

Galaksi Model Parametrelerinin Elde Edilmesinde Uygulanan Teknikler

S. Bilir¹, S. Karaali¹, ve G. Gilmore²

¹ İ. Ü. F. F. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü 34452 Üniversite İstanbul

² Institute of Astronomy, Madingley Road, Cambridge, CB3 0HA, UK
sbilir@istanbul.edu.tr

Özet.

Bu çalışmada, Cambridge Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nden sağlanan Sloan (Vega) fotometrik gözlemleri dönüştürülerek Galaksimize ait model parametrelerinin tayininde kullanılan veriler elde edilmiştir. Görüntülenen 54 alt alandan iyi indirgenmiş ve toplam alanı 6.571 derece kare olan 33 tanesi kullanılmıştır. Alt alanlarda örtüşen 3 027 kaynak programdan çıkarılmış, görüntülerine göre Cambridge'te yapılan galaksi – kuazar – yıldız ayırımı ile yetinilmiyerek bu ayırım renklerine göre de yapılmıştır. Böylece ayırımı yapılan 10 342 yıldız istatistiğe katılmıştır. En parlak yıldızların ortalama kadiri $g'_o = 15.25$ iken sönük uçtaki limit kadir $g'_o = 20.75$ tir.

Yıldızlar, renk dağılımlarına göre Pop I (İnce Disk), Ara Pop II (Kalın Disk) ve Pop II (Halo) şeklinde popülasyon sınıflarına ayrılmış ve mutlak kadirlerinin tayini için yeni renk–kadir diyagramları oluşturulmuştur. Bu amaç için Popülasyon I standart yıldızları, 47 Tuc ([Fe/H] = -0.65 dex) ve M13 ([Fe/H] = -1.40 dex) kümelerine ait veriler kullanılmıştır. Yıldızların, Galaksi düzlemine uzaklıkları (z) hesaplandıktan sonra, z–dağılımları da dikkate alınarak popülasyon sınıflarında düzeltmeler yapılmıştır. İnce Disk popülasyonu biri orta, diğeri geç tipten yıldızlar olmak üzere iki popülasyona ayrılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Galaksi: genel – Galaksi: yapı – Teknikler: fotometri

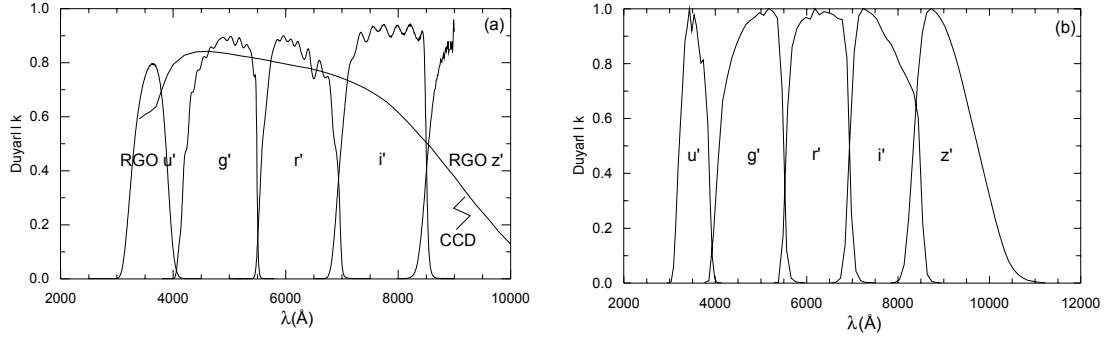
1. Giriş

Galaktik yapı araştırmalarında geçen yirmi yıl içinde büyük ilerlemeler olmuştur. CCD lerin etkin bir şekilde geliştirilip astronomide kullanılmaya başlanmasıyla, elektromanyetik tayfın optik bölgesinde görülen evren hakkında ayrıntılı bilgilere ulaşılmıştır. Galaktik yapı çalışmalarında gökyüzü taramaları (survey) önemli bir yer tutar. Günümüzdeki en önemli gökyüzü taraması "Sloan Sayısal Gökyüzü Taraması" anlamına gelen, "The Sloan Digital Sky Survey: SDSS" olup birçok uluslararası kurumun ortaklaşa yürüttükleri büyük bir projedir. Kuzey gökyüzünün 10 000 derece karelik bir bölgesi hem fotometrik hem de spektroskopik olarak 2007 yılına kadar araştırılacaktır. Bu projenin hedefi Galaksiyi ve Galaksi dışında görünen evreni anlamaktır. Projede kullanılan fotometri Sloan fotometrisi olarak bilinir ve elektromanyetik spektrumun 3 000 Å – 11 000 Å dalgaboyu aralığında tanımlı ve u, g, r, i ve z sembolleri ile gösterilen 5 geniş banttandır.

