

Orta Galaktik Enlemlili Yıldız Alanlarında Model Parametreleri ve Metal Bolluğu Tayini

Esmayaz^{1*} ve Salih Karaali²

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,
İstanbul, Türkiye

² Beykent Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bilgisayar Bölümü,
İstanbul, Türkiye

Özet Bu çalışmada, Samanyolu'nun orta galaktik enlem kuşağında bulunan $4 < M_g \leq 10$ mutlak parlaklık ve $15 < g_0 < 22$ görünen parlaklık aralığındaki yıldızların *SDSS* (Sloan Digital Sky Survey) fotometrik verileri kullanılarak hesaplanan galaksi model parametrelerinin galaktik boylam ve radyal uzaklığa göre değişimi incelenmiştir. Galaksi'nin I. çeyreğindeki ince diske ait yükseklik ve uzunluk ölçekleri, sırasıyla, 343 pc ve 1.14 kpc; kalın diske ait bu model değerleri ise 926 pc ve 3.75 kpc iken III. Çeyrekte bu parametrelere karşılık gelen değerler 361 pc ve 1.50 kpc; 888 pc ve 4.26 kpc'tir. Halonun basıklığı ise I. çeyrekte 0.55, III. çeyrekte 0.58 olup aralarında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Halonun normleştirilmiş yerel uzay yoğunluğunda (%0.35) da değişim tespit edilmemiştir. Yüksek galaksi enlemlili yıldız alanlarında bulunan sonuçların tersine, kalın diske ait normleştirilmiş yerel uzay yoğunluğu (%6.50) galaksi boylamına göre değişmemektedir. İnce diskin yükseklik ölçeği radyal uzaklık ile doğru orantılı, kalın diskin yükseklik ölçeği ise ters orantılı olarak değişmektedir. İnce disk yükseklik ölçeğindeki bu değişim Galaksi diskindeki *alevenme* den, kalın disk yükseklik ölçeğindeki değişim ise Galaksimizdeki *galaktik uzun çubuk* tan kaynaklanabilir. Orta galaktik enlemlili yıldız alanlarına ait halo bileşeninin basıklığı 0.50 – 0.65 olarak bulunmuştur. Bu değerler, iç halonun basık olduğu görüşü ile uyumaktadır. Yıldız alanlarının yüzey yoğunluğu galaktik boylam ile değişmektedir. Maksimum ve minimum yüzey yoğunlukları, sırası ile, galaksi merkezi doğrultusu $\langle l \rangle = 0^\circ$ ile $\langle l \rangle = 180^\circ$ boylamında olması beklenirken, $20^\circ - 30^\circ$ galaktik boylamı ile $\langle l \rangle = 150^\circ$ boylamında yer almaktadır. Bu durum, Galaksimizin asimetric yapısı ve madde katılımları ile açıklanabilir. Çalışmamızda G tayf türü anakol yıldızları ile Galaksimizde metal bolluğu gradyenti araştırılmıştır. Diskin baskın olduğu $z < 5$ kpc uzaklık için metal bolluğu gradyenti $-0.30dex/kpc$ iken, halonun baskın olduğu $z > 5$ kpc uzaklık için metal bolluğu gradyenti yoktur. Bu sonuçlar diskin çökerek, halonun ise Galaksi dışından gelen katılımlar ile evrimleştiği görüşüne dayanan evrim modellerini desteklemektedir.

* esmayaz@istanbul.edu.tr

1 Giriş

Galaktik yapı çalışmalarını ile ilgili yöntemlerden biri galaksi modellenmesidir. Model parametreleri değişik yöntem ve veriler ile yapılabilmektedir. Yalnız araştırmacıların bulduğu sonuçlar yıllar içinde değişiklik göstermiştir (Bilir ve diğ., 2006a, Tablo 1). Galaksi model parametrelerinden en çok değişim gösteren kalın disk bileşenidir; kabul edildiği yıllardan itibaren kalın diskin yükseklik ölçeği 1.65 kpc'ten 0.45 kpc'lere kadar azalırken, normalleştirilmiş yoğunluğu %2'den %10'e artmıştır (Gilmore ve Reid, 1983; Chen ve diğ., 2001). Son yıllarda yapılmış kapsamlı önemli bir çalışma Juric ve diğ. (2008)'e aittir. SDSS Galaksimizin fotometrik verilerini ile yıldız sayımları yöntemi ile yaptıkları çalışmada kalın diskin yükseklik ölçeği ve normalleştirilmiş yoğunluğunu, sırası ile, 900 pc ve %12 olarak elde etmişlerdir.

