

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

Korhan Yelkenci, Christophe Benoist, Sinan Aliş

19. Ulusal Astronomi Kongresi, 2 - 6 Şubat 2015, ODTÜ, Ankara



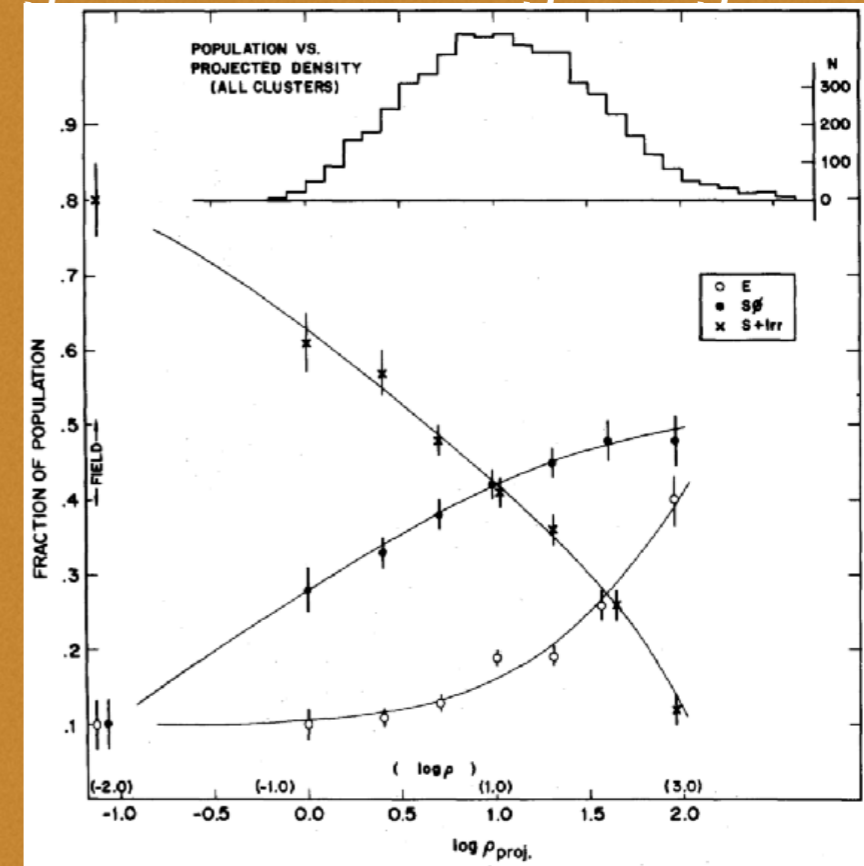
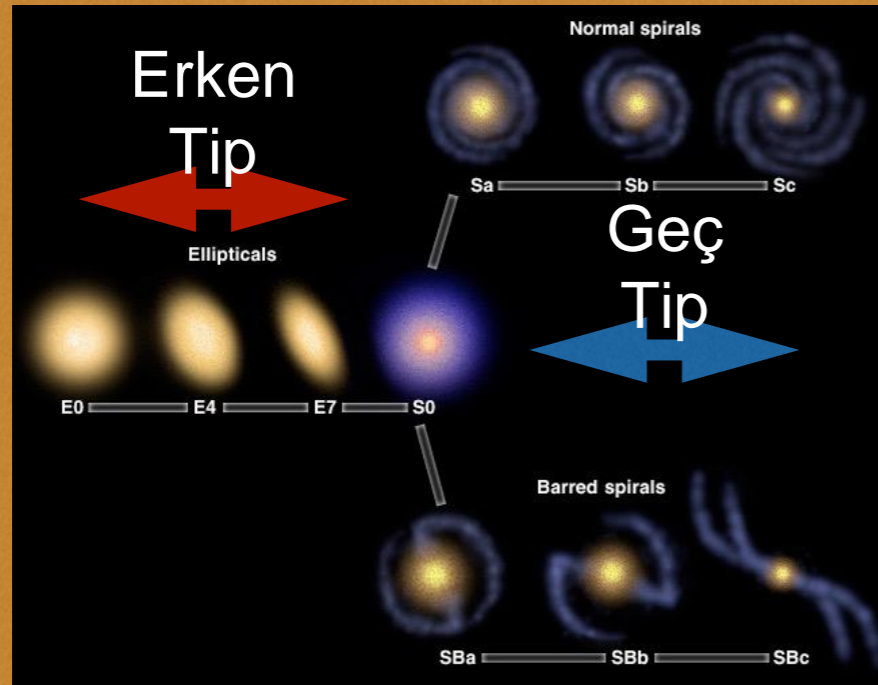
Observatoire
de la CÔTE d'AZUR

Motivasyon

- Galaksilerdeki yıldız oluşumları; galaksilerdeki şekil bozuklukları; galaksiler arası etkileşimler, çarpışmalar, birleşmeler araştırılmaya devam eden güncel konulardır.
- Morfoloji-yoğunluk ilişkisinin evrimsel açıdan farklı z değerleri için nasıl değiştiğinin araştırılması, galaksilerin oluşum ve evrimlerinin anlaşılmasında önemli bir rol göstericidir.
- Morfoloji-yoğunluk ilişkisinin evrimsel olarak incelenmesi ile galaksi evriminin çevreden nasıl etkilendiğinin bir göstergesidir.
- Yeni tarama projeleri, çok sayıda galaksiyi $z \sim 1.5$ derinliklere kadar çalışmaya imkan tanımaktadır.

Galaksi Morfolojisi - Yoğunluk İlişkisi

- Dressler (1980 Apj.236:351-365)
- Galaksi morfoloji-yoğunluk ilişkisi, erken tip galaksilerin yüksek yoğunluklu bölgelerde, geç tip galaksilerin ise daha düşük yoğunluklu bölgelerde bulunduğunu göstermektedir.

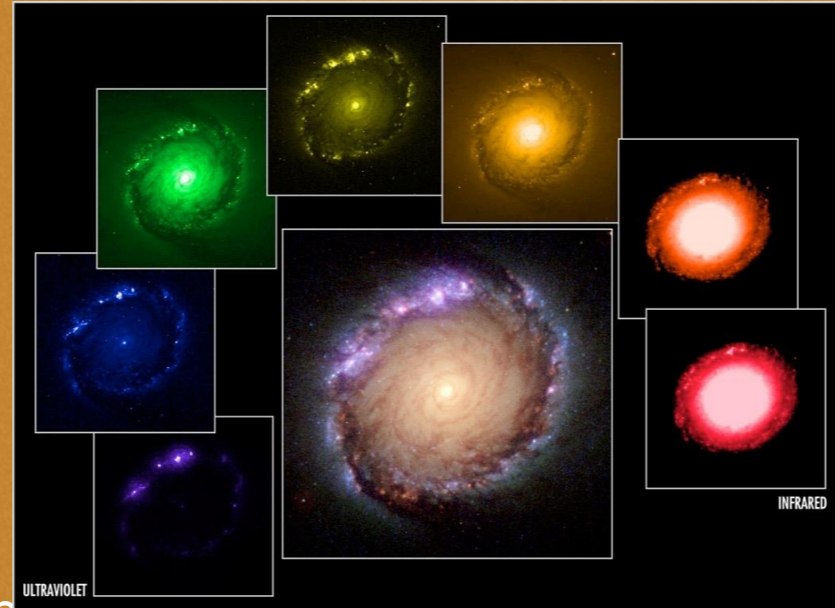


- Galaksi morfolojisi yoğunluk ilişkisi, galaksi evriminin çevreden etkilendiğinin bir göstergesidir.

Galaksi Morfolojik Sınıflandırılması

Galaksilerin morfolojik olarak sınıflandırılması, galaksi morfolojisi-yoğunluk ilişkisinin geniş ölçeklerde çalışılabilmesi bakımından önemlidir.

CFHTLS tarama projesi, farklı z ($0.1 < z < 1.3$) değerlerine sahip çok sayıda galaksiyi çalışma fırsatı sağlamaktadır.



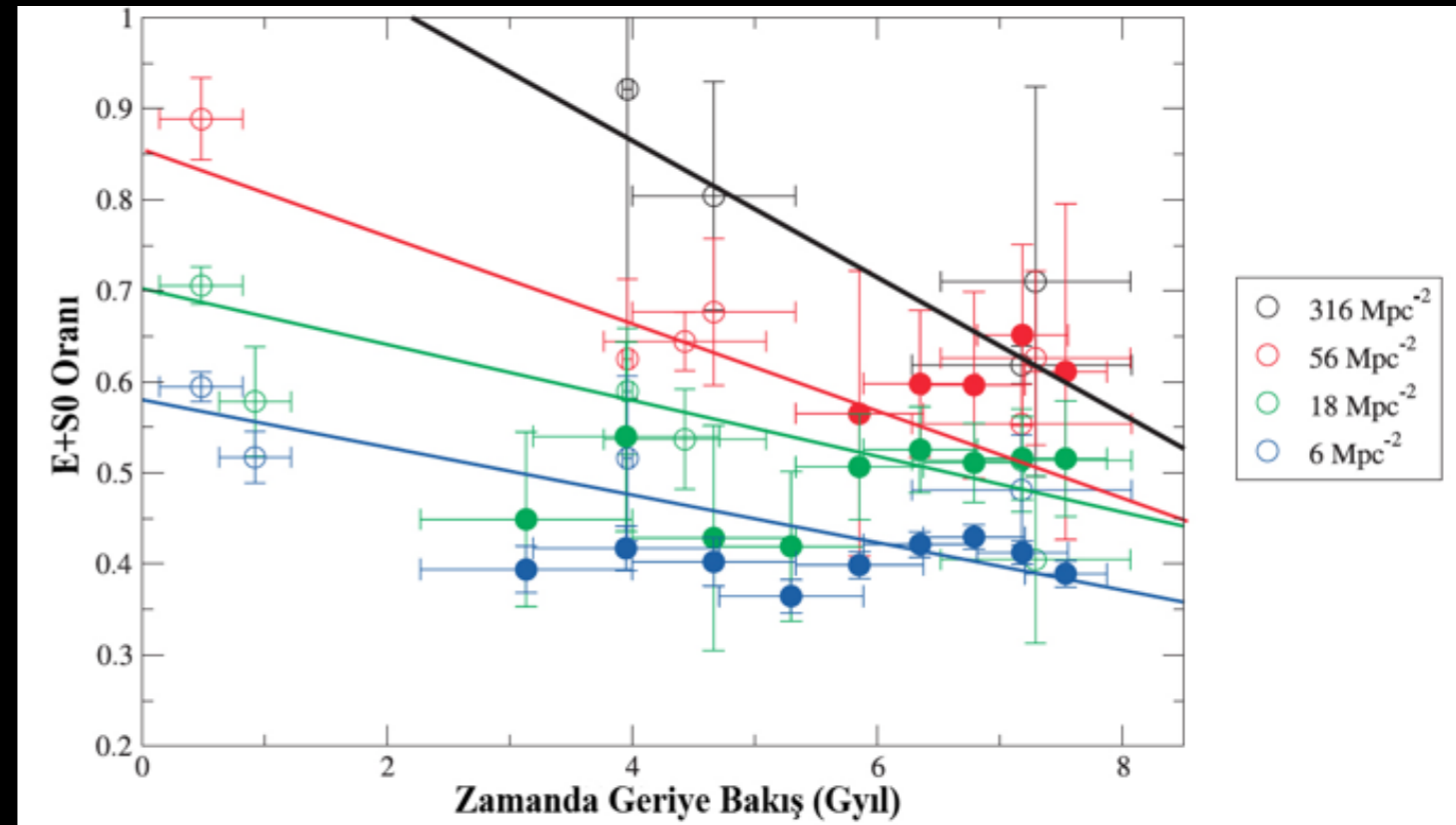
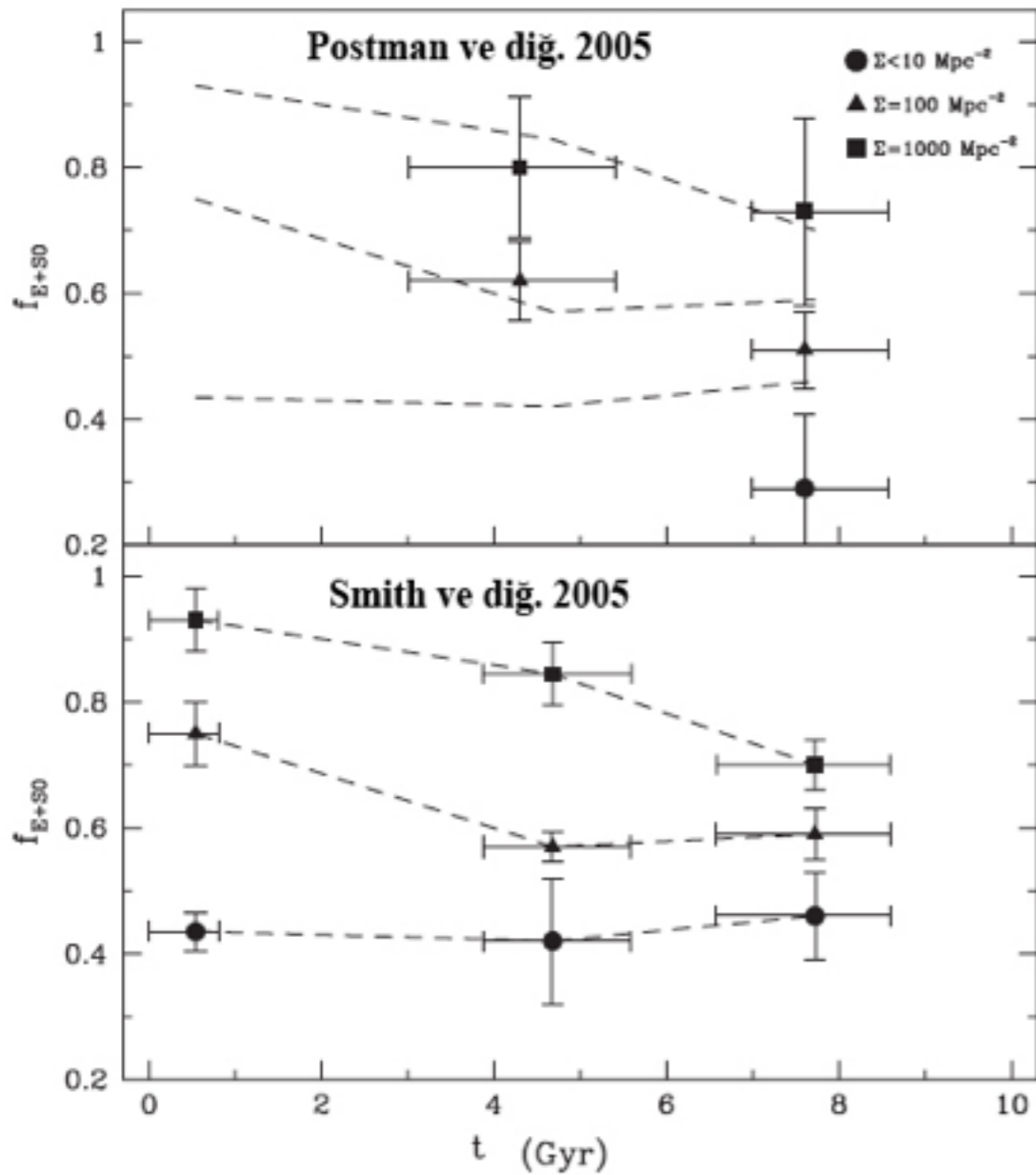
Parametrik yaklaşımlar: GALFIT (Peng et al., 2002), GIM2D (Simard et al., 2002), GALPHAT (Yoon et al., 2011) vb. GALAPAGOS (Barden 2012)