İngiliz ve Hollandalı bilimadamlarınca kurulan yeni bir fotometri sistemi ise VEGA dır. Bu fotometri, Sloan fotometrisine çok benzer. İki fotometri arasındaki farklılık u' ve z' bantları arasında bulunur. Vega sisteminde u' bandı biraz daha geniş, z' bandı ise (Sloan fotometrisinden farklı olarak) i' ünden ayrılmıştır. Bu ayrılığı belirtmek için bazen, RGO u' ve RGO z' sembolleri kullanılır. Buradaki RGO (Royal Greenwich Observatory) kelimelerinin baş harflerini temsil etmektedir. Bantlara ait etkin dalgaboyları ve yarı geçirgenlikleri Tablo 1 de duyarlılık fonksiyonları ise Şek.1 de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sloan ve Vega fotometri sistemlerine ait bantlar, etkin dalgaboyları (λ_{eff}), yarı genişlikler ($\Delta\lambda_{\text{eff}}$) ve limit parlaklıklar.

Fotometri	Filtre	λ_{eff} (Å)	$\Delta\lambda_{\text{eff}}$ (Å)	m_{lim}
Sloan	u'	3522	634	22.3
	g'	4803	1409	23.3
	r'	6254	1388	23.1
	i'	7568	1535	22.3
	z'	9114	1409	20.8
Vega	RGO u'	3581	638	24.3
	g'	4846	1285	25.2
	r'	6240	1347	24.5
	i'	7743	1519	23.7
	RGO z'	8763	950	22.1



Şek.1 Vega (a) ve Sloan (b) fotometri sistemlerine ait bantların geçirgenlik fonksiyonları.

Vega fotometrisine ait gözlemler Kanarya adalarında La Palma gözlemevinde yapılmaktadır. Aşağıda Vega ile UBVRİ fotometri sistemleri arasındaki dönüşüm formülleri verilmiştir. Burada alt indis olarak yazılan “*Lan*”, Landolt (1983, 1992) sistemi anlamındadır.

$$\begin{aligned}
 u' &= U_{Lan} - 0.084 (U-B)_{Lan} + 0.106 \\
 g' &= B_{Lan} - 0.531 (B-V)_{Lan} + 0.053 \\
 r' &= R_{Lan} + 0.280 (R-I)_{Lan} + 0.008 \\
 i' &= I_{Lan} + 0.225 (R-I)_{Lan} + 0.006 \\
 g'-r' &= 0.908 (B-V)_{Lan} + 0.048 \\
 r'-i' &= 1.036 (R-I)_{Lan} + 0.010 \\
 i'-z' &= 0.729 (R-I)_{Lan} - 0.063 \\
 u'-g' &= 1.271 (U-B)_{Lan} + 0.37 \quad (0.5 < B-V) \\
 &= 1.271 (U-B)_{Lan} \quad (0 < B-V < 0.5) \\
 &= (U-B)_{Lan} \quad (B-V < 0)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Bu çalışmada, Cambridge Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nden sağlanan Vega fotometrik gözlemleri dönüştürülerek Galaksimize ait model parametrelerinin tayininde kullanılan veriler elde edilmiştir.

2. Malzeme ve Metod

2.1. Örtüşen Kaynakların Ayrılmasında Kullanılan Yöntem ve Yıldızlararası Sönükleşme

Çalışmada ekvatorial koordinatları $\alpha = 16^h 10^m 00^s$, $\delta = 54^\circ 30' 00''$ ($l = 84^\circ.27$, $b = +44^\circ.90$, 2000 yılına göre) olan 6.571 derece karelik ELAIS yıldız alanına ait Vega fotometrik verileri kullanılmıştır. Dört adet görüntüleme çipinden oluşan mozaik'in gökyüzünde gördüğü ~ 0.29 derece karelik alan, ELAIS yıldız alanının bir “*alt alanını*” oluşturur. Gözlem programında ELAIS alanı 54 alt alandan oluşmaktadır. Her bir alt alan farklı zamanlarda 5 banttan oluşan Vega filtreleri ile gözlenmiştir. Gözlemler Cambridge Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nde çalışan uzman kişiler tarafından indirgenmiştir. Çalışmada fotometrik şartları iyi olan 33 alt alan kullanılmıştır.