Geçmiş yıllarda yapılan modelleme çalışmaları incelendiğinde, galaksi model parametreleri geniş bir aralıkta verilmektedir; Chen ve diğ. (2001) ve Siegel ve diğ. (2002) kalın diskin normalleştirilmiş yoğunluğunu, sırası ile, %6.5-13 ve %6-10 vermişlerdir. Model parametre değerleri ya küçük bir aralıkta ya da hatası küçük bir değer olmalıdır. Araştırmacıların farklı değer ve büyük parametre aralıklarını bulmalarının birçok nedeni olabilir: (a) Galaksi model parametreleri mutlak parlaklığın fonksiyonudur (Karaali ve diğ., 2004, Bilir ve diğ., 2006a). (b) Parametreler galaktik enlem ve boylamın bir fonksiyonudur (Buser, 1998; 1999, Bilir ve diğ., 2006b, Bilir ve diğ., 2006c, Cabrera-Lavers ve diğ., 2007, Ak ve diğ., 2007, Bilir ve diğ., 2008a). (c) Galaksi model parametreleri limit uzaklığına göre değişir. Yani, farklı hacimler için hesaplanan model parametresi aynı değildir (Karaali ve diğ., 2007).

Diske ait model parametrelerinin enlem ve boylama göre değişmesi, parlama (flare) ve burulma (warp) nedeniyledir. Galaksimizin diski eş dağılımlı ve düzgün değildir. Parlama, yükseklik ölçeğini radyal uzaklığın bir fonksiyonu olarak değiştirir. Burulma, galaktik düzlemin bir ve ikinci çeyreğini yukarı kaldırırken, üçüncü ve dördüncü çeyreğini aşağı indirmektedir. Burulmanın varlığı toz, gaz ve yıldızlar için gösterilmiştir (Lopez-Corredoira ve diğ. (2002); Momany ve diğ., 2006). Samanyolu için yıldız ve gazın parlamaları birbiri ile uyumludur (Momany ve diğ., 2006). Lopez-Corredoira ve diğ. (2004) Samanyolu'nun 4 kpc içinde üstel kanuna göre yıldız eksikliği buldu ve bunu yıldızları düzlemden daha yükseklere çıkaran parlama ile açıkladı.

Model parametrelerinin farklı doğrultularda farklı hesaplanmasının diğer bir nedeni de simetrik haloya göre aşırı yoğun bölgelerdir. Bu durum için önerilen iki farklı senaryo vardır: biri halonun üç eksenli yapısı (Newberg ve Yanny, 2006, Xu ve diğ., 2006, Juric ve diğ., 2008), diğeri ise Galaksimizin geçmişindeki cüce galaksi birleşmelerinden arta kalanlar (Wyse ve Gilmore, 2005).

Aynı teorik galaksi modelleri kullanılsa da yazarların bulduğu sonuçlar birbirinden farklıdır. Modelleme için kullanılan yıldız alanının büyüklüğü parametre değerlerinin farklı bulunmasına neden olur. Küçük alanlar kullanıldığında o alana dair özel bir durumdan dolayı parametreler farklı bulunabilir (Buser ve diğ., 1998, Buser ve diğ., 1998). Çok büyük alanlarda da cüce galaksi birleşmelerinden kalan kirlenmeler söz konusu olabilir (Juric ve diğ., 2008).

Bu çalışmada Galaksi'nin daha az çalışılmış galaktik enlemi olan orta galaktik ($b = 45^\circ$) enlemlili yıldız alanları incelenerek Galaksimizin modellenmesi yapılmıştır. Orta galaktik enlem kuşağı 10 der^2 lik bölgelere ayrılarak 36 alana elde edilmiştir. Birleşme kalıntılarında da kaçınılmıştır. Veriler SDSS'in altıncı veri sürümünden sağlanmıştır. Bu 36 alandan gözlemleri yapılmamış yıldız alanları olduğundan sadece 20 tanesinin fotometrik verisine ulaşılabilmektedir ($0^\circ \leq l \leq 100^\circ$ ve $160^\circ \leq l \leq 240^\circ$).

Çalışmada Bölüm 2'de veri, Bölüm 3'de model parametreleri, Bölüm 4'de metal bolluğu hesabı ve Bölüm 5'te tartışma ve sonuç kısmı sunulmuştur.