(Bu yaklaşımda en çok kullanılan tanılama bulge kesri(B/T) ve Sersic index(n)'dir.

Parametrik olmayan yaklaşımlar: MORPHOT (Fasano et al., 2011) or EFIGI (Baillard et al., 2011).

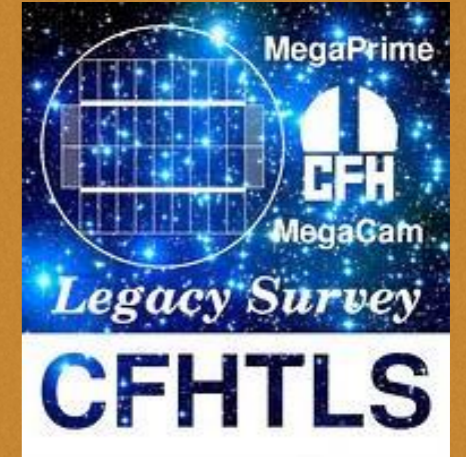
Kullanılan yaklaşım sinir ağı yöntemi ve görsel temellidir

Galaksi Morfoloji - Yoğunluk İlişkisinin Evrimi



Capak ve diğ. 2007

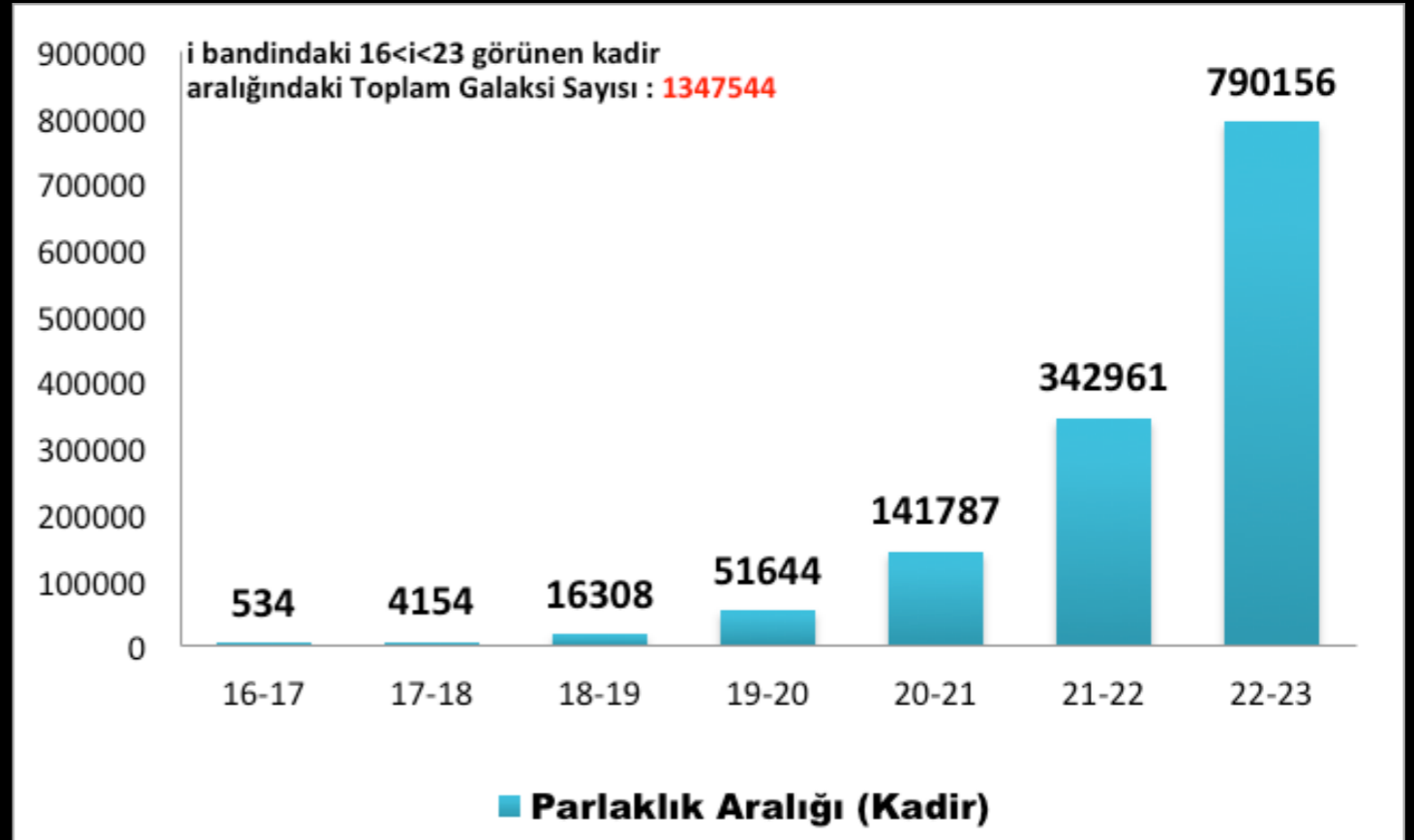
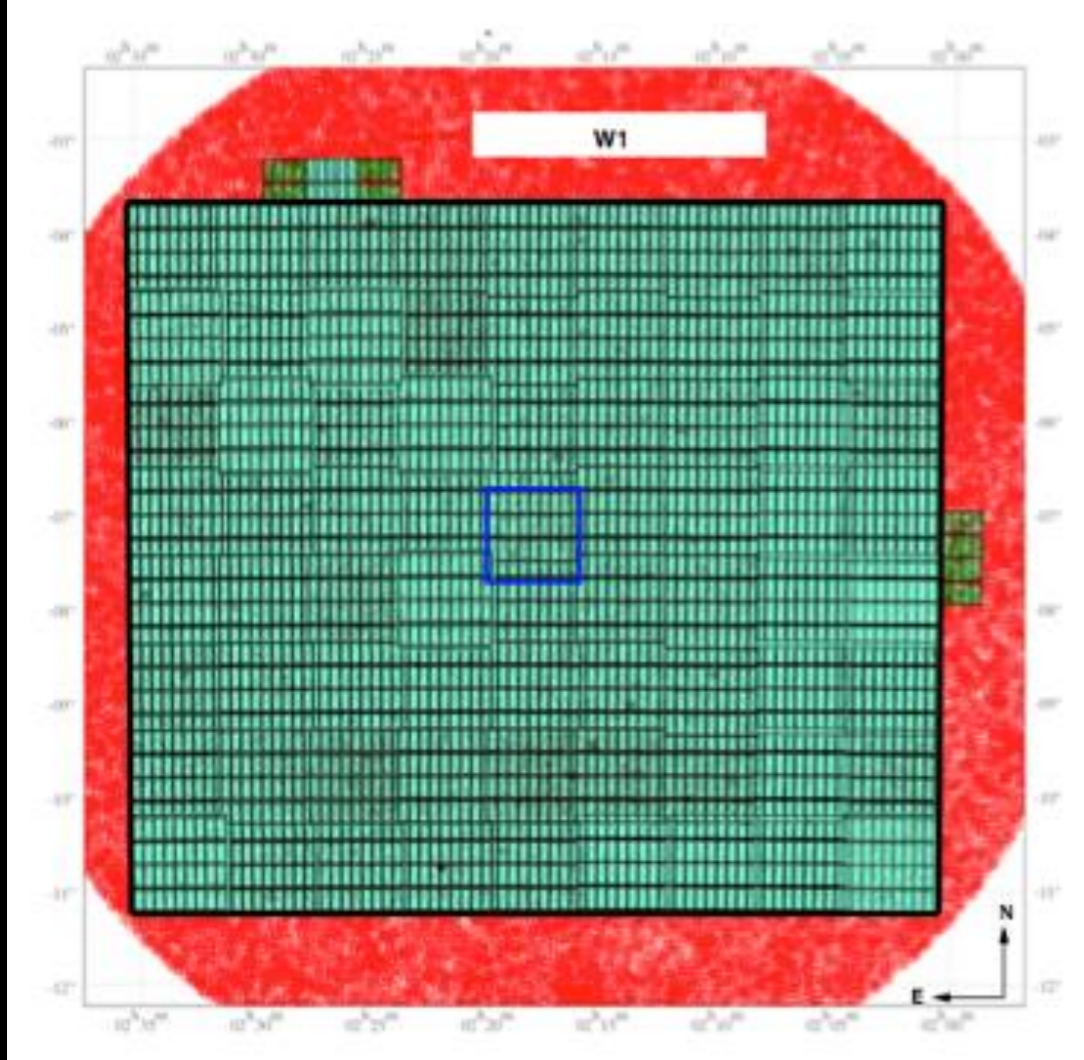
CFHTLS Gökyüzü Taraması



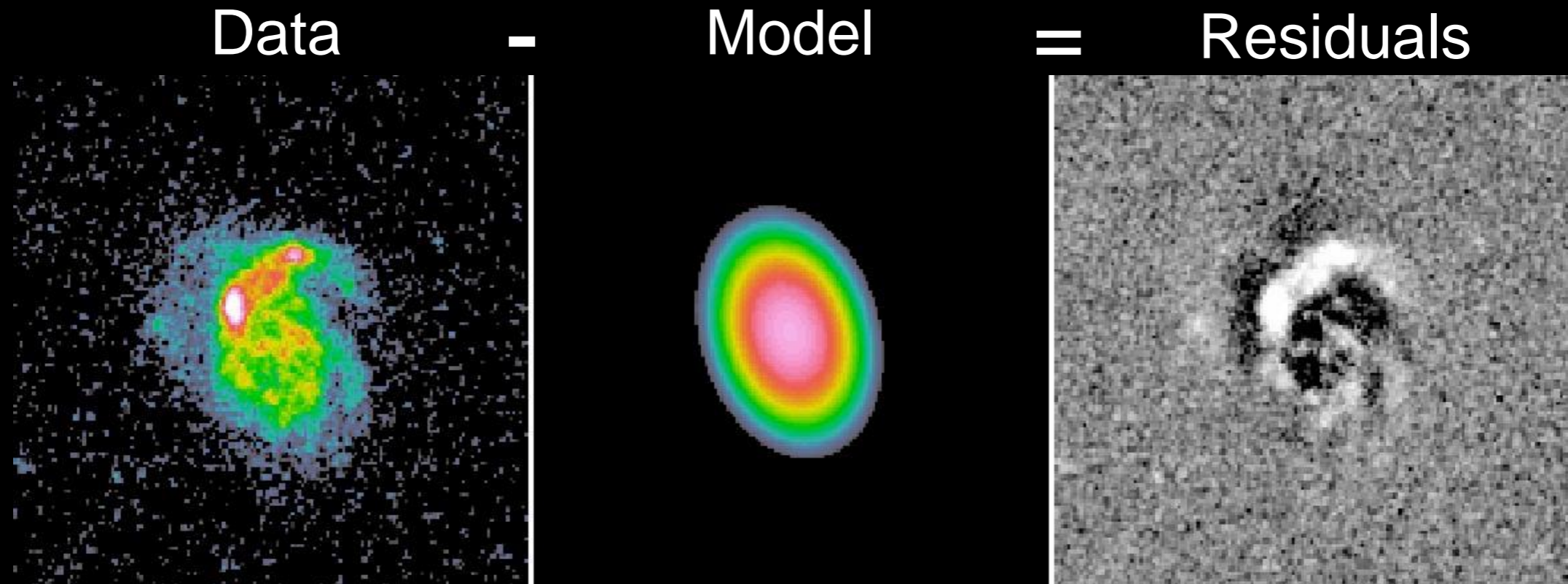
- 3.6m'lik CFHT
- MegaCam: 1X1 derecelik görüş alanına sahip,
- 36 adet 2048 x 4612 piksel CCD'den oluşan 340 Megapikselli mozaik bir kameradır.
- u,g,r,i,y,z bantlarını kullanmaktadır.
- CFHTLS derin ve geniş (171 derecekare)
- Kırmızıya kayma: $0.1 < z < \sim 1.3$



