > 5.5$ kpc uzaklık aralığında metal bolluğu gradyentinin olmadığı görülüyor. Bu durum, Galaksimizin dış bölgesinin oluşumunun farklı olduğunu göstermektedir. Çökerek oluşmamış, ayrıca galaksi dışı maddenin Galaksimize katılımı ile Galaksimizin dış bölgeleri metalce farklılaşmıştır. $z^* \leq 5.5$ kpc aralığında ise belirgin bir metal bolluğu gradyenti vardır (Şekil 4.11). Şekilde, en büyük metal bolluğu gradyenti $z^* < 3$ kpc uzaklık aralığında göze çarpıyor. Bu bölgede, ince disk yıldızları etkin olmakla beraber bir miktar kalın disk yıldızı vardır. $z^*=3.32$ kpc'teki noktanın konumu ilk 5 noktanın konumunun belirgin bir şekilde altında, ondan sonraki 3 noktanın konumundan ise yine belirgin bir şekilde üstündedir. Bu nokta kalın diskten haloya geçişi, sonraki üç nokta ise haloyu (iç haloyu) temsil ediyor. Bu bulgular, iç halo ile dış halonun farklı oluşumlarına ait senaryoyu (Carollo ve diğ. 2007) destekler mahiyettedir. Bu çalışma, benzer sonuçların elde edildiği Ak ve diğ. (2007)'nin çalışmasını da doğrulamaktadır.

6. KAYNAKLAR

ADELMAN-MCCARTHY, J. K., 2008, The Sixth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 175, 297.

AK, S., BİLİR, S., KARAALİ, S., BUSER, R., CABRERA-LAVERS, A., 2007, The Metallicity Distributions in High-latitudes with SDSS, *New Astronomy*, 12(8), 605-612

BAADE, 1944, NGC 147 and NGC 185, Two New Members of the Local Group of Galaxies, *Astrophysical Journal*, 100, 147.

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.

BAHCALL, J. N., SONEIRA, R.M., 1984, Comparisons of a Standard Galaxy Model with Stellar Observations in Five Fields, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 55, 67.

BAHCALL, J. N., 1986, Star Counts and Galactic Structure, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 24, 577.

BATTAGLIA, G., HELMI, A., MORRISON, H., HARDING, P., OLSZEWSKI, E. W., MATEO, M., FREEMAN, K. C., NORRIS, J., SHECTMAN, S. A., 2005, The Radial Velocity Dispersion Profile of the Galactic Halo: Constraining the Density Profile of the Dark Halo of the Milky Way, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 364, 433-442.

BECKER, W., 1965, Versuch einer empirischen Bestimmung der Sterndichte im galaktischen Halo mit Hilfe der Dreifarben-Photometrie. Mit 20 Textabbildungen, *Zeitschrift für Astrophysik*, 62, 54.

BEERS, T.C., SOMMER-LARSEN, J., 1995, Kinematics of Metal-poor Stars in the Galaxy, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 96, 175-221.

BELOKUROV, V., ZUCKER, D. B., EVANS, N. W., GILMORE, G., VIDRIH, S., BRAMICH, D. M., NEWBERG, H. J., WYSE, R. F. G., IRWIN, M. J., FELLHAUER, M., AND 11 COAUTHORS, 2006, The Field of Streams: Sagittarius and Its Siblings, *The Astrophysical Journal*, 642L, 2, 137-140.

BELOKUROV, V., EVANS, N. W., BELL, E. F., IRWIN, M. J., HEWETT, P. C., KOPOSOV, S., ROCKOSI, C. M., GILMORE, G., ZUCKER, D. B.,