2 Veri

SDSS gökyüzünün fotometrik ve tayfsal olarak taramak için kurulmuş uluslararası ortaklı bir gökyüzü tarama projesidir. Bu proje çerçevesinde bir milyon galaksi, 100 000 kuazar ve onbinlerce yıldız gözlenmesi hedeflenmektedir. 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. 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.

SDSS görüntüleri eş zamanlı olarak u , g , r , i ve z olmak üzere beş geniş bantta alınmaktadır. Optik bölgede tanımlı beş geniş bandın merkez dalga boyları, sırası ile, 3551, 4686, 6166, 7480 ve 8932\AA 'dır (Fukugita ve diğ., 1996). 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 bandtan 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 (Ivezic ve diğ., 2008, 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 der^2 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 bandlarında 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.

2.1 Verilerin İndirgenmesi

$44^{\circ}.3 \leq b \leq 45^{\circ}.7$ enlem kuşağında gözlemi yapılmış $10'$ ar derece karelik toplam 22 yıldız alanın verisi SQL veri sorgulama dili kullanılarak SDSS DR6 web sunucudan sağlanmıştır. Bu veri tabanından 22 yıldız alanında toplam 2×10^6 tane yıldızın her birinin u, g, r, i ve z parlaklıkları ve $E(B - V)$ renk artışı değerlerine (Schlegel ve diğ., 1998) ulaşılmıştır. SDSS, 14 kadirden parlaklar yıldızlar aşırı doymadan dolayı gözleyemez. Sönük parlaklık limiti ise 22.2 kadir dir. Bu çalışmada parlaklık limiti $15 < g_0 \leq 22$ kadir aralığı alınmıştır. Çalışmada kullanılan yıldızların parlaklıkları kızarmadan arındırılmasında Yaz ve Karaali (2010) ve Bilir ve diğ. (2008b) çalışmalarındaki uygulamaları yöntem kullanılmıştır.

2.2 Yıldız Örneğinin Seçimi

SDSS'in veri tabanında bir kaynağın herbir parlaklığı nokta (1) veya uzamış kaynak (0) olarak sınıflanmıştır. Çalışmada, veri tabanında g, r, i parlaklıklarında nokta kaynak olarak sınıflandırılmış kaynaklar yıldız olarak alınmıştır. Nokta kaynakların iki renk diyagramı çizildiğinde bu seçimin yeterli olmadığı, uzamış kaynakların veri seti içinde yer aldığı görülmüştür. Gerçek yıldız örneğini ortaya koyabilmek için Juric ve diğ. (2008) yıldız yerleri metodu geliştirilerek kullanılmıştır (Yaz ve Karaali, 2010'in Eşitlik 7). Juric ve diğ. (2008), $(g-r)_0 - (r-i)_0$ diyagramında yıldızların konumlarını belirlemiş ve bu konumdan $d = \pm 0.30$ kadir uzaklığındaki kaynakları da yıldız olarak kabul etmiştir. Çalışmamızda ise bu uzaklık $d = \pm 0.15$ kadir olarak alınmıştır.

Çalışmada anakol yıldızlarının model parametreleri hesaplandığından metalce fakir dev yıldızlarının örnekten çıkarılmasında Helmi ve diğ. (2003) çalışması kullanılmıştır. Bu ayırımın yapıldığı örnek yıldız alanındaki yıldızların %0.6'sının metalce fakir dev yıldız olduğu görülmüştür. Parlak kadir limiti 15 olduğundan metalce zengin dev yıldızlarının istatistiksel olarak sayıca fazla olmadığı kabul edilebilir. Bu ayırımlar sonrasında toplam küce yıldız sayısı 854 960 olmuştur.