CFHTLS W1 Alanı ve galaksi sayısı



GALFIT (Peng 2002)

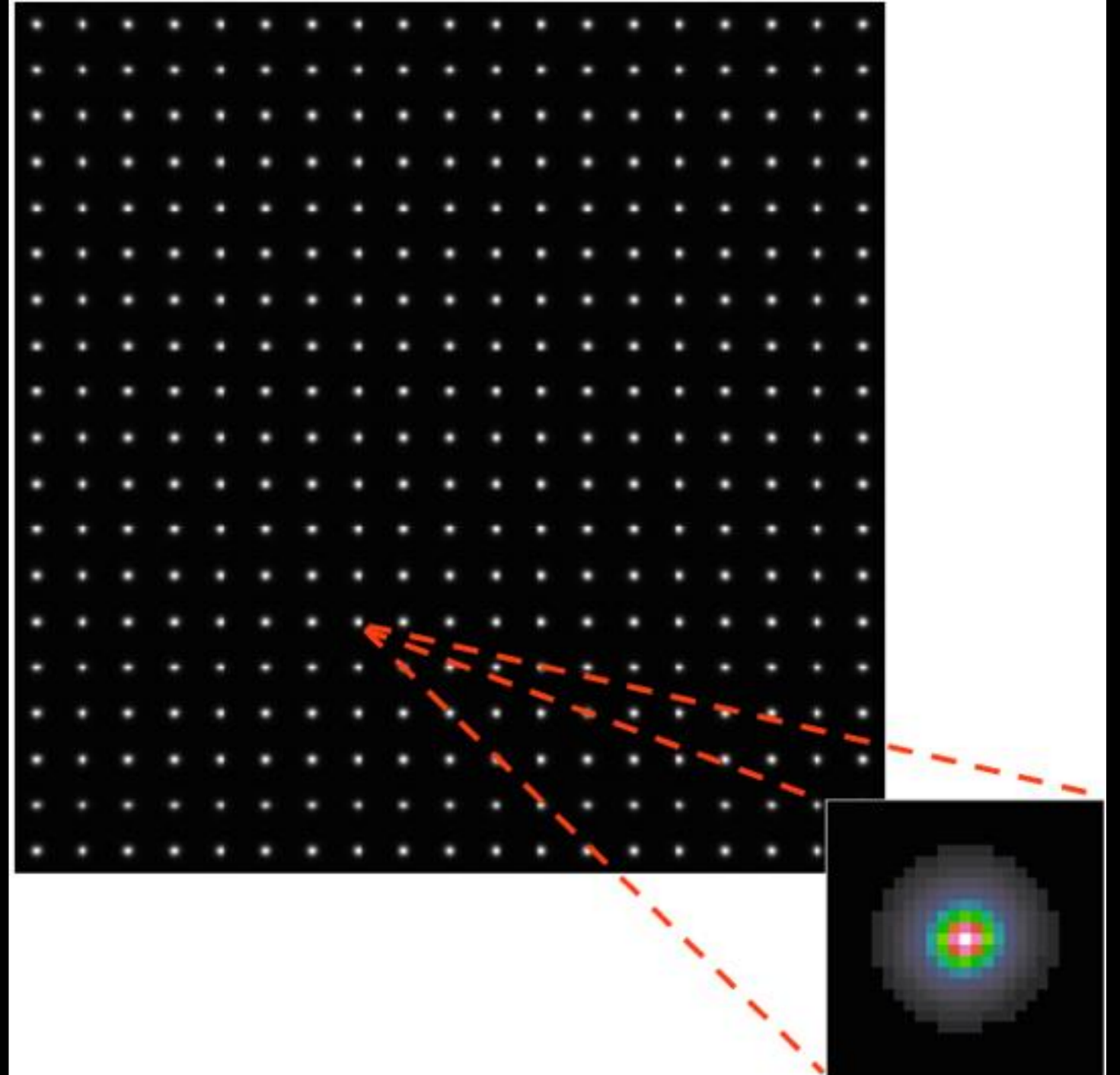
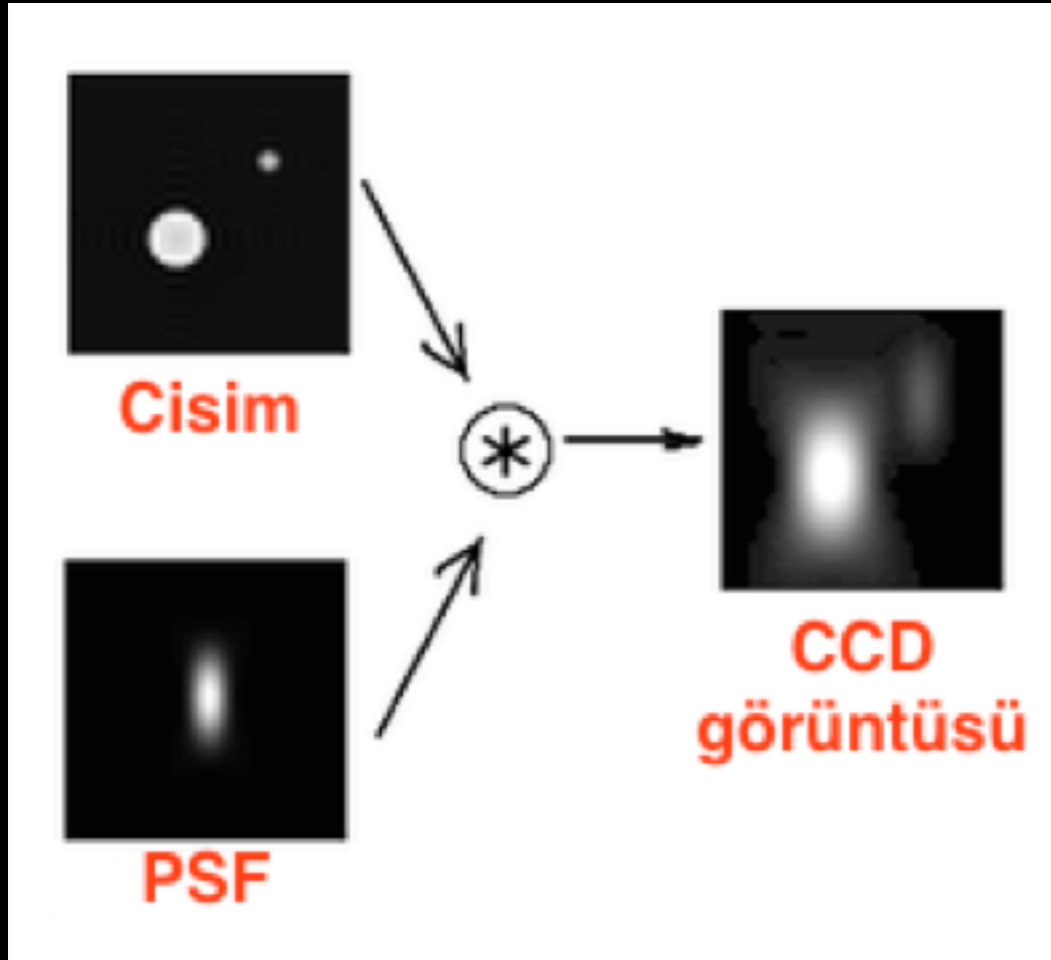


- GALFIT, galaksilerin yüzey parlaklık dağılımını analitik fonksiyonlar (Sersic fonksiyonu, exponansiyel disk, gaussian vb.) ile modelleyen bir programdır. (Sersic Fonksiyonu $n=4$)

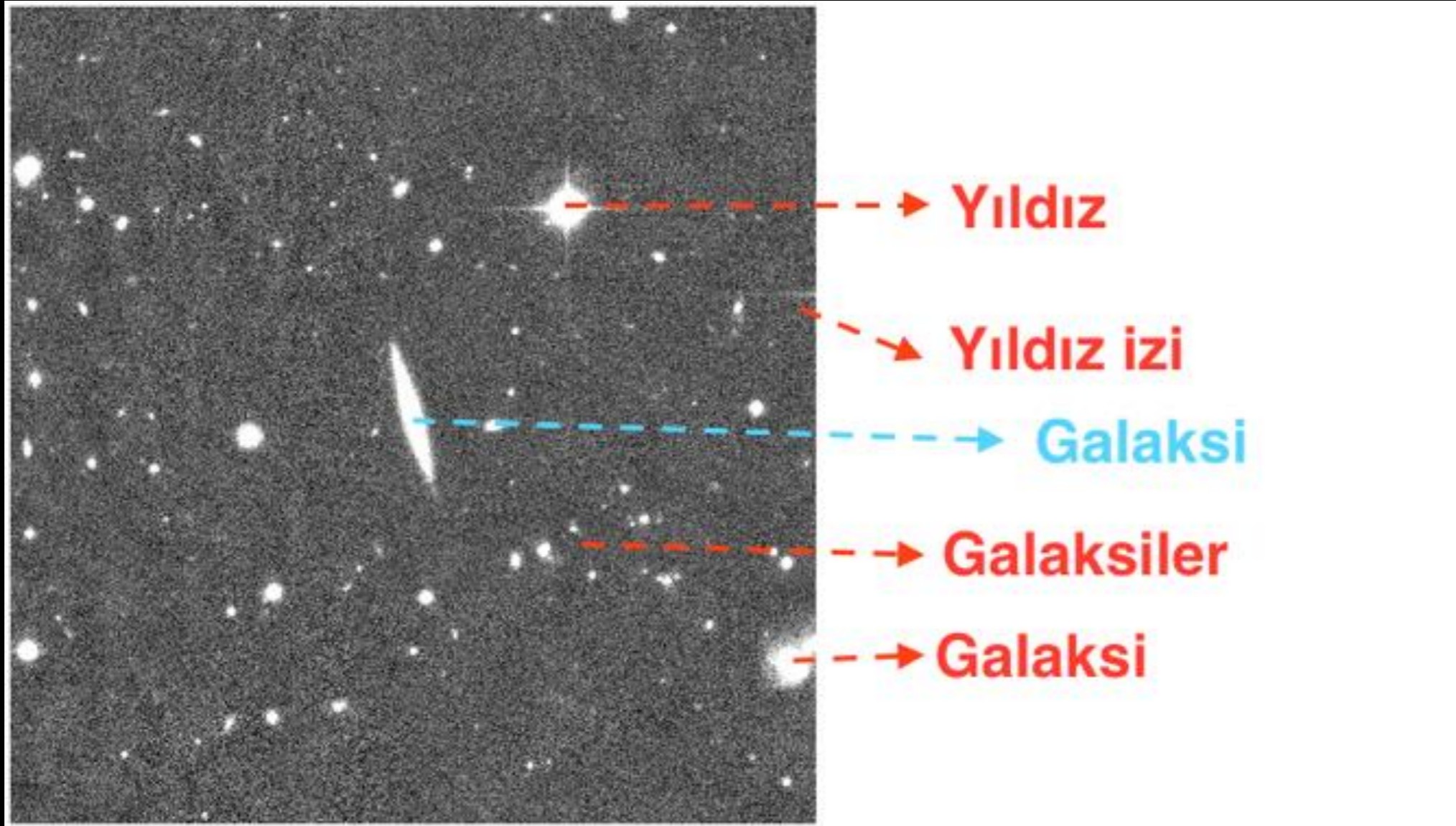
$$\chi^2 = \frac{1}{N_{DOF}} \sum_{x=1}^{nx} \sum_{y=1}^{ny} \frac{(f_{data}(x, y) - f_{model}(x, y))^2}{\sigma(x, y)^2},$$

$$\Sigma(r) = \Sigma_e \exp \left[-\kappa \left(\left(\frac{r}{r_e} \right)^{1/n} - 1 \right) \right]$$