- FELLHAUER, M., AND 16 COAUTHORS, 2007, The Hercules-Aquila Cloud, *The Astrophysical Journal*, 657(2), 89-92.
- BERTIN, E.; ARNOUITS, S., 1996, SExtractor: Software for Source Extraction, *Astronomy and Astrophysics Supplement*, 117, 393-404.
- BİLİR, S., KARAALİ, S., TUNÇEL, S., 2005, Absolute Magnitudes for Late-Type Dwarfs, *Astronomische Nachrichten*, 326, 321.
- BİLİR, S., KARAALİ, 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.
- BİLİR, S., KARAALİ, S., AK, S.G., YAZ, E., HAMZAOĞLU E., 2006b, Galactic Longitude Dependent Galactic Model Parameters, *New Astronomy*, 12(3), 234-245.
- BİLİR, S., KARAALİ, S., GÜVER, T., KARATAŞ, Y., AK, S. G., 2006c, Galactic Model Parameters for Field Giants Separated from Field Dwarfs by Their 2MASS and V Apparent Magnitudes Galactic Model Parameters for Field Giants Separated from Field Dwarfs by Their 2MASS and V Apparent Magnitudes, *Astronomische Nachrichten*, 327, 72.
- BİLİR, S., CABRERA-LAVERS, A., KARAALİ, S., AK, S., YAZ, E., LOPEZ-CORREDOIRA, M., 2008, Estimation of Galactic Model Parameters in High Latitudes with SDSS, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 25, 69.
- BISSANTZ, N., ENGLMAIER, P., GERHARD, O., 2003, Gas Dynamics in the Milky Way: Second Pattern Speed and Large-Scale Morphology, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 340, 949.
- BLATON, M.R., ve diğ., 2005, New York University Value-Added Galaxy Catalog: A Galaxy Catalog Based on New Public Surveys, *The Astronomical Journal*, 129, 2562.
- BUSER, R., FENKART, R. P., 1990, Basic Calibrations of the Photographic RGU System. III - Intermediate and Extreme Population II Dwarf Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 239, 243-259.
- BUSER, R., RONG, J., KARAALİ, 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.
- BUSER, R., RONG, J., KARAALİ, 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.

- CABRERA-LAVERS, A., BİLİR, S., AK, S., YAZ, E., LOPEZ-CORREDOIRA, M., 2007, Estimation of Galactic Model Parameters in High Latitudes with 2MASS, *Astronomy and Astrophysics*, 464, 565.
- CARNEY, B. W., LATHAM, D. W., LAIRD, J. B., 1989, A Survey of Proper-Motion Stars. VIII-On the Galaxy's Third Population, *Astronomical Journal*, 97, 423-430.
- 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.
- CAROLLO, D., BEERS, T., LEE, Y. S., CHIBA, M., NORRIS, J. E., WILHELM, R., SIVARANI, T., MARSTELLER, B., MUNN, J. A., BAILER-JONES, C. A. L., and 2 coauthors, 2007, Two Stellar Components In the Halo Of The Milky Way, *Nature*, 450, 1020.
- CHEN, B., STOUGHTON, C., SMITH, J. A., UOMOTO, A., PIER, J. R., YANNY, B., IVEZIC, Z., YORK, D. G., ANDERSON, J. E., ANNIS, J., and SDSS coauthors, 2001, Stellar Population Studies with the SDSS. I. The Vertical Distribution of Stars in the Milky Way, *Astrophysical Journal*, 553, 184.
- COX, A. N., 2000, Allen's Astrophysical Quantities, 4th ed., AIP Press Springer, New York, ISBN 0-387-98746-0.
- DEBATTISTA, V. P., SELLWOOD, J. A., 1998, Dynamical Friction and the Distribution of Dark Matter in Barred Galaxies, *Astrophysical Journal Letters*, 493, 5-8.
- DE VAUCOULEURS, G., 1948, Recherches sur les Nebuleuses Extragalactiques, *Annales d'Astrophysique*, 11, 247.
- DEL RIO, G., FENKART, R., 1987, RGU Three-colour Photometric Space Densities in a Field Near the Galactic Centre (PLAUT II), Compared with Different Galaxy Models, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 68, 397-417.
- DU, C., ZHOU, X., MA, J., BING-CHIH, A., YANG, Y., LI, J., WU, H., JIANG, Z., CHEN, J., 2003, Galactic Structure Studies with BATC Star Counts, *Astronomy and Astrophysics*, 407,541.
- DU, C., MA, J, WU, Z., ZHOU, X., 2006, Galactic Structure Studies from the Beijing-Arizona-Taiwan-Connecticut Survey, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 372, 1304.
- 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.