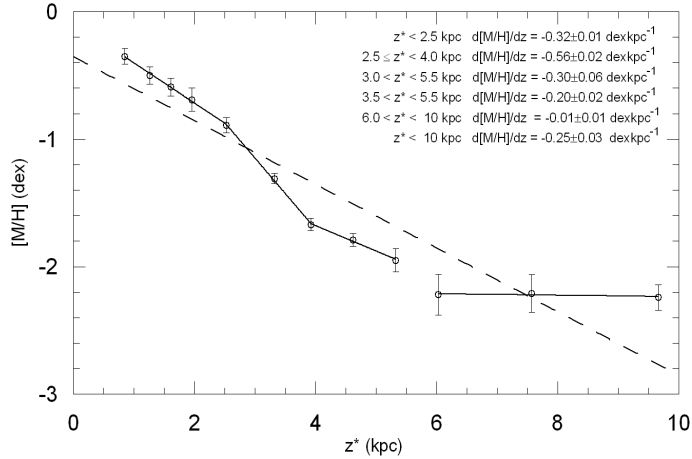
2.3 Mutlak Parlaklık ve Uzaklıklar

Mutlak parlaklıkların belirlenmesinde iki farklı yöntem kullanılmıştır. 1) $4 < M_g \leq 8$ mutlak parlaklıklarının tayininde Karaali ve diğ. (2005)'in çalışmasında morötesi artığına bağlı olarak ürettikleri kalibrasyon kullanılmıştır. 2) $8 < M_g \leq 10$ parlaklık aralığı için Bilir ve diğ. (2005)'in rengin bir fonksiyonu olarak ürettikleri kalibrasyon kullanılmıştır. Bu şekilde fotometrik olarak duyarlı mutlak parlaklıklar hesaplanmıştır. Belli bir uzaklık limiti için, bir koni içinde, parlak görünenlerin uzaklıkları sönük görünenlerden daha büyüktür. İstatistik olarak bu sınırlı hacim içerisinde parlak yıldızlar daha fazladır ve elde edilen parlaklıklar çok sönüktür. Bu yüzden, hesaplanan mutlak parlaklıklara Malmquist düzeltmesi (yanlılık) uygulanmıştır (Malmquist, 1920, Bilir ve diğ., 2008a, Yaz ve Karaali, 2010). Uzaklık modülü denklemi kullanılarak yıldızların r uzaklıkları hesaplanmıştır. Galaksi düzleminden z dik uzaklıkları $z = r \sin b$ denleminden hesaplanmıştır.

3 Gözlemsel ve Teorik Yoğunluklar, Model Parametrelerinin Hesaplanması

Gözlemsel yoğunluklar belli uzaklık aralığındaki uzay hacmindeki yıldız sayısıdır. Bu yöntemle ince disk, kalın disk ve halo popülasyonlarının toplamı için gözlemsel yoğunluklar hesaplanmıştır. İnce ve kalın diskin teorik yoğunlukları için çift eksponansiyelli yoğunluk kanunu, halo için sferoid yoğunluk kanunu kullanılmıştır. Bu üç popülasyonun teorik yoğunlukları toplanarak toplam teorik yoğunluk elde edilmiştir (Bilir ve diğ., 2008a, Yaz ve Karaali, 2010).

Galaksi model parametrelerinin üretilmesi galaksi düzleminde dik uzaklığa göre hesaplanan toplam gözlemsel yoğunluklar ile teorik yoğunlukların karşılaştırılmasındaki en iyi uyuma dayanır. En iyi uyumu belirleyebilmek için indirgenmiş χ^2_{min} istatistiği kullanılır. En iyi uyum gösteren parametreler model parametreleri kabul edilir. Bunlar, n_i normleştirilmiş uzay yoğunluğu ($i = 1, 2, 3$, sırasıyla, ince ve kalın disk, halo), H_i yükseklik ölçeği ($i = 1, 2$, sırasıyla, ince ve kalın disk), h_i uzunluk ölçeği ($i = 1, 2$, sırasıyla, ince ve kalın disk), (c/a) halonun basıklığıdır. 20 yıldız alanı için model parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 1). Tablo 1’de s standart sapma, $Prob$ ise olasılığı temsil ediyor. Çalışmada çift yıldız etkisi de dikkate alınmıştır. Örnek bir yıldız alanı için hesaplanmış $H_1 = 352$ pc olan ince diskin yükseklik ölçeği %25, %50 ve %75 çift yıldız katkısı olduğu varsayılarak yapılan hesaplamada, sırasıyla, 376 pc, 428 pc ve 464 pc bulunmuştur (Yaz ve Karaali, 2010’nin Tablo 2). Çalışmada model parametrelerinin galaktik boylama göre değişimi incelenmiş ve değişimin nedenleri tartışılmıştır. Açıklamalar Tartışma ve Sonuç bölümünde verilmiştir.



