

Galaksi Morfolojisi - Yoğunluk İlişkisinin $0 < z < 1$ Aralığında İncelenmesi

F. Korhan Yelkenci^{1,2*}, Christophe Benoist², Sinan Aliş^{1,2}

¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, Beyazıt, İstanbul

²Laboratoire Lagrange, UMR7293, Université de Nice Sophia-Antipolis, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, Nice, France.

Özet

Bu çalışmada CFHTLS W1 alanındaki galaksilere $r \leq 21$ parlaklık sınırı uygulanarak seçilen 214427 galaksinin morfolojisi, GALFIT programı kullanılarak geliştirilen otomatik bir algoritma ile belirlenmiştir. İncelenen 214427 galaksinin 71656 erken tip 142771 geç tip galaksi olduğu belirlenmiştir. Bu galaksilere ait morfoloji - yoğunluk ilişkisi elde edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen morfoloji-yoğunluk ilişkileri kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: galaxies: evolution, Samanyolu, Galaksiler, Kozmoloji

1 Giriş

Galaksilerdeki yıldız oluşumları; galaksilerdeki şekil bozuklukları; galaksiler arası etkileşimler, çarpışmalar, birleşmeler araştırılmaya devam eden güncel konulardır. Yeni nesil teleskop ve alicılar ile daha derin tarama projeleri sayesinde, geniş ölçekte evrene bakılabilmekte ve galaksi ve galaksi kümeleri çok daha detaylı bir şekilde incelenebilmektedir. Morfoloji - yoğunluk ilişkisi, galaksilerin morfolojik tipleri ile galaksilerin buldukları ortam arasındaki gözlemsel olarak hesaplanmış bir ilişkidir. Morfoloji - yoğunluk ilişkisinin evrimsel açıdan kozmik zamandaki değişimi, galaksilerin oluşum ve evrimlerinin anlaşılmasında önemli bir yol göstericidir.

Bu çalışmada CFHTLS - W1 bölgesinde yer alan ve yaklaşık 1.3 milyon galaksinin morfolojik olarak tanımlanması yapılmış ve CFHTLS'in izin verdiği kırmızıya kayma aralığı $0 < z < 1.3$ aralığında morfoloji-yoğunluk ilişkisinin incelenmiştir. Bu çalışma, F. Korhan Yelkenci'nin Doktora Tezi(2015) 'nin bir özeti olarak sunulmuştur.

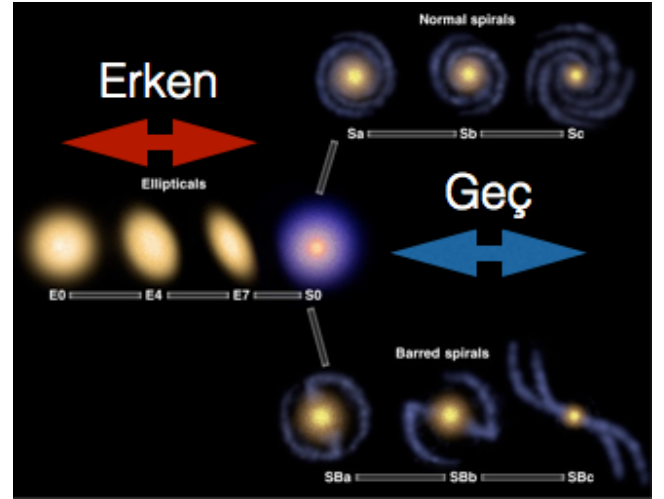
2 Galaksi Morfolojisi - Yoğunluk İlişkisinin Evrimi

2.1 Galaksi Morfolojisi ve Sınıflandırma

Galaksilerin sınıflandırılması, onların morfolojik (şekil bakımından) olarak ayırt edilmesi ile gerçekleştirilir. Edwin P. Hubble, galaksileri sınıflandırarak günümüzde de hala kullanılmakta olan "Tuning Fork" - çatal diyagramını yaratmıştır.