- FAN, X., 1999, Simulation of Stellar Objects in SDSS Color Space, *Astronomical Journal*, 117, 2528-2551.
- FENKART, R., TOPAKTAŞ, L., BOYDAĞ, S., KANDEMİR, G., 1987, RGU-three Colour Photometry in the Anticentre-Intermediate Latitude Field NGC 2420, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 67, 245-260.
- FENKART, R., 1989a, Confirmation of the Galactic Thick Disk Component by the Basle RGU- and UBV-Photometric Space Densities, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 78, 217.
- FENKART, R., 1989b, Confirmation of the Galactic Thick Disk Component by the Basle RGU- UBV-Photometric Space Densities, II. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 79, 51.
- FENKART, R., 1989c, Confirmation of the Galactic Thick Disk Component by the Basle RGU- and UBV-Photometric Space Densities. Synopsis of 25 Years Basle Halo Program. III - RGU + UBV: SA 82, SA 133, SA 57, SA 54, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 80, 89.
- FENKART, R., 1989d, Confirmation of the Galactic Thick Disk Component by the Basle RGU- and UBV-Photometric Space Densities. IV - Synopsis of 25 years Basle Halo Program: SA 107, SA 51. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 81, 187.
- FREBEL, A., 2007, Discovery of HE 1523-0901, a Strongly r-Process-Enhanced Metal-Poor Star with Detected Uranium, *The Astrophysical Journal*, 660L, 117.
- FUKUGITA, X., 1996, Simulation of Stellar Objects in SDSS Color Space, *Astronomical Journal*, 111, 1748.
- FREEMAN, K., BLAND-HAWTHORN, J., 2002, The New Galaxy: Signatures of Its Formation, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 40, 487-537.
- 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., 1984, New Light on Faint Stars. VI - Structure and Evolution of the Galactic Spheroid, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 207, 223-240.
- GILMORE, G., WYSE, R.F.G., 1985, The Abundance Distribution in the Inner Spheroid, *Astronomical Journal*, 90, 2015-2026.
- GILMORE, G., WYSE, R.F.G., KUIJKEN, K., 1989, Kinematics, Chemistry, and Structure of the Galaxy, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 27, 555.

- HELMI, A., IVEZIĆ, Ž., PRADA, F., PENTERICCI, L., ROCKOSI, C.M., SCHNEIDER, D.P., GREBEL, E.K., HARBECK, D., LUPTON, R.H., GUNN, J.E., AND 3 COAUTHORS, 2003, Selection of Metal-Poor Giant Stars Using the Sloan Digital Sky Survey Photometric System, *The Astrophysical Journal*, 586, 195-200.
- HERNQUIST, L., WEINBERG, M. D., 1992, Bar-spheroid interaction in galaxies, *Astrophysical Journal*, 400(1), 80-95.
- IVEZIĆ, Ž., LUPTON, R. H., SCHLEGEL, D., BOROSKI, B., ADELMAN-MCCARTHY, J., YANNY, B., KENT, S., STOUGHTON, C., FINKBEINER, D., PADMANABHAN, N., ROCKOSI, C. M., GUNN, J. E., KNAPP, G. R., and 14 coauthors, 2004, SDSS Data Management and Photometric Quality Assessment, *Astronomische Nachrichten*, 325, 583.
- JAHREISESS, H., WIELEN, R., 1997, in Battrick, B., Perryman, M.A.C., Bernacca, P.L., eds, HIPPARCOS - Venice 97. ESA SP-402, Noordwijk, p. 675.
- JURIĆ, M., IVEZIĆ, Ž., BROOKS, A., LUPTON, R., SCHLEGEL, D., FINKBEINER, D., PADMANABHAN, N., BOND, N., ROCKOSI, C. M., KNAPP, G. R., GUNN, J. E., SUMI, T., SCHNEIDER, D., BARENTINE, J. C., BREWINGTON, H. J., BRINKMANN, J. FUKUGITA, M., HARVANEK, M., KLEINMAN, S. J., KRZESINSKI, J., LONG, D., NEILSEN, ERIC H., JR., NITTA, A., SNEDDEN, S. A., YORK, D. G., 2008, The Milky Way Tomography with SDSS, *The Astrophysical Journal*, 673, 864.
- KARAALI, S., BİLİR, 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., BİLİR, 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 the Pacific*, 22, 24.
- KARAALI, S., BİLİR, S., YAZ, E., HAMZAOĞLU, E., BUSER, R., 2007, Volume-Limited Dependent Galactic Model Parameters, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 24(4), 208-219.
- KARTTUNEN, H., KRÖGER, P., OJA, H., POUTANEN, M., DONNER, K.J., 1996, *Fundamental Astronomy 3.rd*, Springer ISBN: 3540609369
- KUIJKEN, K., GILMORE, G., 1989, The Mass Distribution in the Galactic Disc - Part Three - the Local Volume Mass Density, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 239, 651.
- LARSEN J. A., 1996, Galactic Structure from the APS Catalog of POSS I, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 28, 1350.