Şekil 1. Galaksi düzleminde dik uzaklığa göre metal bolluğunun değişimi. Kesikli çizgi ortalama metal bolluğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Hesaplanan model parametreleri ve hataları.

l (der)	H_1 (pc)	h_1 (kpc)	H_2 (pc)	h_2 (kpc)	(n_2/n_1) (%)	(c/a)	(n_3/n_1) (%)	χ^2_{min}	s	Prob
0	325 ± 6	1.00 ± 0.39	946 ± 26	4.48 ± 0.39	6.56 ± 0.63	0.545 ± 0.01	0.33 ± 0.02	7.95	0.022	0.997
10	332 ± 6	1.00 ± 0.22	952 ± 45	4.21 ± 0.32	6.55 ± 0.56	0.560 ± 0.01	0.33 ± 0.01	4.36	0.017	0.999
20	343 ± 7	1.00 ± 0.43	946 ± 25	5.49 ± 0.74	6.50 ± 0.96	0.565 ± 0.01	0.33 ± 0.01	5.83	0.019	0.999
30	348 ± 5	1.00 ± 0.44	951 ± 20	4.00 ± 0.44	6.46 ± 0.39	0.570 ± 0.01	0.33 ± 0.01	7.92	0.023	0.997
40	352 ± 6	1.00 ± 0.53	941 ± 24	3.67 ± 0.49	6.49 ± 0.44	0.569 ± 0.01	0.33 ± 0.01	7.23	0.022	0.998
50	354 ± 9	1.00 ± 0.69	934 ± 22	3.35 ± 0.52	6.52 ± 0.51	0.569 ± 0.01	0.34 ± 0.01	8.26	0.023	0.996
60	352 ± 6	1.05 ± 0.12	931 ± 22	3.52 ± 0.94	6.52 ± 0.49	0.564 ± 0.01	0.39 ± 0.01	7.94	0.023	0.997
70	353 ± 7	1.16 ± 0.31	921 ± 18	3.11 ± 1.32	6.56 ± 0.50	0.551 ± 0.01	0.36 ± 0.01	9.31	0.025	0.991
80	350 ± 7	1.90 ± 0.77	902 ± 18	2.90 ± 1.53	6.52 ± 0.43	0.537 ± 0.01	0.36 ± 0.01	7.23	0.021	0.998
90	331 ± 10	1.01 ± 0.76	882 ± 24	2.65 ± 0.78	6.40 ± 0.45	0.520 ± 0.01	0.36 ± 0.01	7.27	0.022	0.998
100	330 ± 9	1.36 ± 0.47	883 ± 17	3.90 ± 0.91	6.47 ± 0.38	0.510 ± 0.01	0.36 ± 0.01	8.01	0.022	0.997
160	357 ± 8	1.38 ± 0.12	860 ± 17	4.15 ± 0.35	6.46 ± 0.39	0.489 ± 0.01	0.33 ± 0.01	8.10	0.023	0.996
170	355 ± 9	1.48 ± 0.14	863 ± 17	4.15 ± 0.39	6.55 ± 0.39	0.510 ± 0.01	0.34 ± 0.01	8.40	0.023	0.995
180	362 ± 8	1.66 ± 0.16	875 ± 32	4.22 ± 0.56	6.62 ± 0.54	0.537 ± 0.01	0.34 ± 0.02	7.00	0.020	0.999
190	363 ± 8	1.65 ± 0.25	877 ± 17	4.50 ± 0.44	6.62 ± 0.43	0.551 ± 0.01	0.35 ± 0.02	8.29	0.023	0.996
200	369 ± 9	1.68 ± 0.17	904 ± 23	4.45 ± 0.48	6.56 ± 0.40	0.610 ± 0.01	0.36 ± 0.02	6.97	0.021	0.999
210	368 ± 9	1.68 ± 0.18	905 ± 20	4.47 ± 0.50	6.59 ± 0.40	0.654 ± 0.02	0.39 ± 0.02	8.75	0.020	0.994
220	365 ± 8	1.53 ± 0.17	895 ± 22	3.80 ± 0.41	6.55 ± 0.41	0.651 ± 0.01	0.37 ± 0.01	7.74	0.022	0.997
230	360 ± 9	1.23 ± 0.13	899 ± 20	4.22 ± 0.52	6.47 ± 0.37	0.606 ± 0.01	0.36 ± 0.01	8.00	0.023	0.997
240	354 ± 8	1.09 ± 0.14	918 ± 19	4.38 ± 0.60	6.50 ± 0.39	0.577 ± 0.01	0.36 ± 0.02	8.19	0.023	0.996

4 Metal Bolluğu

Orta galaktik enlemleri 20 yıldız alanındaki $5 < M_g \leq 6$ mutlak parlaklık aralığındaki G tayf türü yıldızların metal bollukları Karaali ve diğ. (2005)'in kalibrasyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Orta galaktik enlem kuşağındaki yıldız alanları kullanarak Galaksimizde metal bolluğu gradyenti olup-olmadığı araştırılmıştır. Şekil 1'de z^* uzaklıklarına denk gelen ortalama metal bollukları verilmiştir.