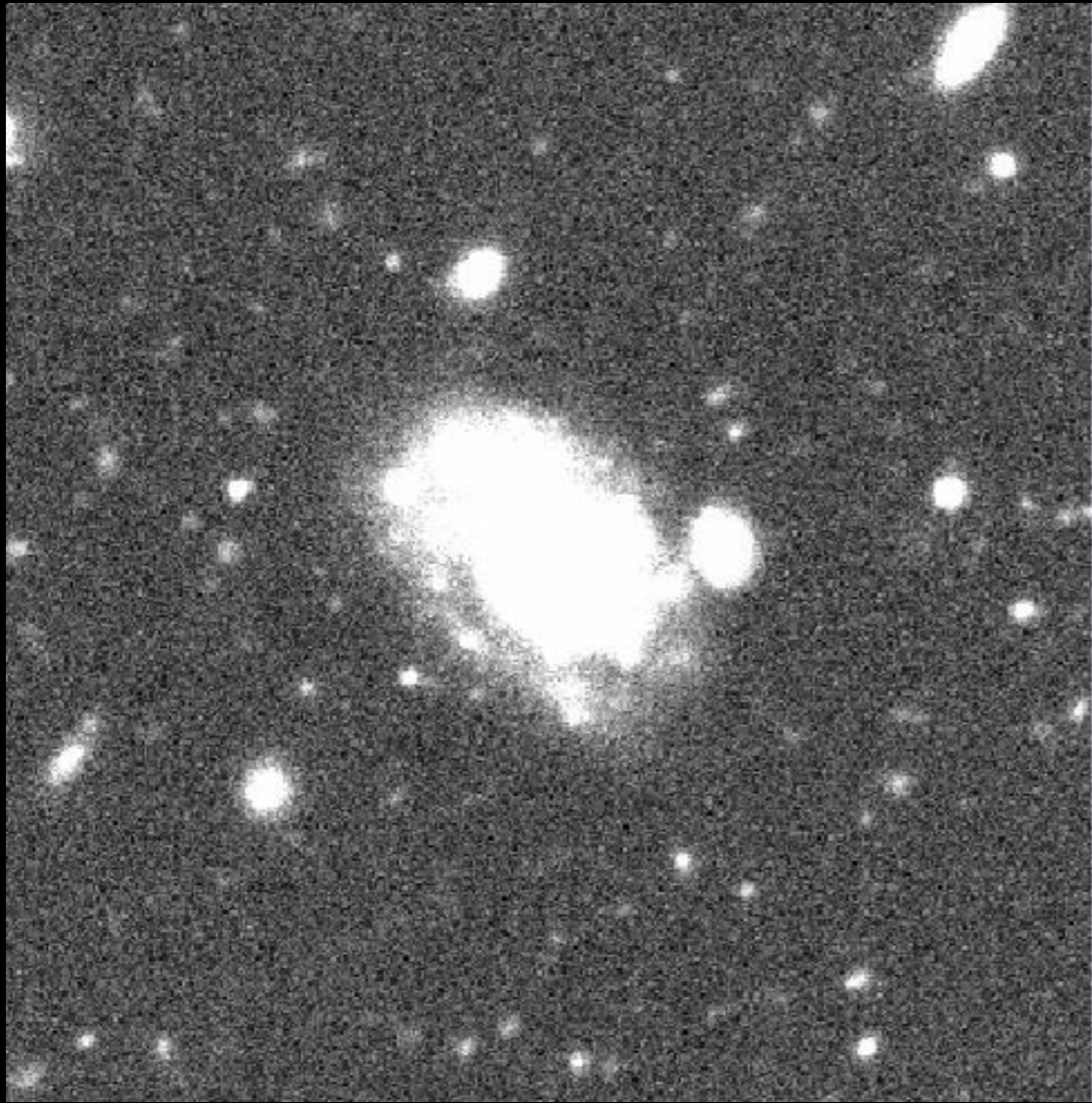
PSFex ile PSF görüntülerinin elde edilmesi



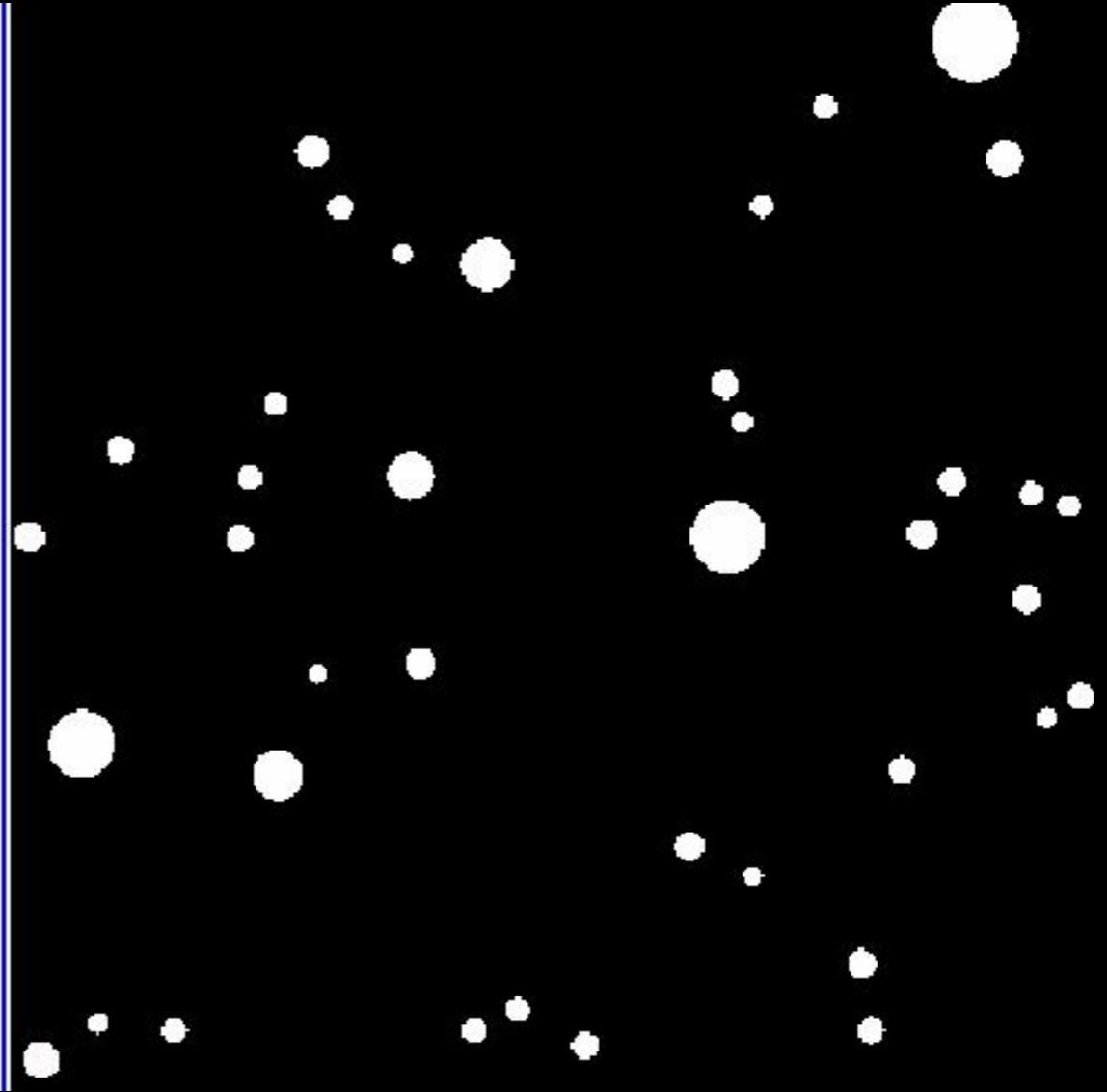
Görüntü Alan Maskeleri



Maskeleme (Fortran - Cfitsio)