- LÓPEZ-CORREDOIRA, M., CABRERA-LAVERS, A., GARZÓN, F., HAMMERSLEY, P.L., 2002, Old Stellar Galactic Disc in Near-Plane Regions According to 2MASS: Scales, Cut-Off, Flare and Warp, *Astronomy and Astrophysics*, 394, 883-899.
- LÓPEZ-CORREDOIRA, M., CABRERA-LAVERS, A., MAHONEY, T.J., HAMMERSLEY, P.L., GARZÓN, F., GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C., 2007, The Long Bar in the Milky Way: Corroboration of an Old Hypothesis, *Astronomical Journal*, 133, 154.
- MAJEWSKI, S. R., 1993, Galactic Structure Surveys and the Evolution of the Milky Way, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 31, 575.
- MALMQUIST, G., 1920, *Medd. Lunds Astron. Obs.*, Ser.2, 221948.
- MOMANY, Y., ZAGGIA, S., GILMORE, G., PIOTTO, G., CARRARO, G., BEDIN, L.R., DE ANGELI, F., 2006, Outer Structure of the Galactic Warp and Flare: Explaining the Canis Major Over-Density, *Astronomy and Astrophysics*, 451(2), 515-538.
- NARAYAN, C. A., JOG, C. J., 2002, Vertical Scaleheights in a Gravitationally Coupled, Three-Component Galactic Disk. *Astronomy and Astrophysics*, 394, 89.
- NEWBERG, H.J., YANNY, B., ROCKOSI, C., GREBEL, E.K., RIX, H., BRINKMANN, J., CSABAI, I., HENNESSY, G., HINDSLEY, R.B., IBATA, R., and 9 coauthors, 2002, The Ghost of Sagittarius and Lumps in the Halo of the Milky Way, *The Astrophysical Journal*, 569(1), 245-274.
- NEWBERG, H.J., YANNY, B., 2005, The Halo of the Milky Way, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, 338, 210.
- NEWBERG, H. J., YANNY, B., 2006, The Milkyway's Stellar Halo-Lumpy or Triaxial?, *Journal of Physics: Conference Series*, 47(1), 195.
- NORRIS, J., BESSELL, M. S., PICKLES, A. J., 1985, Population studies.I - The Bidelman-MacConnell 'weak-metal' stars, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 58, 463-492.
- NORRIS, J.E., 1986, Population studies. II - Kinematics as a Function of Abundance and Galactocentric Position for (Fe/H) of -0.6 or less, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, 61, 667-698.
- NORRIS, J.E., 1996, The Relationship Between the Halo and Disk Populations, *ASP Conference Series*, 92, 14-23.
- ODENKIRCHEN, M., GREBEL, E.K., DEHNEN, W., RIX, H., YANNY, B., NEWBERG, H.J., ROCKOSI, C.M., MARTÍNEZ-DELGADO, D., BRINKMANN, J., PIER, J.R., 2003, The Extended Tails of Palomar 5: A 10° Arc of Globular Cluster Tidal Debris, *The Astronomical Journal*, 126, 5, 2385-2407.

- OJHA, D. K., BIENAYMÉ, O., MOHAN, V., ROBIN, A. C., 1999, New Surveys of UBV Photometry and Absolute Proper Motions at Intermediate Latitude, *Astronomy and Astrophysics*, 351, 945.
- PARKER, J. E., HUMPHREYS, R. M., LARSEN, J. A., 2003, The Asymmetric Thick Disk: A Star-Count and Kinematic Analysis. I. The Star Counts, *The Astronomical Journal*, 126, 1346
- PHLEPS, S., MEISENHEIMER, K., FUCHS, B., WOLF, C., 2000, CADIS Deep Star Counts: Galactic Structure and the Stellar Luminosity Function, *Astronomy and Astrophysics*, 356, 108-117.
- PHLEPS, S., DREPPER, S., MEISENHEIMER, K., FUCHS, B., 2005, Galactic Structure from the Calar Alto Deep Imaging Survey (CADIS), *Astronomy and Astrophysics*, 443(3), 929-943.
- PIER, J. R., MUNN, J. A., HINDSLEY, R. B., HENNESSY, G. S., KENT, S. M., LUPTON, R. H., IVEZIC, Z., 2003, Astrometric Calibration of the Sloan Digital Sky Survey, *The Astronomical Journal*, 125, 1559.
- REID, M. J., 1993, The Distance to the Center of the Galaxy. *Annual review of Astronomy and Astrophysics*, 31, 345.
- REID, N., MAJEWSKI, S. R., 1993, Star Counts Redivivus. I - A New Look at the Galaxy at Faint Magnitudes, *The Astrophysical Journal*, 409, 635-662.
- RIDER, C. J., TUCKER, D. L., SMITH, J. A., STOUGHTON, C., ALLAM, S. S., NEILSEN, E. H., Jr., 2004, A Survey of Open Clusters in the u'g'r'i'z' Filter System. I. Results for NGC 2548 (M48), *The Astronomical Journal*, 127(4), 2210-2227.
- ROBIN, A., CRÉZÉ, M., 1986, Stellar Populations in the Milky Way - A Synthetic Model, *Astronomy and Astrophysics*, 157, 71-90.
- ROBIN, A. C., HAYWOOD, M., CRÉZÉ, M., OJHA, D. K., BIENAYME, O., 1996, The Thick Disc of the Galaxy: Sequel of a Merging Event, *Astronomy and Astrophysics*, 305, 125.
- ROBIN, A. C., REYLÉ, C., CRÉZÉ, M., 2000, Early Galaxy Evolution from Deep Wide Field Star Counts. I. The Spheroid Density Law and Mass Function, *Astronomy and Astrophysics*, 359, 103-112.
- 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, *Astrophysical Journal*, 500, 525-553.