33 alt alana ait görüntüler bir arada incelendiğinde, komşu CCD lerdeki verilerin örtüşmesinin neden olduğu yoğunlaşmalar görülmüştür. Cambridge'teki uzmanların tekniği uygulanarak açısız uzaklıkları $1''$ den küçük olan 3 027 kaynak örtüşen cisimler olarak sınıflandırılmıştır. Bütün kaynakların istatistiği aşağıda özetlenmiştir:

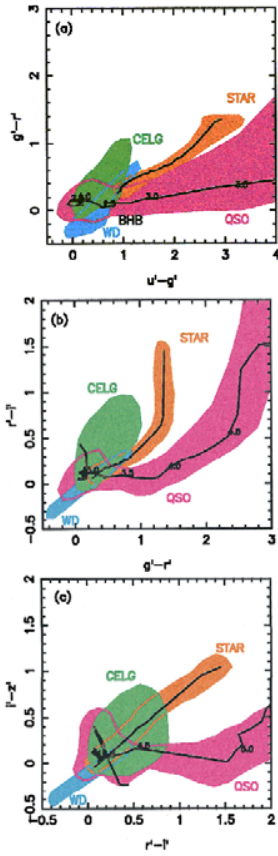
Programa katılan alt alan sayısı	: 33
Program dışı alt alan sayısı	: 21
Programa katılan kaynak sayısı	: 19 025
Program dışı kaynak sayısı	: 11 786
Örtüşen kaynak sayısı	: 3 027
Toplam kaynak sayısı	: 33 838

Vega fotometrisine ait yıldızlararası sönükleşme, Fan (1999) in Sloan fotometrisi için verdiği bağıntılardan faydalanılarak hesaplanmıştır. $E(B-V)$ renk artıkları, alt alanların merkezlerine ait galaktik koordinatlarının bir fonksiyonu olarak, NASA in NED servisinden (internetten) sağlanmış olup bu veriler Schlegel ve ark. (1998) tarafından hazırlanmıştır.

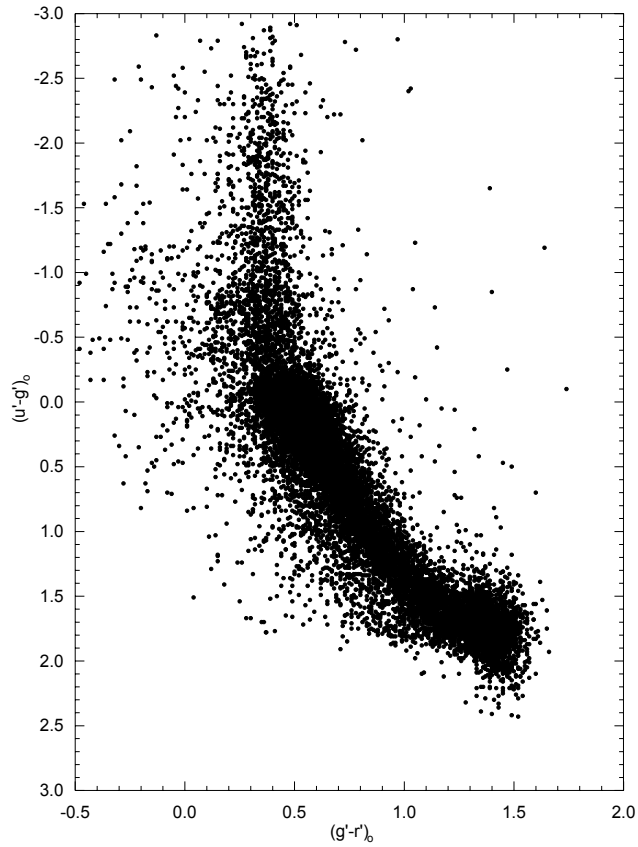
2.2. Farklı Türden Kaynakların Ayrılmasında Kullanılan Yöntem

Çalışmada kullanılan kaynakların parlaklık ve türleri (yıldız, galaksi, kuazar) Cambridge Astronomi Enstitüsü'ndeki uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Alandaki galaksi dışı cisimler CCD görüntüsü üzerindeki kaynağın yüzey parlaklığı – görüntü çapı arasındaki ilişkiye bakılarak belirlenmiştir. Sloan fotometri sisteminde bu yöntem ek olarak, iki – renk diyagramlarında oluşturulan simülasyonlar da (Şek.2) kullanılmaktadır (Fan 1999).