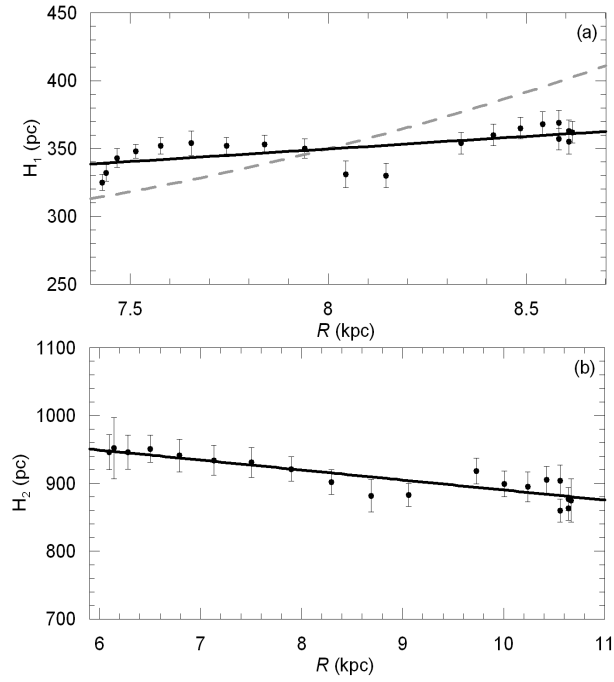
5 Tartışma ve Sonuç

Çalışmada orta galaktik enlem kuşağındaki 20 yıldız alanının ince ve kalın disk, halo model parametreleri hesaplanmıştır. Tablo1'den parametrelerin galaktik boylam ile değiştiği görülmektedir.

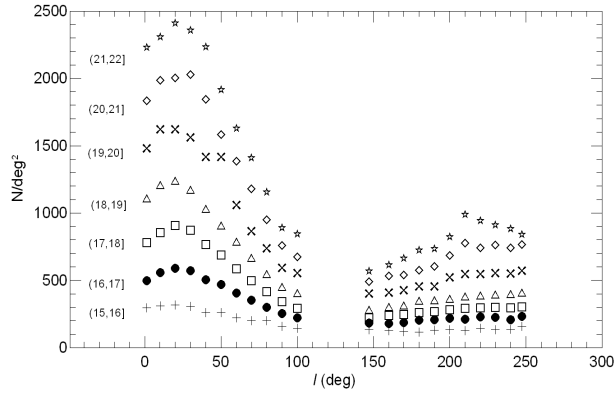
Çalışmada, ince diskin yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi parlama (flare) etkisi ile ilgisi araştırılmıştır. Lopez-Corredoira ve diğ. (2002)'nin yükseklik ölçeğinin radyal uzaklık ile arttığı parlama modeli 20 yıldız alanından elde edilen yükseklik ölçeği verilerine uygulanmıştır. Parlama modelinden beklediği gibi yükseklik ölçekleri radyal uzaklık ile artmaktadır. Yani, ince diskin yükseklik ölçeğinin galaktik boylam ile değişimi parlama modeli ile açıklanabilir. Çalışmada bulunan parlama modeli aşağıda verilmiştir (Şekil 2):

$$H_1 = (349.68 \pm 39.91)[1 + (0.053 \pm 0.013)(R - R_0)]. \quad (1)$$

Kalın diskin yükseklik ölçeği galaktik boylam ile değişmektedir (Tablo 1). Bu değişimin iki nedeni olabilir: 1) galaktik uzun çubuğun çekimsel etkisi ve 2) parlama (flare) (Hernquist ve Weinberg, 1992; Debattista ve Sellwood, 1998). Uzun çubuğun yer aldığı doğrultuda ($l \sim 27^\circ$ ve $\sim 207^\circ$), kalın diske ait yıldızların artması, bu doğrultudan uzak boylamlarda ise yıldızların azalması beklenir. Yıldız sayılarındaki değişim (artma veya eksilme) kalın diskin yükseklik ölçeğini değiştirir. Şekil 3'deki kalın diskin baskın olduğu $15 < g_0 \leq 18$ parlaklık aralığı incelendiğinde 20° boylamında maksimum yüzey yoğunluğunun olması



Şekil 2. İnce (a) ve kalın (b) diskin yükseklik ölçeğinin R ile değişimi. Noktalar, kesikli çizgi ve düz çizgiler, sırasıyla, hesaplanan yükseklik ölçüklerini, Lopez-Corredoira ve diğ. (2002)'nin parlama modelini, 20 yıldız alan verisi kullanılarak hesaplanan parlama modelini göstermektedir.