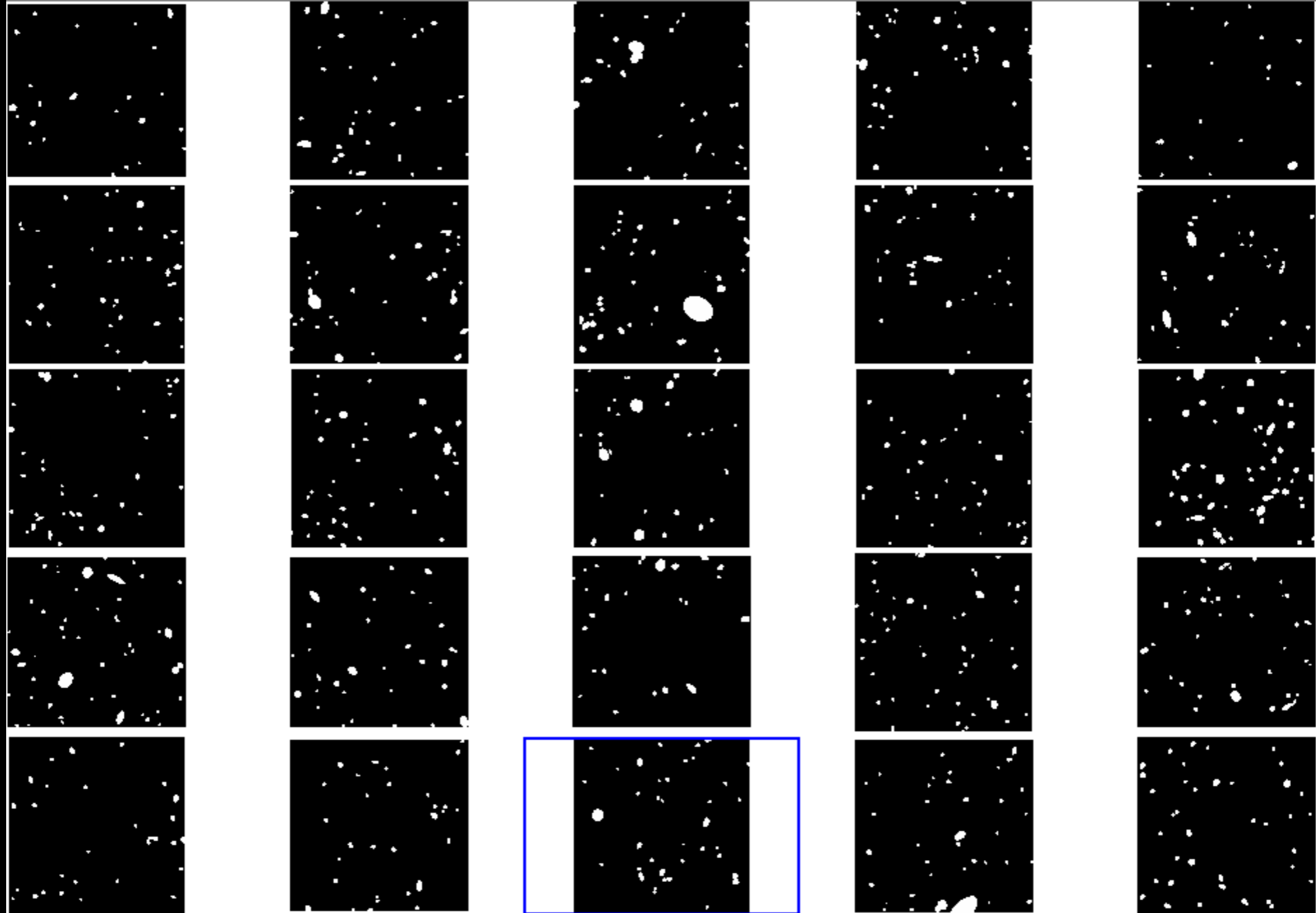


CFHTLS galaksi alanı

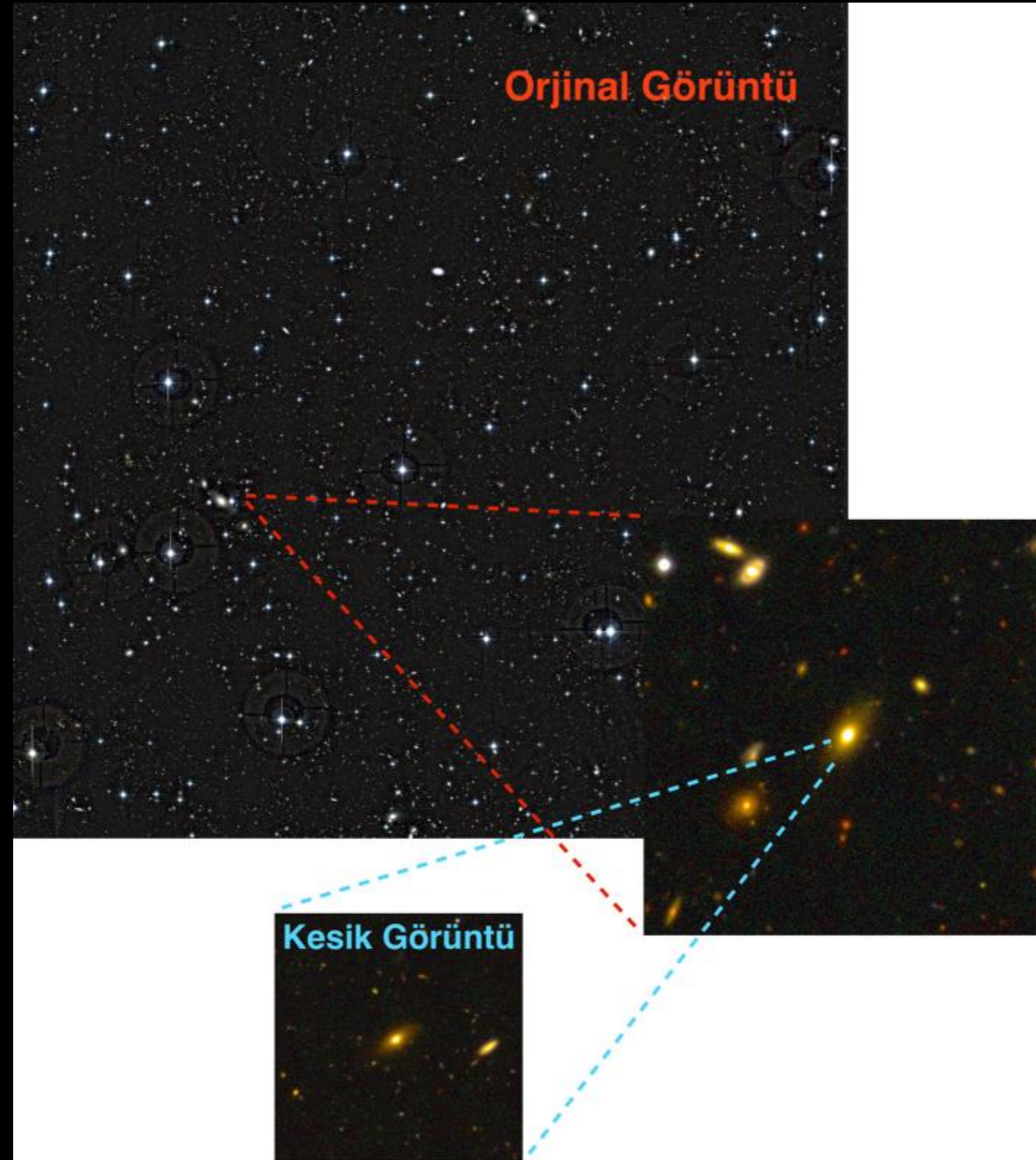


Alan maskesi

Seçilmiş 25 CFHTLS Galaksisi - Maskeleye

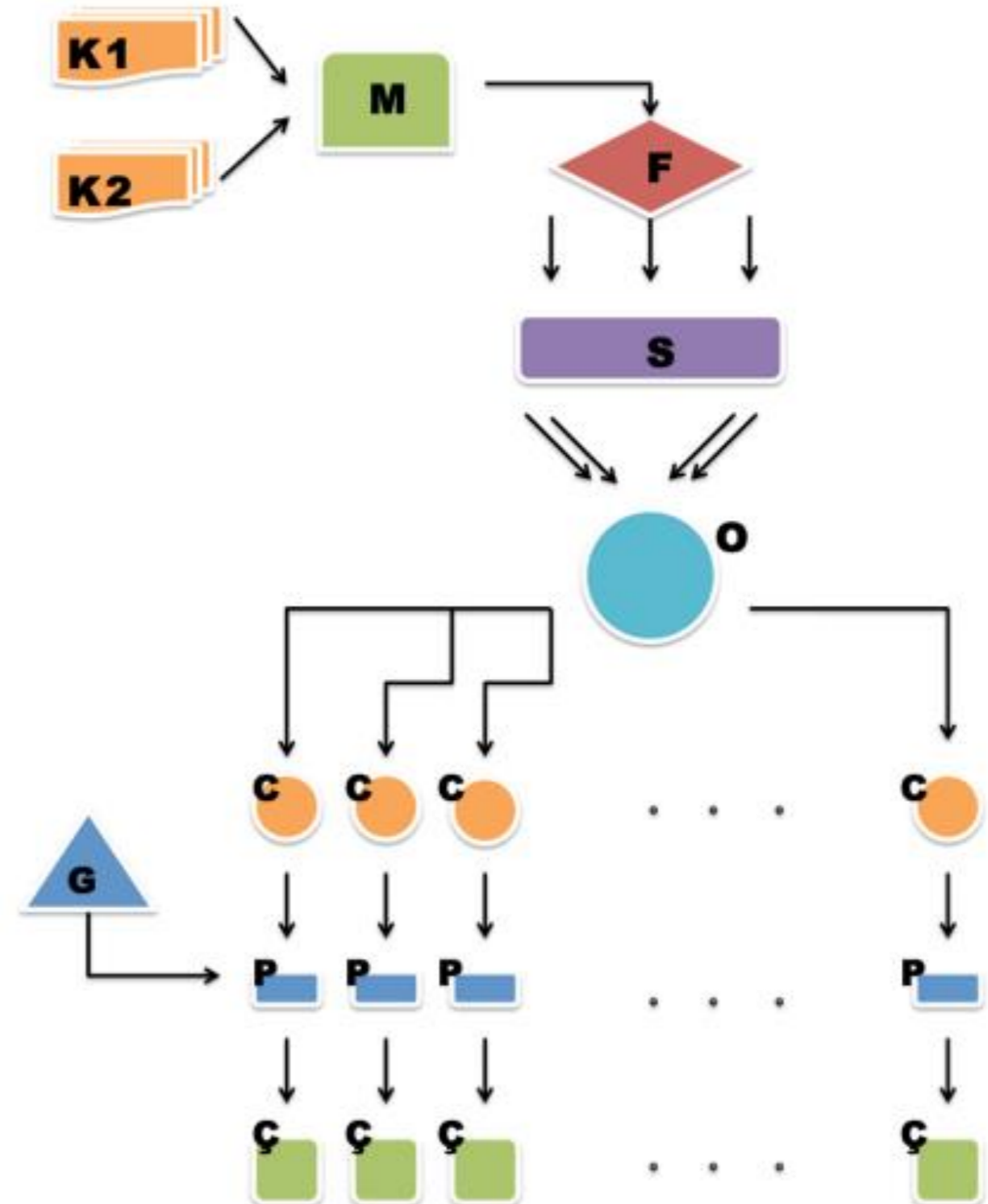
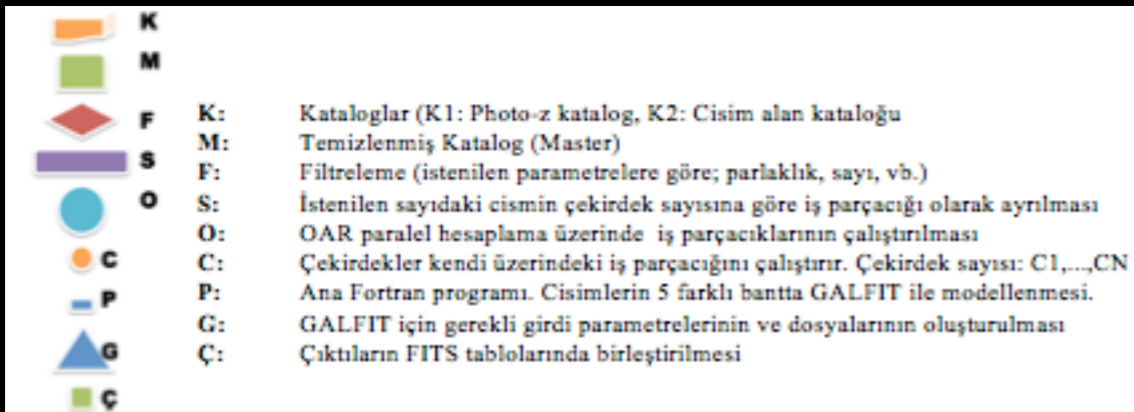


W1 Galaksileri için görüntülerin oluşturulması



Analiz Algoritması ve Akış diyagramı

- CHFTLS W1 katalogları (FITS tabloları)
- SExtractor (Bertin 1996)
- PSFex (Bertin 2011)
- GALFIT (Peng 2002)
- Maskeleye (Fortran-Cfitsio)
- Ana Fortran Programı
- Awk betik - shell scripting (KSH)
- OAR

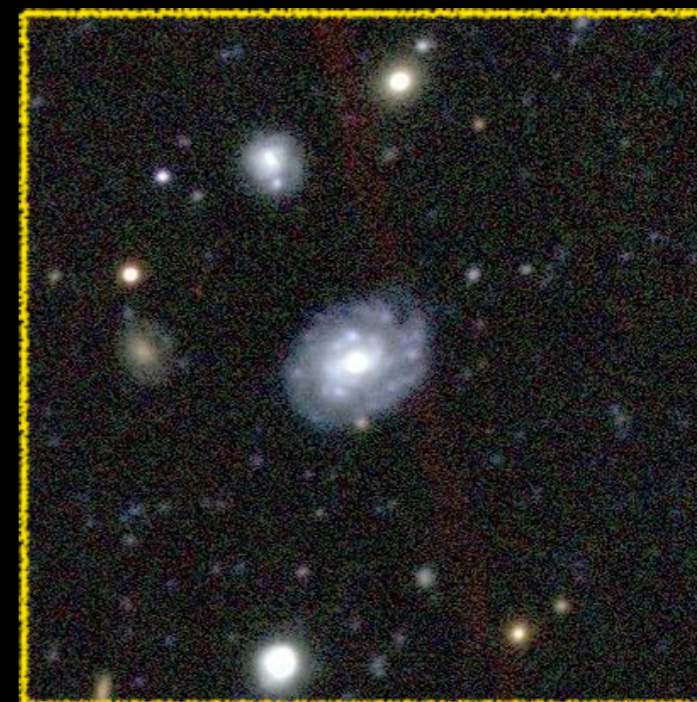
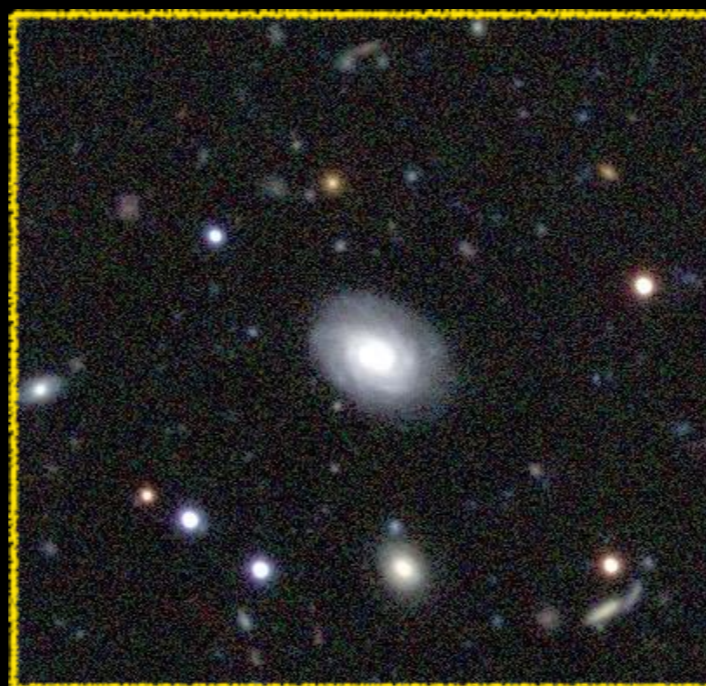
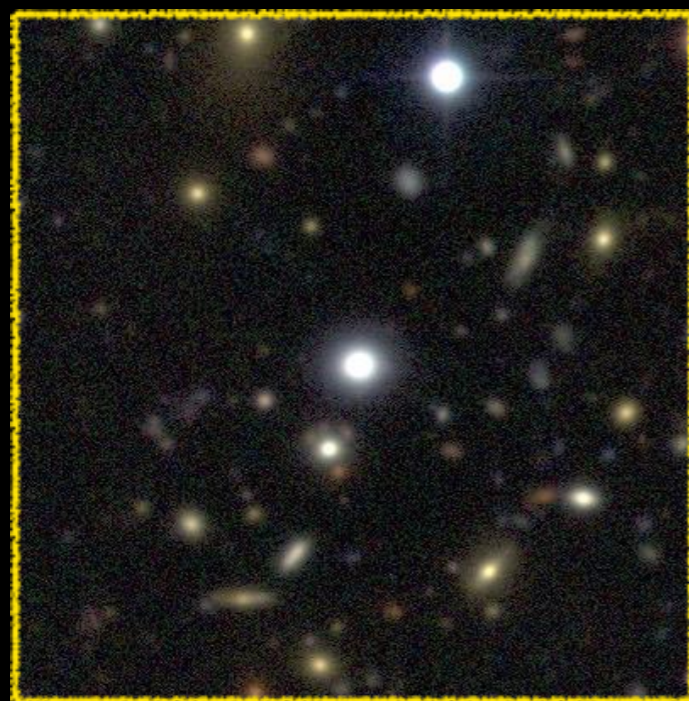
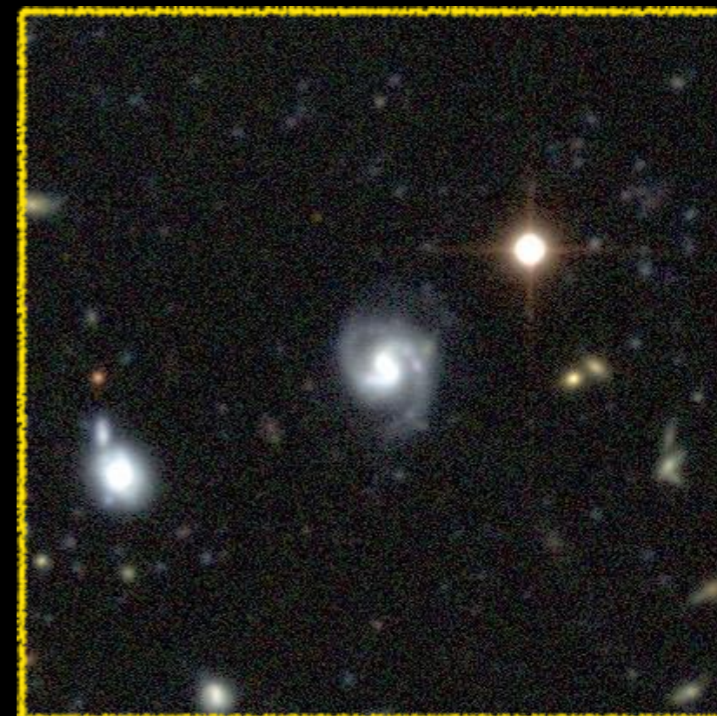
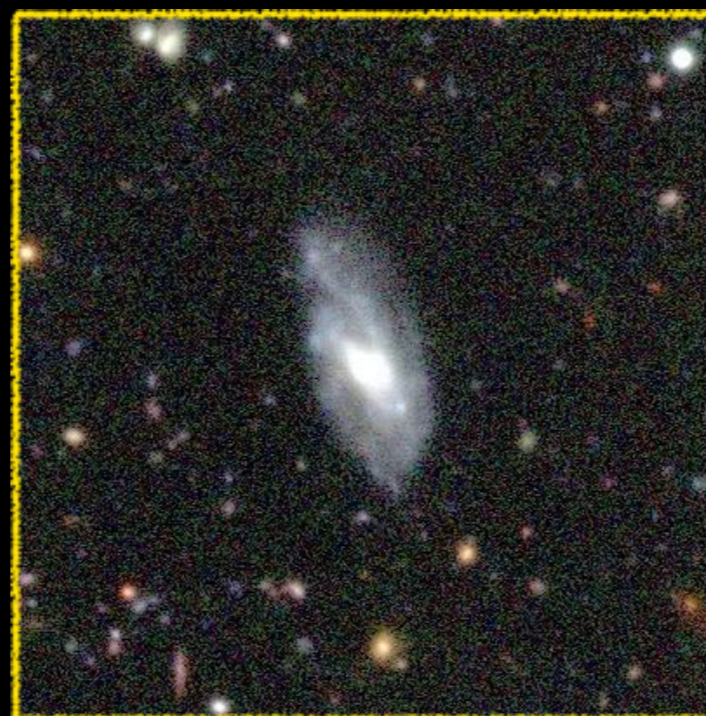
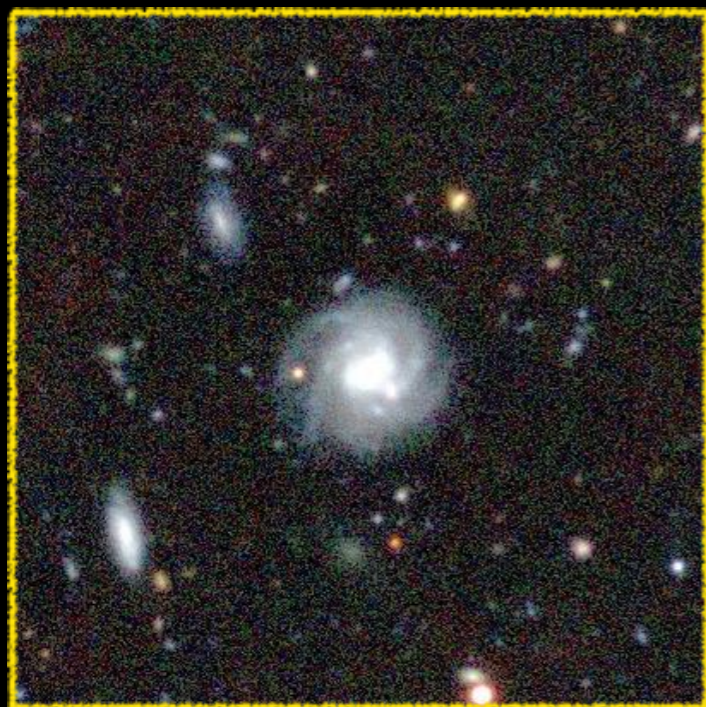