Hubble bu sınıflandırmasında eliptik, spiral ve düzensiz olarak üç temel sınıf oluşturmuştur. Eliptik ve S0 galaksileri erken tip diye adlandırılırken, spiral ve düzensizler geç tip olarak ifade edilir. Ancak bu isimlendirmeler, evrimsel bir düzeni göstermektedir. Galaksilerin morfolojik olarak tanımlanması, hangi çevrelerde ne tür galaksilerin bulunduğu anlaşılmasını da sağlamıştır. Günümüzde astronomik verileri üzerinden galaksi morfolojisi belirlemek için kullanılan bilgisayar tabanlı iki ana yaklaşım vardır:

Parametrik yaklaşımlar: Analitik fonksiyonlar yardımı ile galaksinin yüzey parlaklık dağılımını modelleyebilen araçlardır. Bunlara örnek: GALFIT (Peng et al., 2002), GIM2D (Simard



Şekil 1. Hubble sınıflaması.

et al., 2002), GALPHAT (Yoon et al., 2011) vb. GALAPAGOS (Barden 2012) (Bu yaklaşımda en çok kullanılan tanımlama bulge kesri (B/T) ve Sersic index(n)'dir.)

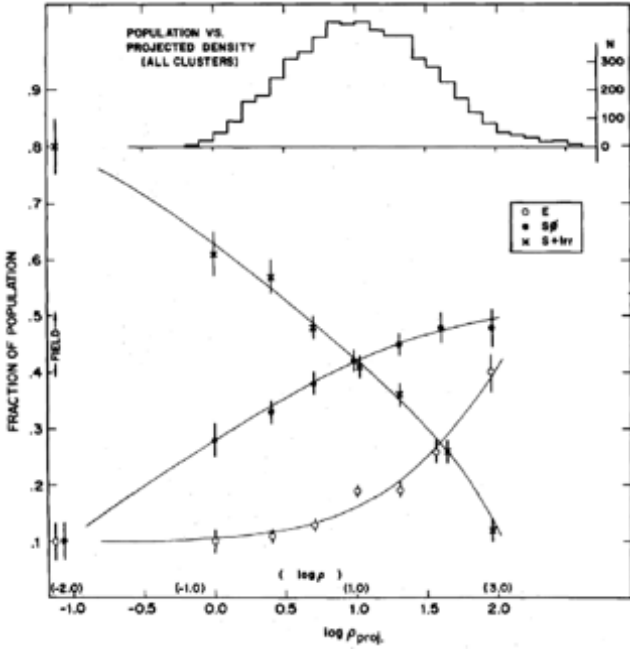
Parametrik olmayan yaklaşımlar: Herhangi bir analitik fonksiyon kullanmayan ve benzetim yolu ile çalışan yöntemlerdir. Bunlara örnek: MORPHOT (Fasano et al., 2011) or EFIGI (Baillard et al., 2011), Galaxy Zoo projesi. Parametrik olmayan yöntemlerde sıklıkla kullanılan yaklaşım sinir ağı yöntemidir. Ayrıca Galaxy Zoo gibi görsel tanımlama temelli projeler de vardır.

Galaksilerin sınıflandırılması için alternatif bir yöntem de renklerini kullanmaktır. Erken tip galaksilerin kırmızı, geç tip galaksilerin görel olarak daha mavi olması beklenir (Schneider, 2006).

2.2 Galaksi Morfolojisi - Yoğunluk İlişkisi

Galaksi morfoloji-yoğunluk ilişkisi, galaksilerin morfolojik tipleri (Hubble tipleri) ile galaksilerin buldukları ortam arasındaki gözlemsel olarak hesaplanmış bir ilişkidir. İlk kez Dressler (1980) tarafından ortaya konulmuştur. Galaksi morfoloji-yoğunluk ilişkisi, erken tip (E+S0) galaksilerin tercihen yüksek yoğunluklu

* yelkenci@istanbul.edu.tr



Şekil 2. Dressler 1980 makalesinde bulunduğu morfoloji - yoğunluk ilişkisi

bölgelerde, küme ya da grup gibi yapılar, geç tip (spiral) galaksilerin ise daha düşük yoğunluklu bölgelerde (alan) bulunduğunu göstermektedir.