Şekil 3. DR6'dan ulaşılabilen $\sphericalangle b \sphericalangle = 45^\circ$ enlemindeki 22 yıldız alanın galaktik boy-lamın bir fonksiyonu olarak görünen parlaklık ile yıldız alanlarının yüzey yoğunlukları.

kalın diskin yükseklik ölçeğindeki değişimin uzun çubuğun etkisi ile olabileceğini göstermektedir.

Parlama etkisi kalın diskin yükseklik ölçeğinin galaksi merkezli (radyal) uzaklıkla artmasını gerektirir. Şekil 2 incelendiğinde parlama etkisinden beklenenin tersi durum görülmektedir (Lopez ve diğ., 2002; Momany ve diğ., 2006; Bilir ve diğ., 2008a). Yani kalın diskin yükseklik ölçeğindeki değişim parlama ile açıklanamaz.

Halonun eksen oranı galaktik boylama göre neredeyse değişmemektedir, yani düzdür ($\prec (c/a) \succ = 0.56$). Galaksi'nin II. ve III. çeyreğine denk gelen bölgede hafif minimum ve küçük maksimumlar vardır ($\Delta(c/a) \sim 0.15$). Halo model parametrelerinin galaktik boylam ve enleme göre değişmesi yüksek enlemler alanlarda genellikle iki senaryo ile açıklanabiliyor. 1) halonun üç eksenli yapısı (Newberg ve Yanny, 2006; Xu ve diğ., 2006; Juric ve diğ., 2008), 2) galaksi birleşmelerine ait kalıntıları (Wyse ve Gilmore, 2005). Literatürdeki yüksek enlemler alanlardan elde edilmiş bu senaryoların orta galaktik enlemlerdeki alanlar için de geçerli olup-olmadığı araştırılmıştır. Bunun için galaktik boylama göre yıldız alanlarının yüzey yoğunlukları incelenmiştir. Şekil 3'te Galaksi merkezi doğrultusunda yüzey yoğunluğunun maksimum olması beklenirken, $\prec l \succ = 20^\circ$ de olduğu görülmüştür. Görünen parlaklığın fonksiyonu olarak yüzey parlaklığın galaktik boylama göre değiştiğini de incelendiğinde halo bileşenine denk gelen $18 < g_0 \leq 22$ görünen parlaklık aralığı için de aynı durum söz konusudur. Yukarıda bahsedilen (c/a) küçük minimum ve maksimum nedeni galaktik uzun çubuğun etkisi olabilir (Şekil 3). Şekil incelendiğinde maksimumun bulunduğu III. çeyrekte $210 \leq l \leq 220$ doğrultusu uzun çubuğun uzandığı doğrultudur. Ayrıca II. çeyrekteki uzun çubuğun bulunmadığı bölgede yoğunluktaki minimum değer bu iddiayı desteklemektedir. Çalışmada orta galaktik enlem kuşağındaki yıldız alanları çalışılmış olsa da iç haloyu kapsamaktadır. Sönük parlaklıklardaki yıldız alanlarının yüzey yoğunluklarında görülen beklenmedik aşırı yoğun yıldız akıntı bölgelerinden de kaynaklanabileceği araştırılmıştır. Üç aşırı yoğun bölgelerin keşfi yapılmış akıntı bölgelerine denk gelip-gelmediği araştırılmıştır. Sonuç olarak, $(l = 20^\circ)$, $(l = 50^\circ)$, $19 < g_0 \leq 20$, $(l = 210^\circ)$, $20 < g_0 \leq 22$ koordinatlarındaki aşırı yoğun bölgeler, sırasıyla, literatürdeki Yay akıntıları (Newberg ve diğ., 2002) ve Palomar 5 (Odenkirchen ve diğ., 2003), Herkül-Kartal Bulutu (Belokurov ve diğ., 2007), Yay yıldız akıntısı (Newberg ve Yanny, 2006)'dir.