Vega ve Sloan fotometri sistemlerinin g'_o , r'_o ve i'_o bantları aynı olduğundan SDSS sistemindeki simülasyonlar burada da kullanılabilir. Chen ve ark. (2001) e göre, SDSS sisteminde $(u'-g')_o < +0.5$ kadir aralığındaki kaynaklar "Galaksi dışı cisimler" dir. Bu aralık, Vega sisteminde $(u'-g')_o < -0.5$ e karşılık geliyor. Çalışmaya katılan kaynakların Şek.3 de verilen $((u'-g')_o, (g'-r')_o)$ iki renk diyagramının Şek.2a ile karşılaştırıldığında $(u'-g')_o < -0.5$ kadir aralığında önemli sayıda Galaksi dışı kaynak bulunduğu görülüyor. Aynı farklılık Şek.4 te verilen $((g'-r')_o, (r'-i')_o)$ iki renk diyagramı ile Şek.2b nin karşılaştırılmasından da $(g'-r')_o \cong 0.5$ kadir ve $(r'-i')_o \cong 0.5$ kadir ile belirlenen bölgede, önemli sayıda CELG'lerin (çok yoğun, emisyon çizgili galaksiler) bulunduğu anlaşılıyor.

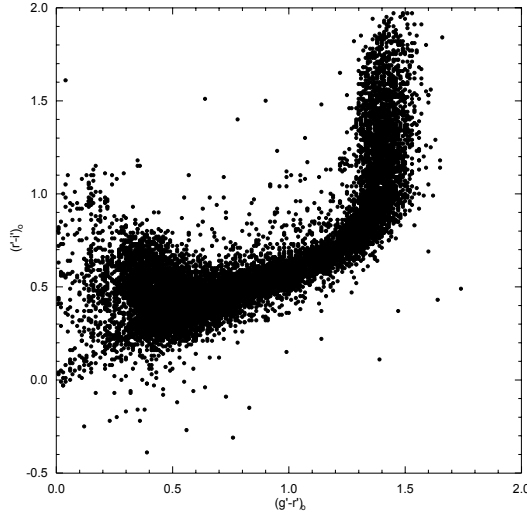


Şek.2. Sloan fotometrisine ait simülasyonlar.

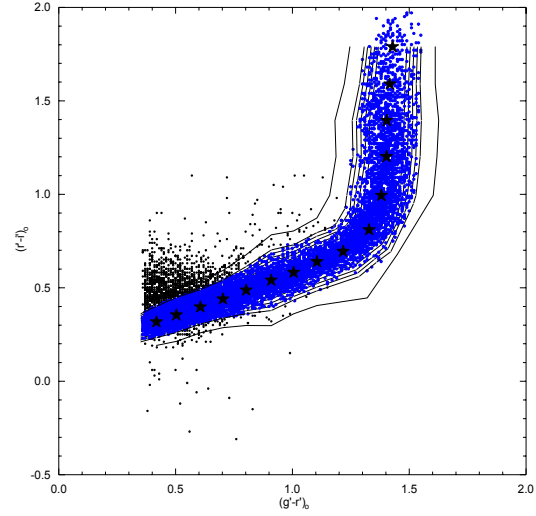


Şek.3. Programa katılan bütün kaynakların $((u'-g')_o, (g'-r')_o)$ iki renk diyagramı. Alanda çok sayıda Galaksi dışı cisim olduğu görülüyor.

Yıldız alanı içinde bulunan galaksi dışı kaynakların ayırımında $((g'-r')_o, (r'-i')_o)$ iki renk diyagramındaki anakolun etrafında görülen saçılmaların bilimsel bir yolla çıkarılması için aşağıdaki yol izlenmiştir: $g'_o > 17$ kadir aralığındaki kaynaklar 15 gruba ayrılmış, her grubun ağırlık merkezi ve standart sapması elde edilmiştir. Ağırlık merkezinden $\pm 2s$ (s : standart sapma) uzaklığındaki kaynaklar yıldız kabul edilerek, anakolun iki renk diyagramı üzerindeki konumu sönük kadirler için bulunmuştur. Parlak yıldızların, yani $15 < g'_o \leq 17$ kadir aralığındaki yıldızların Galaksi dışı cisimlerinden ayırımı içinde de aynı yol takip edilerek $15.00 < g'_o \leq 20.75$ aralığında bulunan anakol yıldızları alan içinde belirlenebilmiştir (Şek.5).