Galaksilerin morfolojileri ile içerisinde buldukları çevre arasındaki bu ilişkinin evrenin ilk zamanlarında farklı olma olasılığı ortaya atılmıştır (Dressler ve diğ. 1997). Kozmolojik kırmızıya kayma uzaklığın, diğer bir ifadeyle de zamanın bir belitecidir. $z = 0$ günümüzü ya da yakın çevremizi, daha büyük kozmolojik kırmızıya kayma ($z > 0$) değerleri ise evrenin ilk zamanlarını ya da büyük uzaklıkları göstermektedir. Farklı tip ve çevrelere sahip galaksilerin, evrenin farklı yer ve zamanlarındaki dağılımlarının araştırılması görünen evrenin anlaşılmasında oldukça önemlidir.

2.3 Galaksi Morfolojisi - Yoğunluk İlişkisinin Zamanla Değişimi

Günümüz ($z = 0$) ile $z \sim 1$ arasında erken tip galaksi oranının önemli miktarda değiştiği; geçmişte daha düşük oranda erken tipler görüldüğü bulunmuştur (Dressler ve diğ., 1997, Smith ve diğ., 2005, Postman ve diğ., 2005). Smith ve diğ., 2005'de 3 farklı yoğunluktaki ortam için erken tip oranının kırmızıya kayma ile değişimini göstermiştir (Şekil 3a). Buna göre morfoloji - yoğunluk ilişkisinin $z = 1$ ve $z = 0.5$ için çok benzediğini; sadece yüksek yoğunluklu bölgeler için önemli bir değişim olduğunu göstermişlerdir.

Çapak ve diğ., 2007'de $z \sim 1.2$ kadar morfoloji - yoğunluk ilişkisini incelemiştir (Şekil 3b) ve Smith ve diğ. 2005 ve Postman ve diğ. 2005'de bulunan sonuçlarla uyumlu sonuçlar bulmuştur. Sadece $z = 1$ 'deki erken tip oranı $z = 0$ 'a göre daha küçüktür ve yoğunlukla daha yavaş artmaktadır.

3 CFHTLS Tarama Projesi Verileri

Bu çalışmada, Mauna Kea Gözlemevi'nde (Hawaii) bulunan Kanada-Fransa-Hawaii ortaklığındaki 3.6m'lik

CFHT(Canada-France-Hawaii Telescope) teleskobunda (Şekil - 4) gerçekleştirilen CFHTLS (Legacy Survey) gökyüzü taraması verileri kullanılmıştır. CFHTLS gökyüzü taramasının W1 bölgesindeki u, g, r, i ve z bantlarında 1350000 galaksi morfolojik olarak incelenmiştir.

CFHTLS taraması, 36 adet 2048x4617 piksellik CCD'lerden oluşmuş toplam 340 mega-pikselli yüksek çözünürlüklü ve 1 derece karelik görüş alanına sahip MEGACAM mozaik kamerası ile tamamlanmıştır. MEGACAM, piksel başına 0.186 yay-saniyelik bir çözünürlüğe sahiptir. CFHTLS'in kendi indirgeme algoritmalarıyla cisim katalogları oluşturulmuş ve verilerin yedinci ve son sürümü Ekim 2012'de bilim dünyasına açılmıştır.

4 Veri Analizi

Bu çalışmada temel olarak galaksilerin morfolojilerinin belirlenmesi için GALFIT (Peng, 2002, 2010) programı kullanılmıştır. GALFIT, galaksilerin yüzey parlaklık dağılımını analitik fonksiyonlar (Sersic, exponansiyel disk, gaussian, king,vb.) ile modelleyen bir programdır (Şekil 5).