OAR ile Paralel Hesaplama

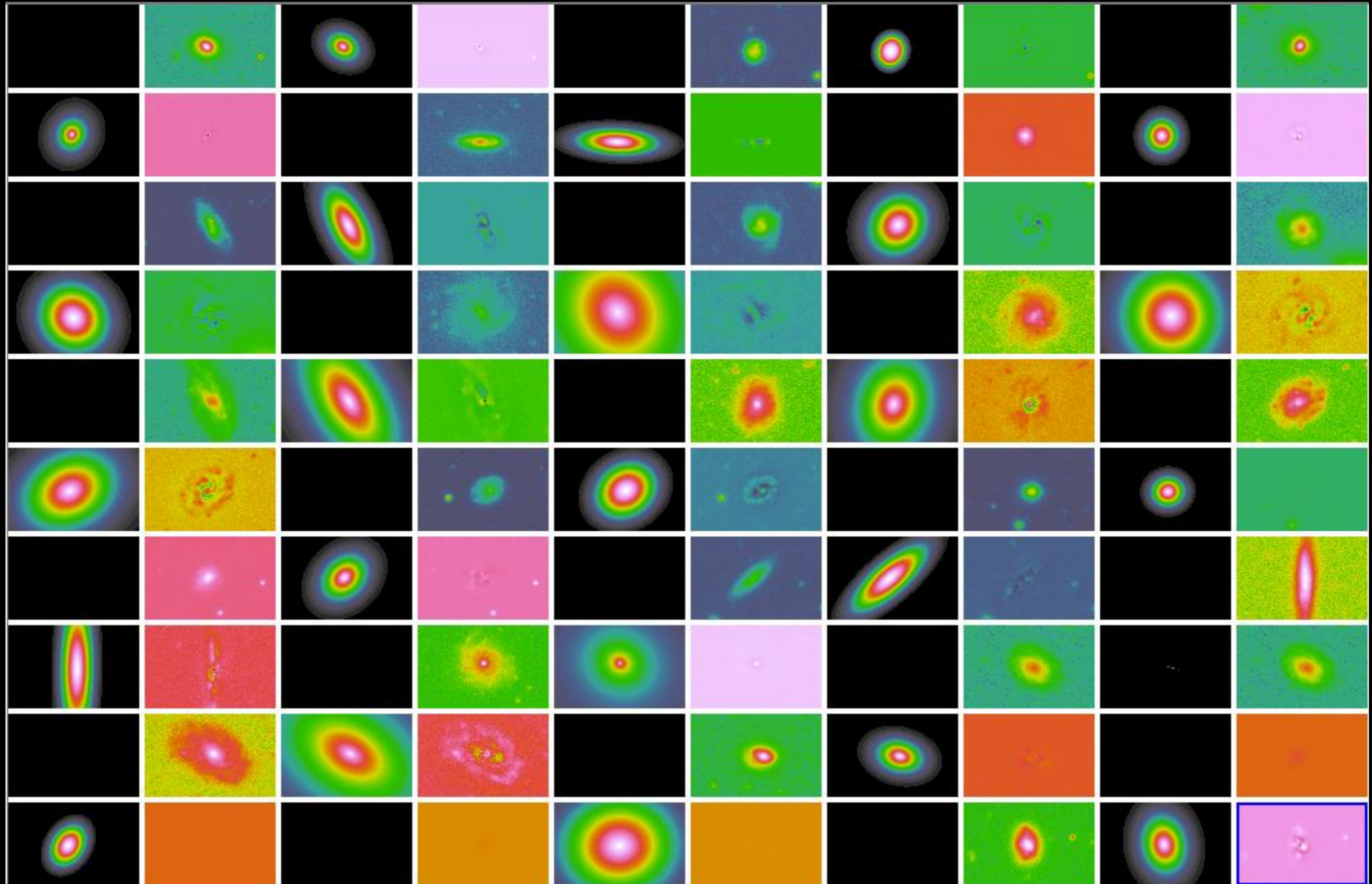


- Paralel hesaplama için iş betik yönetim sistemi
- Açık kaynak kodlu
- 1300000 cisim için GALFIT 5 band çözümü, 1 tek işlemci ile çalışan bir bilgisayarda 1 GALFIT çalışması 1 saniye sürdüğü varsayılırsa 6.5 milyon kez GALFIT çalıştırıldığında yaklaşık 1800 saat ya da 75 gün sürecektir.
- 75 gün içinde herhangi bir an elektrik kesintisi, ya da diske yazma problemi ya da çeşitli başka nedenler ile program kesildiğinde takibi ve telafisi zor durumlar yaratabilmektedir. Ayrıca verinin tekrar tekrar teste tabi tutulması da imkanız hale gelmektedir. Bu durum günümüzde küme (cluster) bilgisayarlarda paralel programlar çalıştırılarak aşılmaya çalışılmaktadır.
- Testler 48 çekirdekli küme bilgisayar
- Tüm uygulama 3025 çekirdekli küme bilgisayarın 300 çekirdeği kullanılarak tamamlanmıştır.
- AWK betik programlama, shell scripting - fortran - GALFIT -> "OAR"

CFHTLS - örnek galaksiler (STIFF: g,r,i)

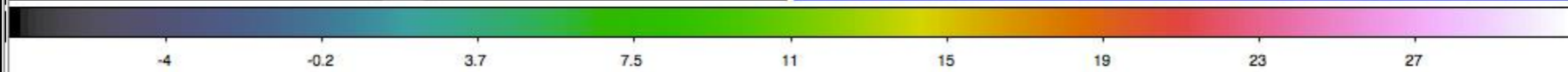
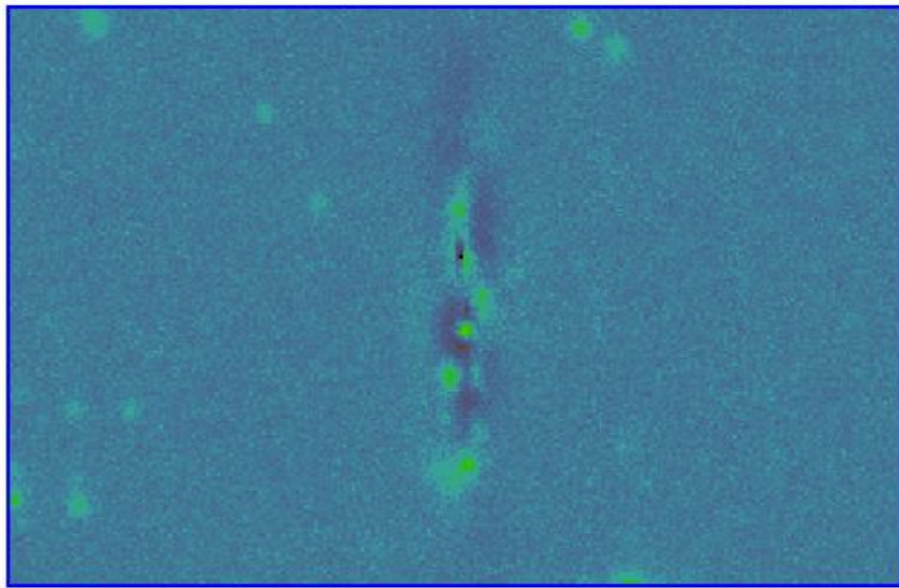
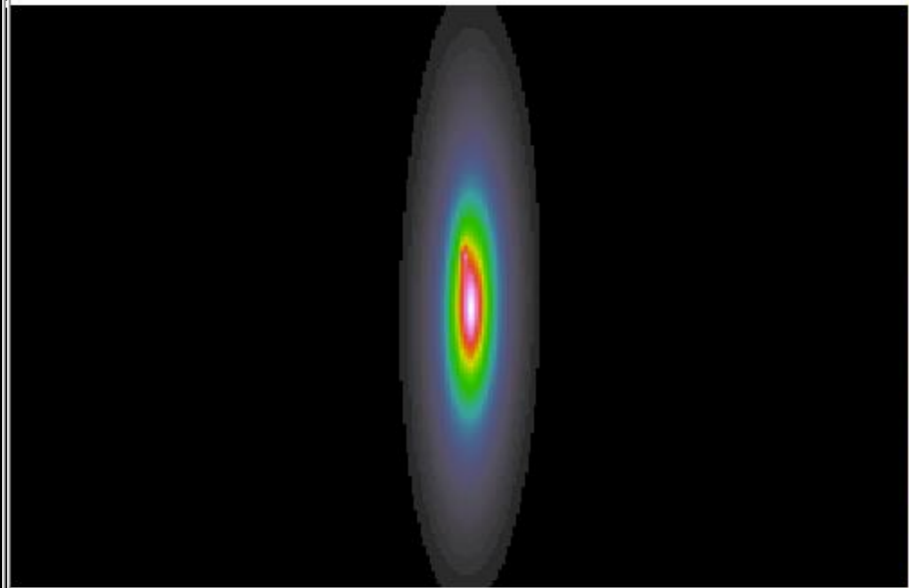
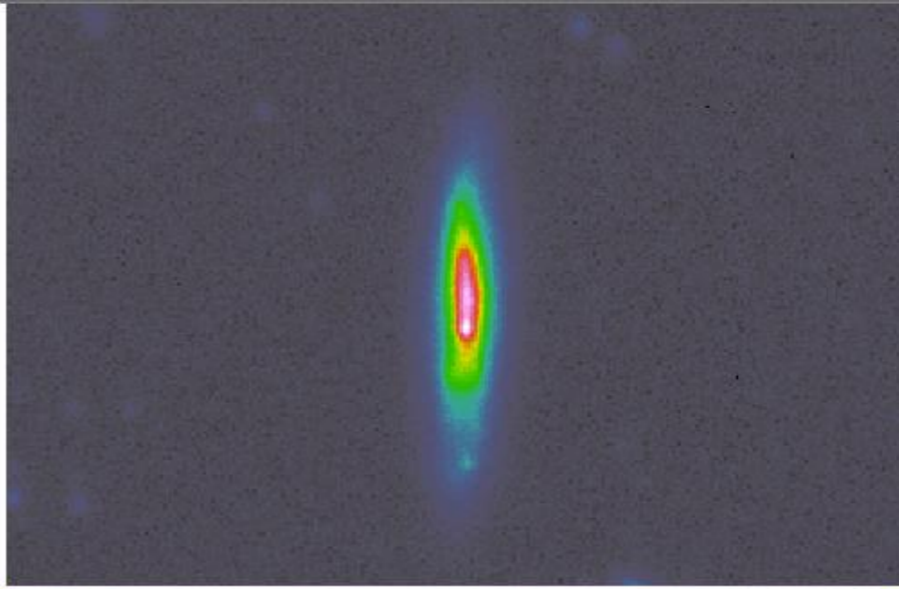