İnce ve kalın disk, halo bileşenini içeren galaktik düzlemden 10 kpc kadar olan yıldızların metal bolluğu dağılımına bakılmıştır. Küçük uzaklıklar için metal bolluğu gradyenti yaklaşık $-0.3dex/kpc$ olarak bulunmuştur. Bu da, ince diskin çökerek oluştuğu bilgisini doğrulamaktadır. İnce ve kalın diskin geçiş bölgelerinde metal bolluğu galaktik düzleme olan uzaklıkla daha dik değişiyor. $z_* > 5$ kpc'ten sonra iç halonun metal bolluğu gradyenti olmaması iki senaryoyu akla getirmekte; birleşmeler nedeniyle kirlenme veya cüce galaksilerden yığılan kalıntılar.

Teşekkür: Çalışmadaki verileri sağladığımız SDSS gökyüzü tarama programına teşekkür ederiz. Selçuk Bilir, Antonio Cabrera-Lavers ve Hikmet Çakmak'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Adelman-McCarthy, J. K. et al., *ApJS*. **175** (2008) 297
Ak, S., Bilir, S., Karaali, S., Buser, R., *AN*. **328** (2007) 169
Belokurov, V., ve diğ., *ApJ*. **657** (2007) 89
Bilir, S., Karaali S., Tunçel S., *AN*. **326** (2005) 321
Bilir, S., Karaali, S., Gilmore, G., *MNRAS*. **366** (2006a) 1295
Bilir, S., Karaali, S., Güver, T., Karataş, Y., Ak, S., *AN*. **327** (2006b) 72
Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Hamzaoğlu, E., *NewA*. **12** (2006c) 234
Bilir, S., Cabrera-Lavers, A., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., López-Corredoira, M., *PASA*. **25** (2008a) 69
Bilir, S., Karaali, S., Ak, S., Yaz, E., Cabrera-Lavers, A., Coşkunoglu, K. B., *MNRAS*. **390** (2008b) 1569
Blanton, M. R., Eisenstein, D., Hogg, D. W., Schlegel, D. J., Brinkmann, J., *ApJ*. **629** (2005) 143
Buser, R., Rong, J., Karaali, S., *A&A*. **331** (1998) 934
Buser, R., Rong, J., Karaali, S., *A&A*. **331** (1999) 98
Cabrera-Lavers, A., Bilir, S., Ak, S., Yaz, E., López-Corredoira, M., *A&A*. **464** (2007) 565
Chen, B., et al., *ApJ*. **553** (2001) 184
Debattista, V. P., Sellwood, J. A., *ApJ*. **493L** (1998) 5
Fukugita, M., ve diğ., *AJ*. **111** (1996) 1748
Gilmore, G., Reid, N., *MNRAS*. **202** (1983) 1025
Helmi, A., ve diğ., *ApJ*. **586** (2003) 195
Hernquist, L., Weinberg, M. D., *ApJ*. **400**, (1992) 80
Ivezic, Z., ve diğ., *ApJ*. **684** (2008) 287
Juric, M., et al., *ApJ*. **673** (2008) 864
Karaali, S., Bilir, S., Hamzaoğlu, E., *MNRAS*. **355** (2004) 307
Karaali, S., Bilir, S., Tunçel, S., *PASA*. **22** (2005) 24
Karaali, S., Bilir, S., Yaz, E., Hamzaoğlu, E., *PASA*. **24** (2007) 208
Lopez-Corredoira, M., ve diğ., *A&A*. **394** (2002) 883
López-Corredoira, M., Cabrera-Lavers, A., Gerhard, O., Garzón, F., *A&A*. **421** (2004) 953
Malmquist, G., *Medd. Lunds Astron. Obs., Ser.* **2** (1920) 22
Momany, Y., ve diğ., *A&A*. **451** (2006) 515
Newberg, H.J., ve diğ., *ApJ*. **569** (2002) 245
Newberg, H. J., Yanny, B., *JPhCS*. **47** (2006) 195
Odenkirchen, M., Grebel, E.K., Dehnen, W., Rix, H., Yanny, B., et al., *AJ*. **126** (2003) 2385
Pier, J. R., Munn, J. A., Hindsley, R. B., et al., *AJ*. **125** (2003) 1559
Schlegel, David J., Finkbeiner, D. P., Davis, M., *ApJ*. **500** (1998) 525
Siegel, M. H., Majewski, S. R., Reid, I. N., Thompson, I. B., *ApJ*. **578** (2002) 151
Xu, Y., Deng, L. C., Hu, J. Y., *MNRAS*. **368** (2006) 1811
Wyse, R. F. G., Gilmore, G., *astro-ph/0510025* (2005)
Yaz, E., Karaali, S., *NewA*. **15** (2010) 234