- SCHUSTER, W. J., NISSEN, P. E., 1989, UBV-beta photometry of high-velocity and metal-poor stars. III - Metallicities and ages of the halo stars, *Astronomy and Astrophysics*, 222, 69-81.
- SEARLE, L., ZINN, R., 1978, Compositions of Halo Clusters and the Formation of the Galactic Halo, *The Astrophysical Journal*, 225, 357-379.
- SIEGEL, M.H., MAJEWSKI, S.R., REID, I.N., THOMPSON, I.B., 2002, Star Counts Redivivus. IV. Density Laws Through Photometric Parallaxes, *Astrophysical Journal*, 578, 151-175.
- TRITTON, K. P., MORTON, D. C., 1984, A Deep Optical Survey of a Small Region in Aquarius. I Stellar Photometry and Galactic Structure, *Royal Astronomical Society, Monthly Notices*, 209, 429-447.
- XU, Y., DENG, L. C., HU, J. Y., 2006, The Asymmetric Structure of the Galactic Halo, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 368, 1811.
- WYSE, R.F.G., GILMORE, G., 1986, Kinematics of the Galaxy from a Magnitude-Limited Proper-Motion Sample, *Astronomical Journal*, 91, 855-869.
- WYSE, R.F.G. 2000, in 'The Galactic Halo: From Globular Clusters to Field Stars', ed. A. Noels et al., (Liège, Institut d'Astrophysique et de Géophysique), p305
- WYSE, R.F.G., GILMORE, G., 2005, Galactic Stellar Populations, arXiv:astro-ph/0510025v1.
- VON HIPPEL, T., BOTHUN, G. D., 1993, A Method for Obtaining the Age and Scale Height of the Thick Disk from Faint Stromgren Photometry, *Astrophysical Journal*, 407, 115-125.
- YAMAGATA, T., YOSHII, Y., 1992, UBV Starcounts in SA 54 and Global Structure of the Galaxy, *Astronomical Journal*, 103, 117-130.
- YORK, D.G., ve diğ., 2000, The Sloan Digital Sky Survey: Technical Summary, *Astronomical Journal*, 120, 1579.
- YOSHII, Y., SAIO, H., 1979, Kinematics of the Old Stars and Initial Contraction of the Galaxy, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 31, 339-368.
- YOSHII, Y., 1982, Density Distribution of Faint Stars in the Direction of the North Galactic Pole, *Astron. Soc. Of Japan. Publications*, 34, 365.
- YOSHII, Y., ISHIDA, K., STOBIE, R. S., 1987, Galactic Structure Towards the North Galactic Pole Based on an Analysis of UBV Star-Count Data, *Astronomical Journal*, 93, 323-337.

ÖZGEÇMİŞ

Adı: ESMA
 Soyadı: YAZ
 Doğum Tarihi: 18 / 06 / 1977
 Doğum Yeri: İSTANBUL
 e-posta: esmayaz@yahoo.com

Öğrenim

Üniversite : İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi
 Astronomi ve Uzay Bilimleri (1996 - 2000)
 Yüksek Lisans : İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
 Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (2001 - 2004)
 Doktora : İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
 Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (2004 -.....)