Seçilmiş 25 CFHTLS Galaksisi için testler

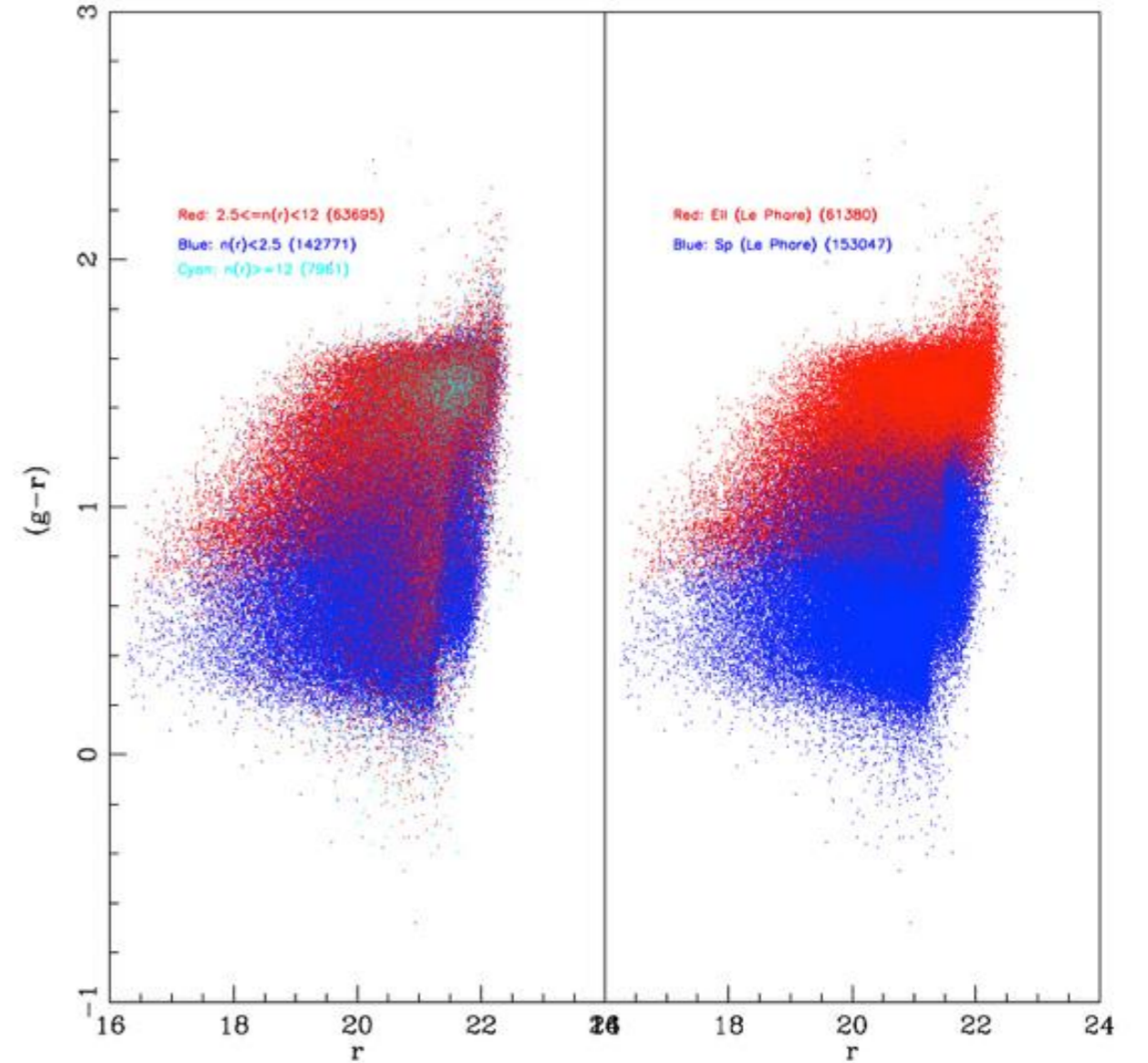
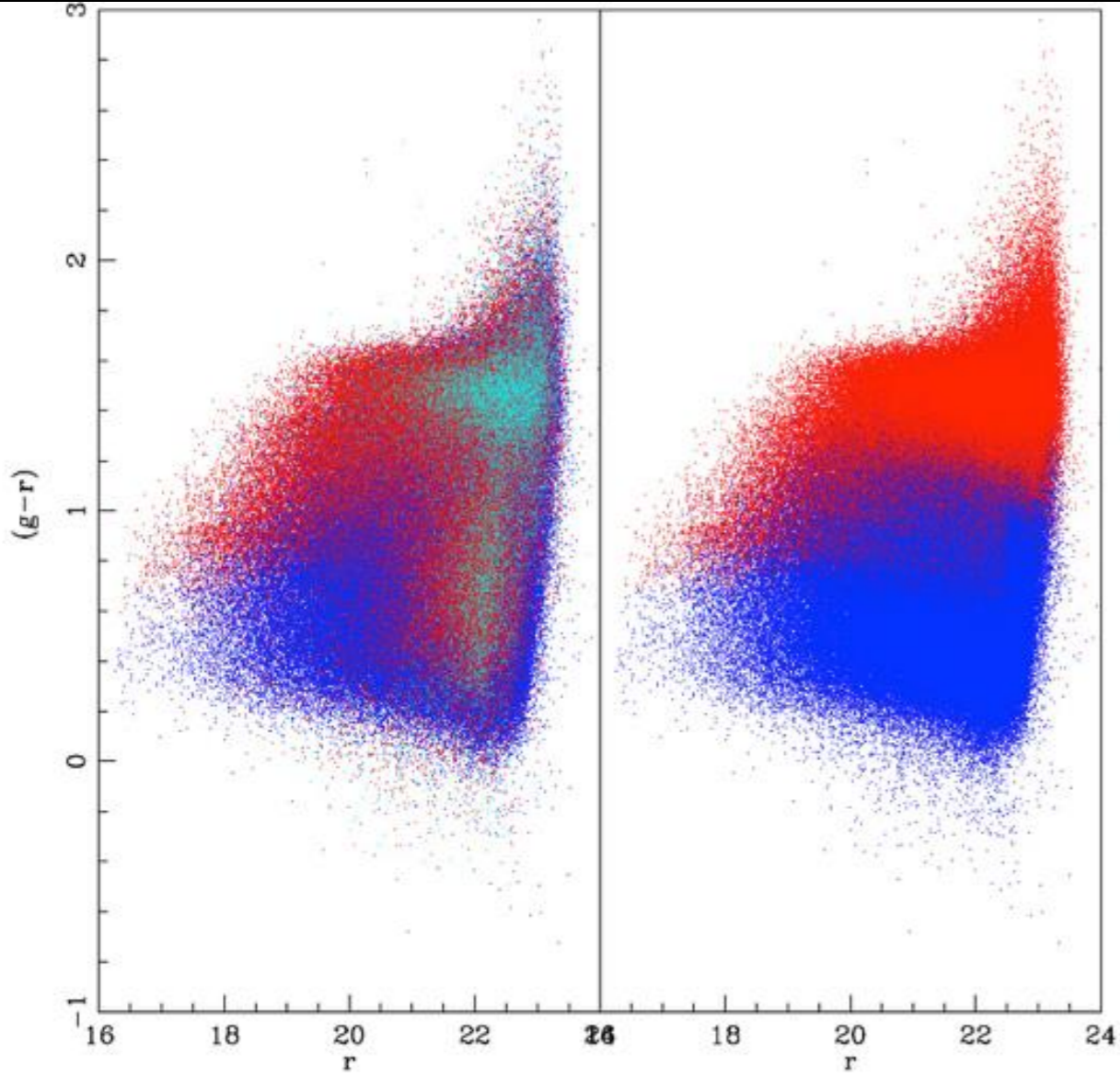


Seçilmiş 3 CFHTLS Galaksisi için GALFIT sonucu

Obj Name = 43
Chi² = 1.486
n = 0.72 ± 0.01
component = 1
Sersic

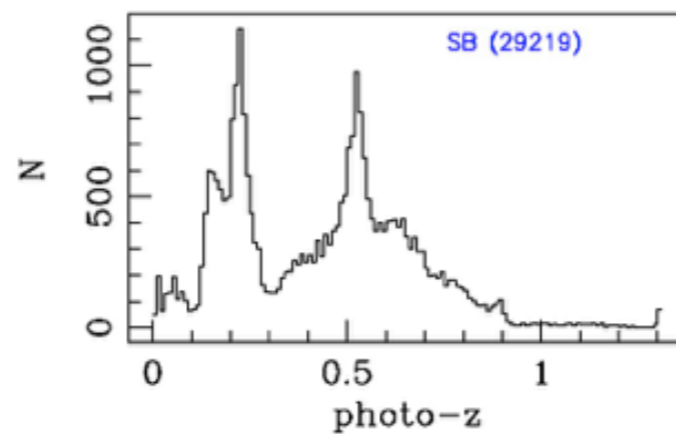
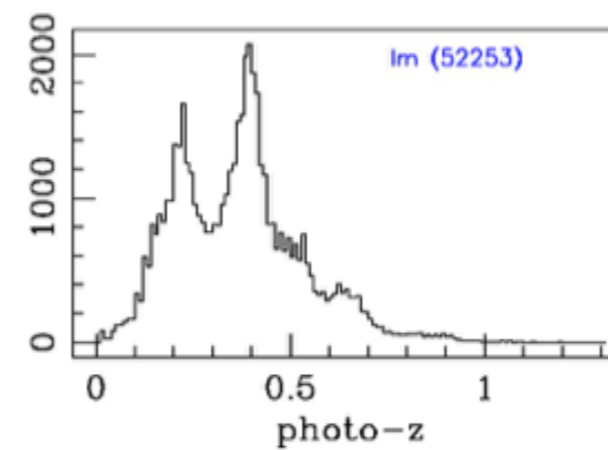
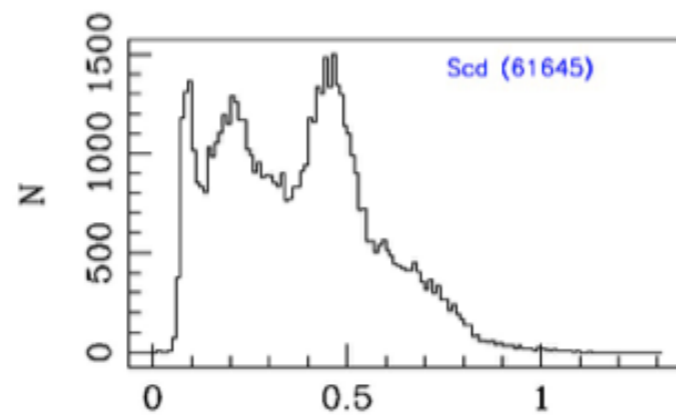
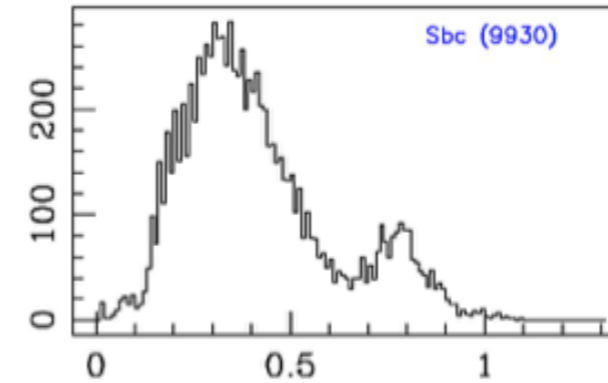
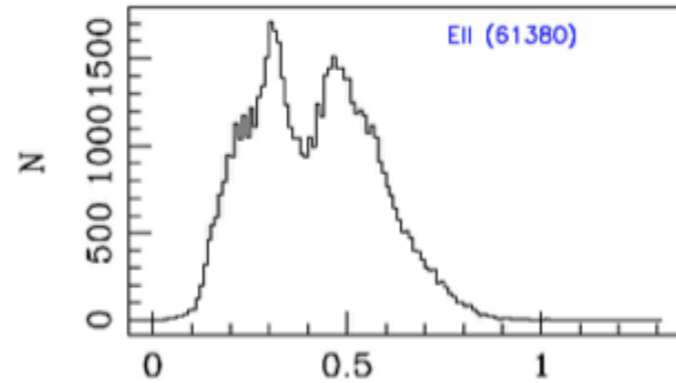


W1 Galaksilerinin Renk - Kadir diyagramı (LePHARE tipleri ile Sersic tip karşılaştırılması)