Şek.4. Programa katılan bütün kaynakların $((g'-r')_0, (r'-i')_0)$ iki renk diyagramı. Bu diyagramla Şek.2b karşılaştırıldığında, alanımızda çok sayıda CELG'lerin olduğu anlaşılıyor.



Şek.5. $15.00 < g'_0 \leq 20.75$ görünen kadir aralığındaki yıldızlar (siyah noktalar) ve CELG ler (küçük çemberler). ★ ile temsil edilen 15 ağırlık merkezinden $\pm 2s$ (s : standart sapma) uzaklığındaki bulunan, $17.00 < g'_0 \leq 20.75$ parlaklığındaki kaynaklar yıldız olarak sınıflandırılmıştır. Eğriler, 1s, 1.25s, 1.5s, 1.75s, 2s ve 3s lik eş uzaklık çizgileridir.

2.3. Limit Kadir Tayini

Yıldız alanındaki cisimlerin g'_0 parlaklıkları 15.25 ile 23.00 kadir arasındadır. Ancak sönük kaynakların sayısı azdır. Parametre tayininde kullanılan örneğin hem yıldızlardan ibaret ve hem de görünen kadir bakımından tam olması gerekir. Galaksi dışı cisimler olduğu yukarıda anlatılan, $(u'-g')_0 < -0.50$ kadir aralığındaki kaynaklar çıkarıldıktan sonra çizilen g'_0 ye ait histogramda, yıldız sayılarının $g'_0 = 20.75$ kadirde bir maksimumdan geçtiği görülmüştür. O halde, sönük uçtaki limit kadir $g'_0 = 20.75$ tir.

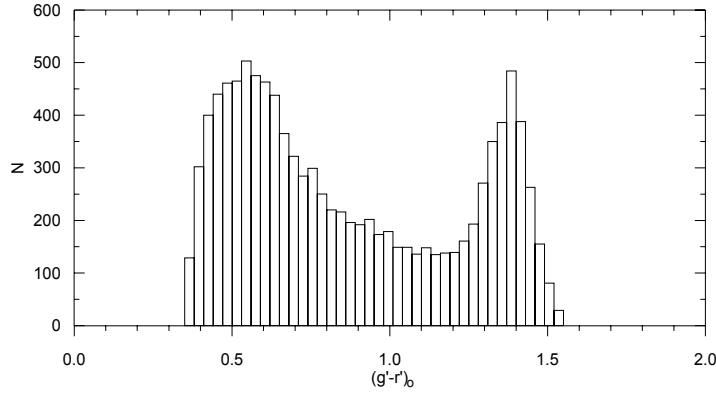
2.4. Renk-Kadir Diyagramları: Mutlak Kadir Tayini

Alan yıldızlarının uzaklıklarının tayini için, g'_0 görünen kadirlerinden başka, $M(g'_0)$ mutlak kadirlerine de gereksinme vardır. Galaksimizde Pop I (İnce Disk), Ara Pop II (Kalın Disk) ve Pop II (Halo) yıldızları bulunduğundan, üç farklı renk-kadir diyagramı oluşturulmuştur. Pop I yıldızları için Lang (1992) ye ait $M(V)$ ve $(B-V)_0$ verileri, Ara Pop II ve Pop II yıldızları için de, sırası ile, 47 Tuc ve M13 kümesine ait V_0 ve $(B-V)_0$ verileri ve (1) denklemleri kullanılmıştır.