Yabancı Dil: İngilizce

ULUSAL YAYINLAR

- 1) BİLİR, S., KARAALİ, S., AK, S.G., YAZ, E., HAMZAOĞLU E., 2006, Galactic Longitude Dependent Galactic Model Parameters, *New Astronomy*, 12, 3, 234-245.
- 2) CABRERA-LAVERS, A., BİLİR, S., AK, S., YAZ, E., LOPEZ-CORREDOIRA, M., 2007, Estimation of Galactic Model Parameters in High Latitudes with 2MASS, *Astronomy and Astrophysics*, 464, 565-571.
- 3) KARAALİ, S., BİLİR, S., YAZ, E., HAMZAOĞLU, E., BUSER, R., 2007, Volume-Limited Dependent Galactic Model Parameters, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 24(4), 208-219.
- 4) BİLİR, S., CABRERA-LAVERS, A., KARAALİ, S., AK, S., YAZ, E., LOPEZ-CORREDOIRA, M., 2008, Estimation of Galactic Model Parameters in High

Latitudes with SDSS, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 25, 69-84.

- 5) BİLİR S., AK T., SOYDUGAN E., SOYDUGAN F., YAZ E., FİLİZ AK N., EKER Z., DEMİRCAN O., HELVACI M., 2008, New Absolute Magnitude Calibrations For Detached Binaries, *Astronomische Nachrichten*, 329, 835-844.
- 6) BİLİR 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(4), 1569-1576.
- 7) EKER, Z., BİLİR, S., YAZ, E., DEMİRCAN, O., HELVACI, M., 2009, New Absolute Magnitude Calibrations for W Ursa Majoris Type Binaries, *Astronomische Nachrichten*, 330(1), 68-76.

ULUSAL BİLDİRİLER

- 1) Ak S., Bilir S., Karaali S., Yaz E., Hamzaoğlu E. "İnce Disk Yıldızlarının Model Parametrelerinin Tayini" 2007, XV. Ulusal Astronomi Kongresi, İstanbul, 29.
- 2) Yaz E., Bilir S., Ak T., Soydugan E., Soydugan F., Ak N. F., Eker Z., Demircan O., Helvacı M. "Ayrık Çift Yıldızlar İçin Yeni Mutlak Kadir Kalibrasyonları" 2008, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, Çanakkale, 7b, 630.
- 3) Bilir S., Cabrera-Lavers A., Karaali S., Ak S., Yaz E., López-Corredoira M. "Yüksek Galaktik Enlemlerli Yıldız Alanlarının SDSS Verilerinden Galaktik Model Parametrelerinin Tayini" 2008, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, Çanakkale, 7b, 736.
- 4) Karaali S., Bilir S., Yaz E., Hamzaoğlu E., Buser R. "Galaksi Model Parametrelerinin Bağımlılığı" 2008, XVI. Ulusal Astronomi Kongresi, Çanakkale, 7b, 767.

BİLİMSEL PROJELER

- 1) Bilir S., Karaali S., Ak S., Yaz E., "İnce Disk Yıldızlarının Model Parametrelerinin Tayini", 2005-2005, İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği, BYP-706/07062005 (3298 TL).

2) Bilir S., Ak S., Yaz E. "Yüksek Galaktik Enlemlili Yıldız Alanlarının SDSS Verilerinden Galaktik Model Parametrelerinin Tayini" 2006-2008, İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği , BYP-941/02032006 (17533 TL).

3) Bilir S., Ak S., Yaz E., "Yüksek Galaktik Enlemlili Yıldız Alanlarının 2MASS Verilerinden Galaktik Model Parametrelerinin Tayini", 2007-2007, İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği, BYPF-11-1/20112006 (9120 TL).

4) Selçuk Bilir, Zeki Eker, Faruk Soyduğan, Esin Soygudan, Esmâ Yaz, Mehmet Tüysüz, Tunç Şenyüz, "Ayrık Örtün Çift Yıldızların Kinematiki ve Yörünge Evrimleri", 2008-2009, TÜBİTAK 106T688 (233.420,00 TL).

Katıldığı Toplantılar

- 1) XI. Ulusal Astronomi Kongresi, 7-10 Ağustos 1999, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- 2) XII. Ulusal Astronomi Toplantısı, 4-8 Eylül 2000, Ege Üniversitesi, İzmir.
- 3) XV. Ulusal Astronomi Toplantısı, 25 Ağustos-1 Eylül 2006, T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- 4) XVI. Ulusal Astronomi Toplantısı, 8-12 Eylül 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

Katıldığı Yaz Okulu

30. International School for Young Astronomers (ISYA), 1-22 Temmuz 2008, İstanbul.