GALFIT için gerekli psf'lerin elde edilmesi için SExtractor ve PSFex programları kullanılmıştır. Görüntülerdeki psf etkisi bu sayede GALFIT tarafından elimine edilerek gerçek galaksi görüntüleri üzerinde çalışılmıştır (Şekil 6). Galaksiler için alternatif bir morfolojik tanımlama yöntemi olan renk-kadir diyagramı Şekil 7'de gösterilmektedir.

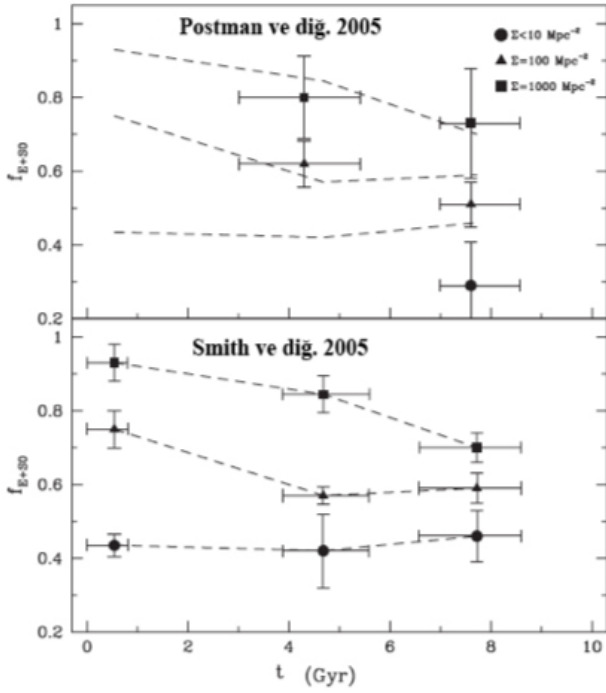
Analizlerde kullanılmak üzere Fortran programlama dili temelli otomatik bir algoritma geliştirilmiştir ve GALFIT ve literatürdeki bazı programlarla eş zamanlı ve entegre olarak OAR paralel hesaplama mimarisinde üzerinde çalıştırabilen özgün bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Galaksilerin buldukları çevre yoğunlukları her bir galaksi çevresindeki cisimler otomatik olarak sayılarak hesaplanmıştır. Bu sayede farklı kırmızıya kayma değerlerindeki galaksiler için morfoloji - yoğunluk ilişkileri kurulmuştur.

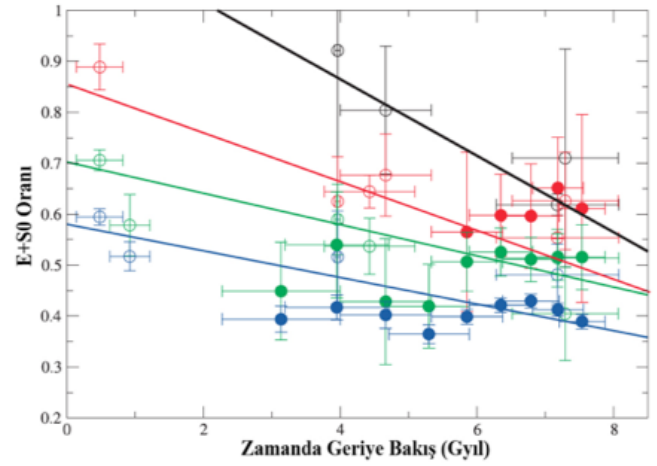
5 Tartışma ve Sonuçlar

CFHTLS gökyüzü taramasının W1 bölgesi verileri kullanarak u, g, r, i ve z bantlarında 1350000 galaksi istatistiksel olarak incelenmiştir. Analizlerde kullanılmak üzere otomatik algoritma içeren GALFIT ve literatürdeki bazı programlarla entegre olarak çalışabilen ve paralel hesaplama mimarisinde özgün bir bilgisayar programı yazılmıştır. 214427 tanesinin buldukları ortamdaki sayı yoğunlukları hesaplanmıştır. $z \sim 0.8$ 'e kadar galaksilerin morfoloji - yoğunluk ilişkisi ortaya konmuş (Şekil 8) ve bu ilişkilerin farklı yoğunluklu ortamlar için kırmızıya kaymanın bir fonksiyonu olarak nasıl değiştiği incelenmiştir. CFHTLS W1 bölgesi verileri morfolojik sınıflama ve evrimi açısından ilk defa bu çalışmada incelenmiştir. Bu inceleme sırasında CFHTLS W1 bölgesi verilerinin sınırları da görülmüştür.