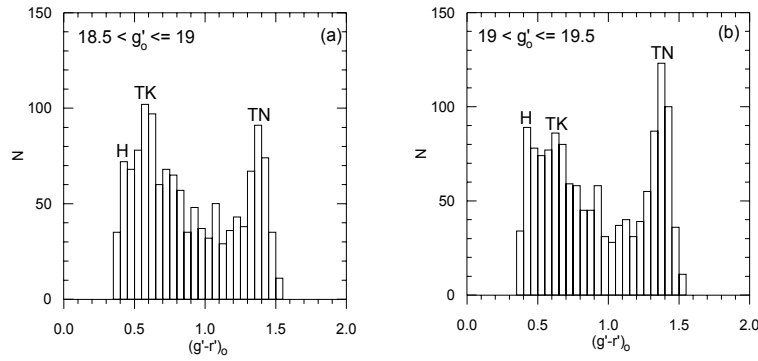
2.5. Yıldızların Popülasyon Sınıflarına Ayırımı

Yıldızların popülasyon sınıflarına ayırımında hem $(g'-r')_0$ renk indeksi için çizilen histogramdan ve hem de yıldızların uzay dağılımlarından (yıldızların Galaksi düzlemine olan z-uzaklıklarına ait histogramdan) faydalanılmıştır. Güncel yöntem Phleps ve ark. (2000) ve Chen ve ark. (2001) in yıldızların renklerini dikkate alarak yaptıkları çalışmalarıdır. Bütün yıldızlara ait renk dağılım diyagramı (Şek.6), iki farklı popülasyonun varlığını gösteriyor (Phleps ve ark. 2000 de olduğu gibi). Halbuki, Sloan fotometrisini kullanan Chen ve ark. (2001), üç popülasyonun varlığını açıkça göstermişlerdir. Chen ve ark. (2001) e göre, Halo ve Kalın Disk popülasyonlarının dönüm noktaları, sırası ile, $(g'-r')_0 = 0.20$ ve 0.33 kadir olup Vega sistemindeki karşılıkları 0.42 ve 0.54 kadirdir. Şek.6 ya göre, alanda bulunan Kalın Disk ve Halo yıldızlarının örtüştüğü görülüyor. Bu sebepten, $(g'-r')_0$ renklerine ait histogram, g'_0 kadirinin bir fonksiyonu olarak çizilip popülasyon ayırımına gidilmiştir. Üç popülasyonun varlığını gösteren en iyi diyagramlar Şek.7a ve b dir.

S. Bilir vd: Galaksi Model Parametrelerinin Elde Edilmesinde Uygulanan Teknikler

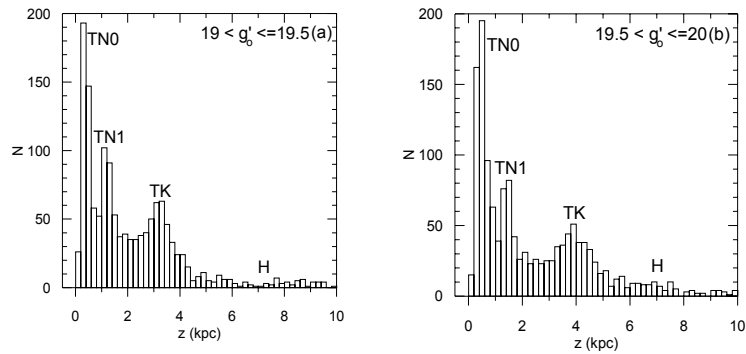


Şek.6. Programa katılan bütün yıldızların $(g'-r')_0$ renk dağılımı.



Şek.7. g'_0 görünür kadirinin bir fonksiyonu olarak, $(g'-r')_0$ renk dağılımı. Semboller: (TN) İnce Disk, (TK) Kalın Disk ve (H) Halo.

Yıldızların uzay dağılımlarından, yani z -histogramlarından, (Şek.8) farklı popülasyonlara daha kolay ayrılacakları tespit edilmiştir. Kullanılan yöntem Karaali'nin (1994) yönteminin değişik bir şeklidir: Karaali bütün yıldızlara ait z -histogramını kullanarak popülasyon ayırımı yaparken, burada yıldızlar g'_0 kadirlerine göre alt örneklerle ayrılmışlardır. Şek.6 da, $(g'-r')_0 > 1.20$ kadir aralığında etkin olan yıldızlar, Şek.8 de varlıklarını küçük z -uzaklıklarında gösteriyor. Bu yıldızlar geç spektral sınıftan İnce Disk yıldızları olup (TN0), orta spektral sınıftan yıldızlar (TN1), Kalın Disk yıldızları (TK) ve Halo yıldızları da (H) sembolleri ile gösterilmiştir. Ayırım ile ilgili z sınır değerleri Tablo 2 de verilmiştir. Bu yöntemle İnce Disk, Kalın Disk ve Halo ayırımı yıldızların görünür kadirlerinin bir fonksiyonu olarak yapılmış oluyor.