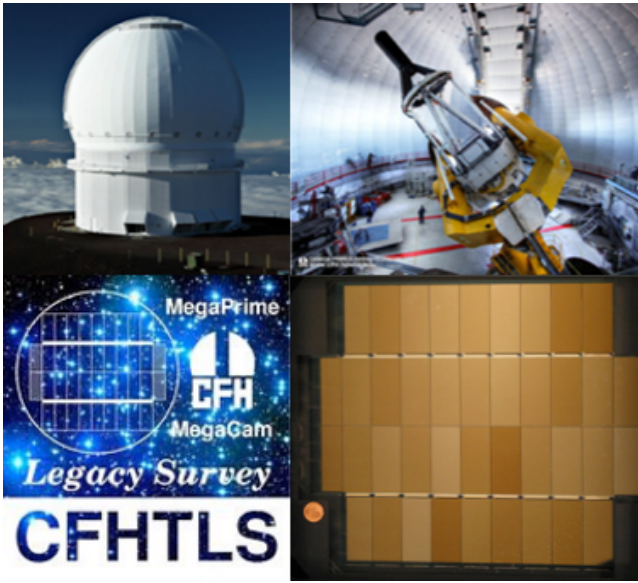
214427 galaksi için elde edilen morfoloji - yoğunluk ilişkisinin evriminde yüksek ve/veya orta yoğunluklu ortamlar için erken tip (E+S0) galaksilerinin oranı kırmızıya kayma değeri arttıkça ortalama olarak bir azalma eğilimi göstermektedir. Buna göre kozmik zamanda günümüze yaklaştıkça erken tip oranının geçmişe kıyasla arttığı görülmektedir. Bu sonuç, önceki çalışmalarla uyum içerisindedir (Çapak ve diğ. 2007, Postman ve diğ. 2005, Smith ve diğ. 2005). Önceki çalışmalarda belirli kümeler incelendiğinden yoğun ortamlar için yüksek kırmızıya kaymalarda verilen galaksi sayıları daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Bu çalışmada düşük yoğunluklu ortamlar için elde edilen morfo-



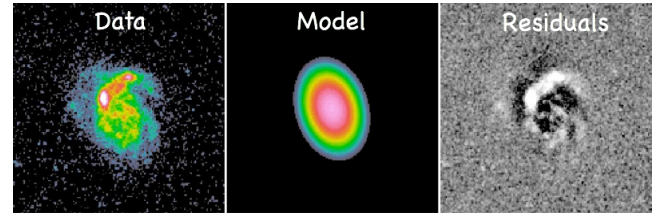
Şekil 3. Morfoloji - Yoğunluk ilişkisinin evrimi; sol panel (a) Postman ve diğ., 2005; sağ panel (b) Capak ve diğ., 2007



Şekil 5. GALFIT programının çalışma prensibi. Görüntü - Model = residuals (artık)



Şekil 4. Canada France Hawaii Telescope (CFHT) ve CCD'si



Şekil 6. PSFex programı ile görüntü psf'lerinin elde edilmesi

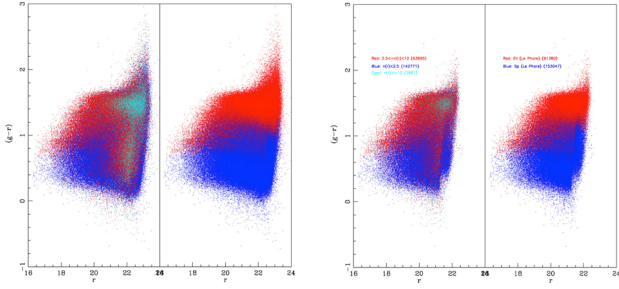
loji - yoğunluk ilişkisinin pek evrim göstermediği bulunmuştur.