Şek.8. Programa katılan yıldızların g' nün fonksiyonu olarak z -histogramları. Semboller: (TN0) geç spektral sınıftan İnce Disk, (TN1) orta spektral sınıftan İnce Disk, (TK) Kalın Disk ve (H) Halo.

Tablo 2. Popülasyonları ayıran z (Galaksi düzlemine olan uzaklık) değerleri (kpc). (TN0): geç spektral tipten $((g'-r')_0 \geq 1.20)$ İnce Disk yıldızları, (TN1): Orta spektral tipten $((g'-r')_0 \leq 1.20)$ İnce Disk yıldızları, TK: Kalın Disk yıldızları ve H: Halo yıldızları.

g'_0 – aralığı	TN0 – TN1	TN1 – TK	TK – H
16.00 – 16.50	—	1.15	—
16.50 – 17.00	—	1.35	—
17.00 – 17.50	0.40	1.45	2.60
17.50 – 18.00	0.50	1.40	3.10
18.00 – 18.50	0.50	1.70	3.20
18.50 – 19.00	0.53	1.80	3.60
19.00 – 19.50	0.70	2.20	4.50
19.50 – 20.00	1.00	2.65	4.80
20.00 – 20.75	1.15	3.30	5.30

3. Sonuç

Bu çalışmada, Cambridge Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nden sağlanan Sloan (Vega) fotometrik verileri kullanılarak Galaksimize ait model parametrelerinin tayininde kullanılan veriler elde edilmiştir. Görüntülenen 54 alt alandan iyi indirgenmiş ve toplam alanı 6.571 derece kare olan 33 tanesi kullanılmıştır. Kızarma hesabında kullanılan E(B–V) renk artıkları, alt alanların merkezlerine ait galaktik koordinatlarının bir fonksiyonu olarak, NASA ın NED servisinden alınmıştır. Galaksi dışı kaynakların ayırımında “*yüzey parlaklığı – görüntü çapı*” parametresinden başka kaynaklara ait renk dağılımları, Sloan simülasyonları, kullanılmıştır. Yıldızların mutlak kadirlerinin tayininde Popülasyon I standart yıldızları ([Fe/H] = 0 dex) ile 47 Tuc ([Fe/H] = –0.65 dex) ve M13 ([Fe/H] = –1.40 dex) kümelerine ait verilerden oluşturulan yeni renk – kadir diyagramları kullanılmıştır. Yıldızların popülasyon tiplerine ayırımı renk, parlaklık ve uzay dağılımlarına göre yapılmıştır. Literatürde bahsedilen üç bileşen İnce Disk (TN), Kalın Disk (TK) ve Halo (H) bu çalışmada görülmekle beraber, daha önce literatürde bahsedilmeyen ve İnce Disk'e ait bir başka bileşen daha bu çalışmada görülmüştür. İnce Disk'in, tayfin kırmızı bölgesinde etkin olan bileşene (TN0), mavi bölgesinde etkin olanı da (TN1) sembolleri ile gösterilmiştir.

Buradaki veriler kullanılarak uzay yoğunluk fonksiyonları hesaplanabilir ve teorik yoğunluklarla karşılaştırılarak model parametreleri tayin edilebilir (Karaali ve ark. 2002).

Bu çalışma İ.Ü. Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Proje numarası 1417/05052000.

4. Kaynaklar

- Chen, B., & SDSS Çalışanları 2001, ApJ, 553, 184
 Fan, X. 1999, AJ, 117, 2528
 Lang, K. R. 1992, Astrophysical Data I. Planets and Stars, Berlin, Springer-Verlag
 Hesser, J. E., Harris, W. E., Vandenberg, D. A., Allwright, J. W. B., Shott, P., & Stetson, P. B. 1987, PASP, 99, 739
 Karaali, S., 1994, A&AS, 106, 107
 Karaali, S., Bilir, S., & Gilmore, G. 2002, XIII. Ulusal Astronomi Toplantısı
 Landolt, A. U. 1983, AJ, 88, 439
 Landolt, A. U. 1992, AJ, 104, 340
 Phleps, S., Meisenheimer, K., Fuchs, B., & Wolf, C. 2000, A&A, 356, 108
 Richer, H. B., & Fahlman, G. G. 1986, ApJ, 304, 273
 Schlegel, D. J., Finkbeiner, D. P., & Davis, M. 1998, ApJ, 500, 525