Özellikle düşük yoğunluklarda $z > 0.35$ 'den sonra erken tip oranında pek bir değişim olmadığı görülmüştür. Capak ve diğ., (2007)'de elde edilen morfoloji - yoğunluk ilişkisinin evrimi (Şekil 2-19) ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında düşük yoğunluklu ortamlar için ($N_g < 56$) $z \sim 0.35$ 'den sonra benzer bir eğilim yakalandığı görülmektedir. Düşük yoğunluklu

ortam için elde edilen bu sonuç aynı zamanda Smith ve diğ. (2005) ile uyumludur.

Teşekkür

Bu çalışma, 1059B141100066 kod numaralı TÜBİTAK - 2214 Yurtdışı Doktora Araştırma Bursu ile, 27241 kod numaralı



Şekil 7. İncelenen galaksilerin renk - kadir diyagramı. Mavi bölge geç tip galaksileri gösterirken, kırmızı bölge erken tip galaksileri göstermektedir.(557386 galaksi için temizleme ve düzeltmeler yapıldıktan sonra 221427 galaksi için)

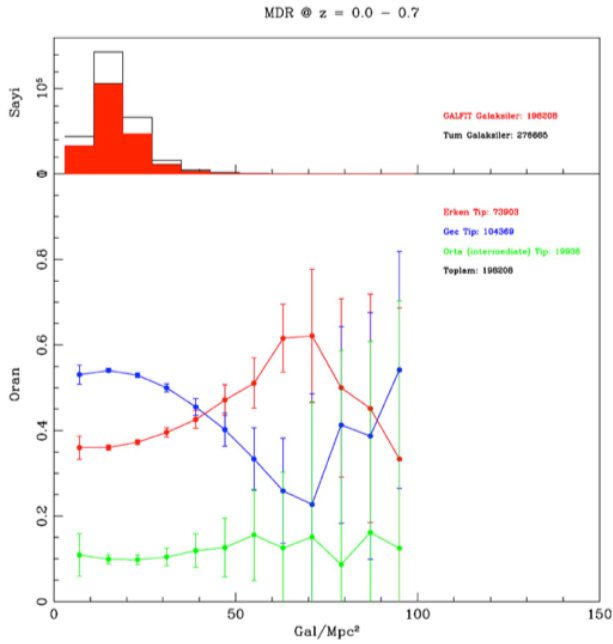
İstanbul Üniversitesi BAP projesi ile ve Observatoire de la Côte d'Azur, Nice, Fransa Lagrange Laboratuvarı tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

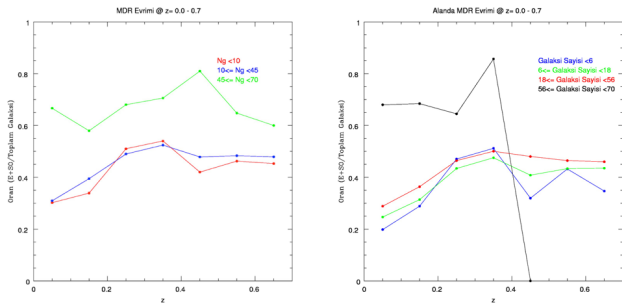
Yelkenci, F., Korhan: Doktora Tezi, 2015

Erişim:

O44-1715: UAK-2015 Program --- UAK Bildiri --- Turkish J.A&A.



Şekil 8. 0.0 - 0.7 kırmızıya kayma aralığındaki tüm galaksiler için morfoloji - yoğunluk ilişkisinin değişimi



Şekil 9. $0 < z < 0.7$ aralığında Morfoloji - yoğunluk ilişkisinin evrimi.