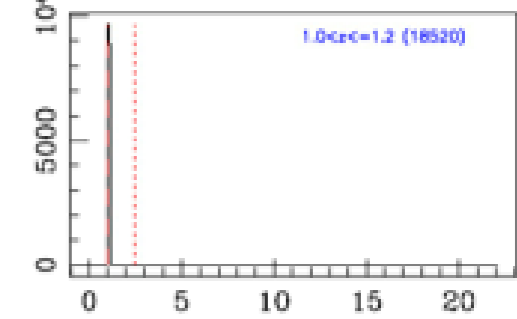
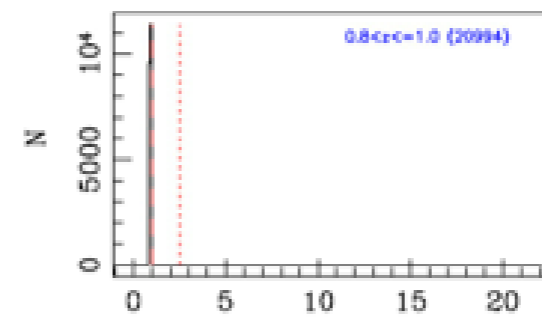
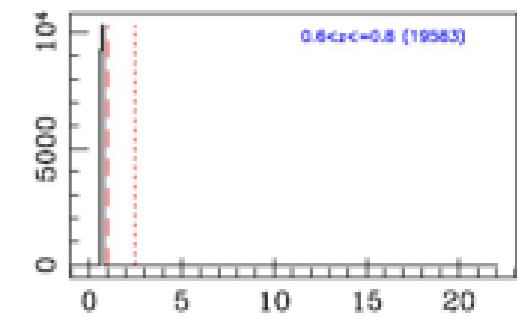
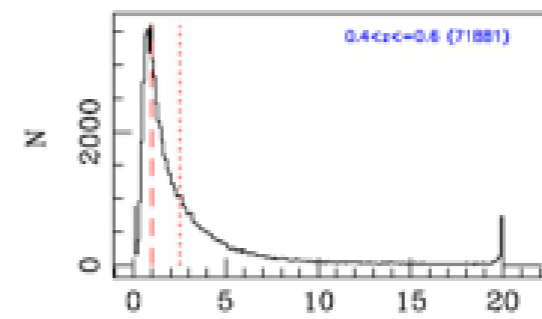
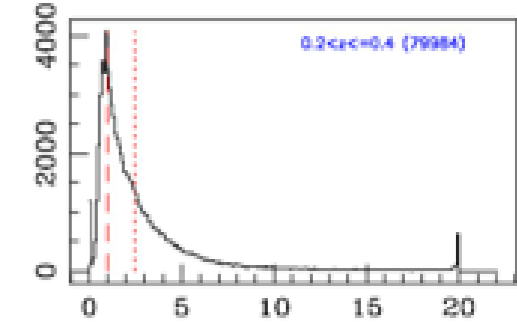
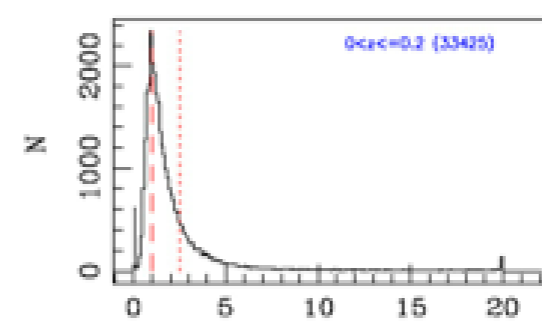
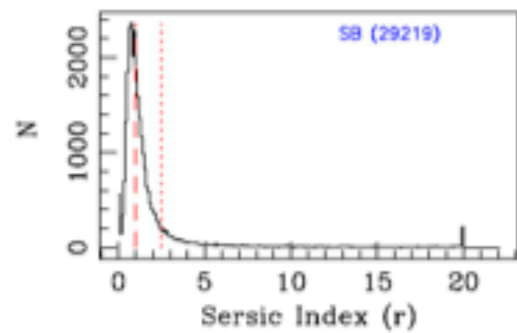
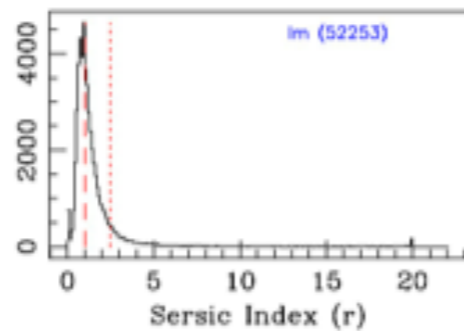
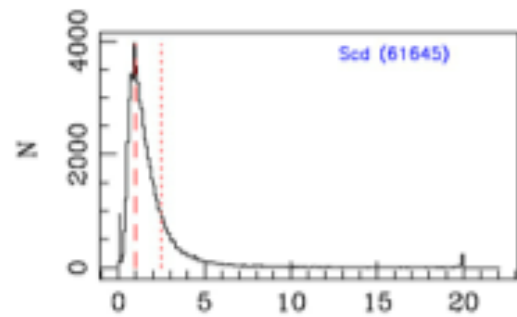
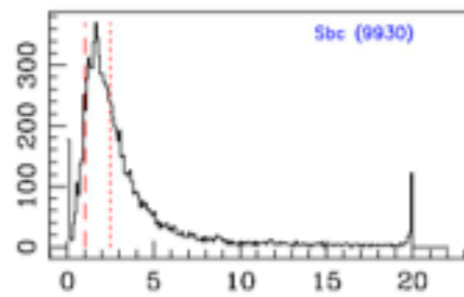
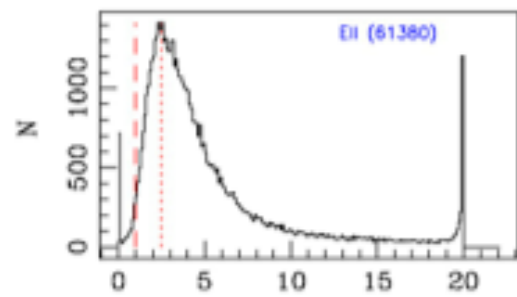


557386 galaksi i” bandında galaksiler 21 kadir parlaklığında kesilerek $16 \leq i \leq 21$ 214427 adet galaksi vardır.

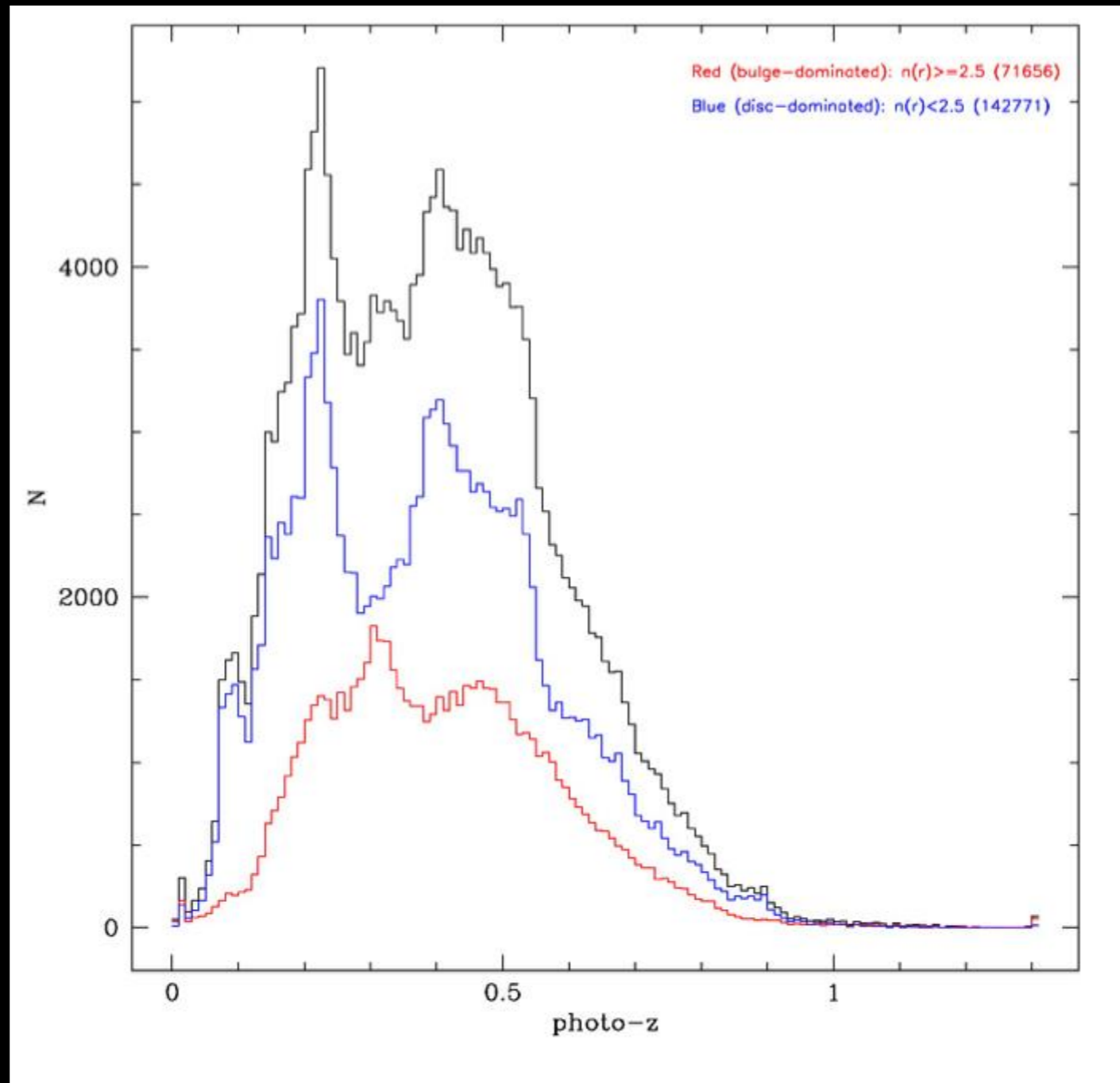
W1 Galaksilerinin LePHARE tiplerinin z dağılımları



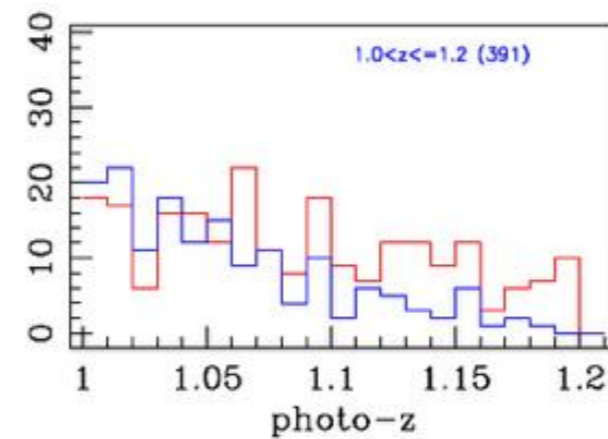
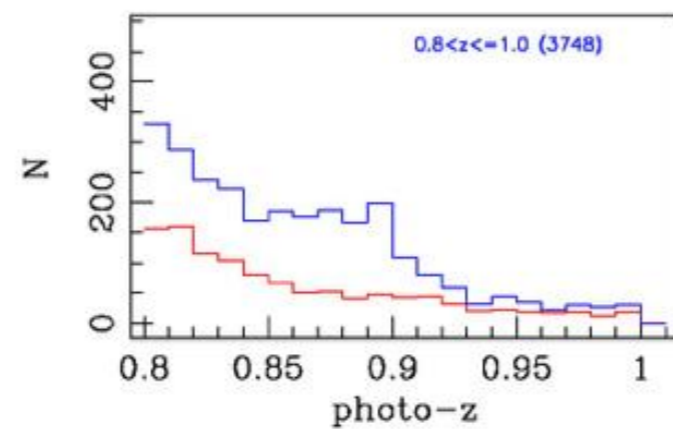
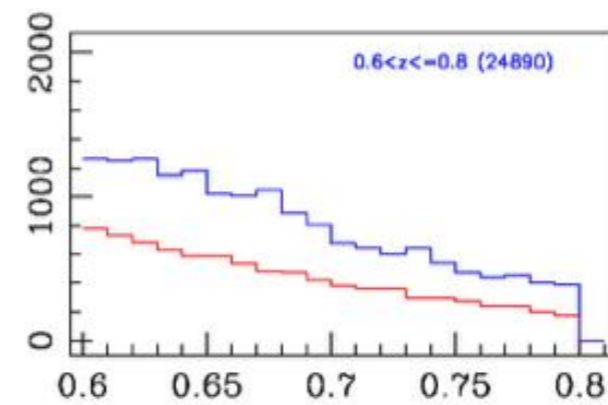
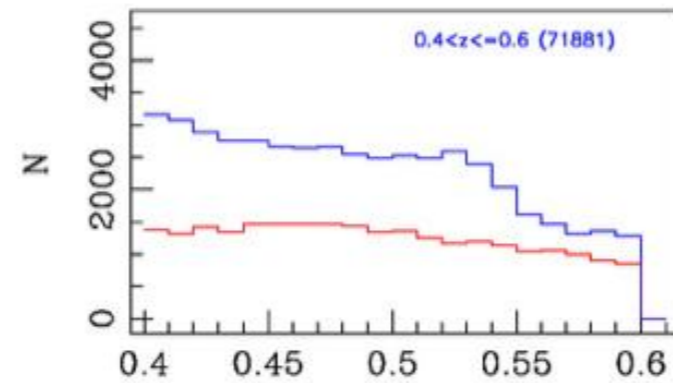
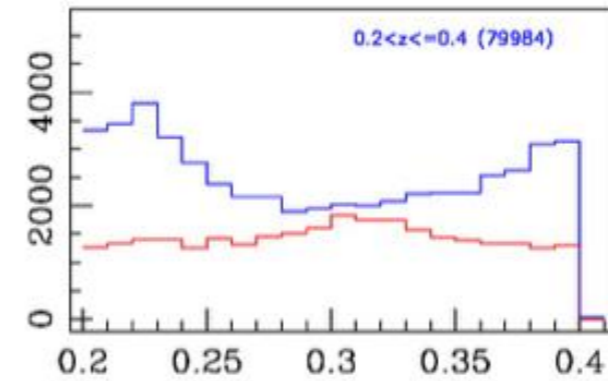
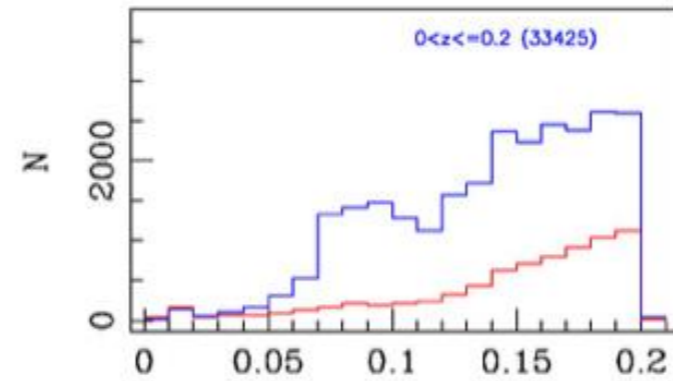
W1 galaksilerinin LePhare tip - Sersic tip karşılaştırmaları



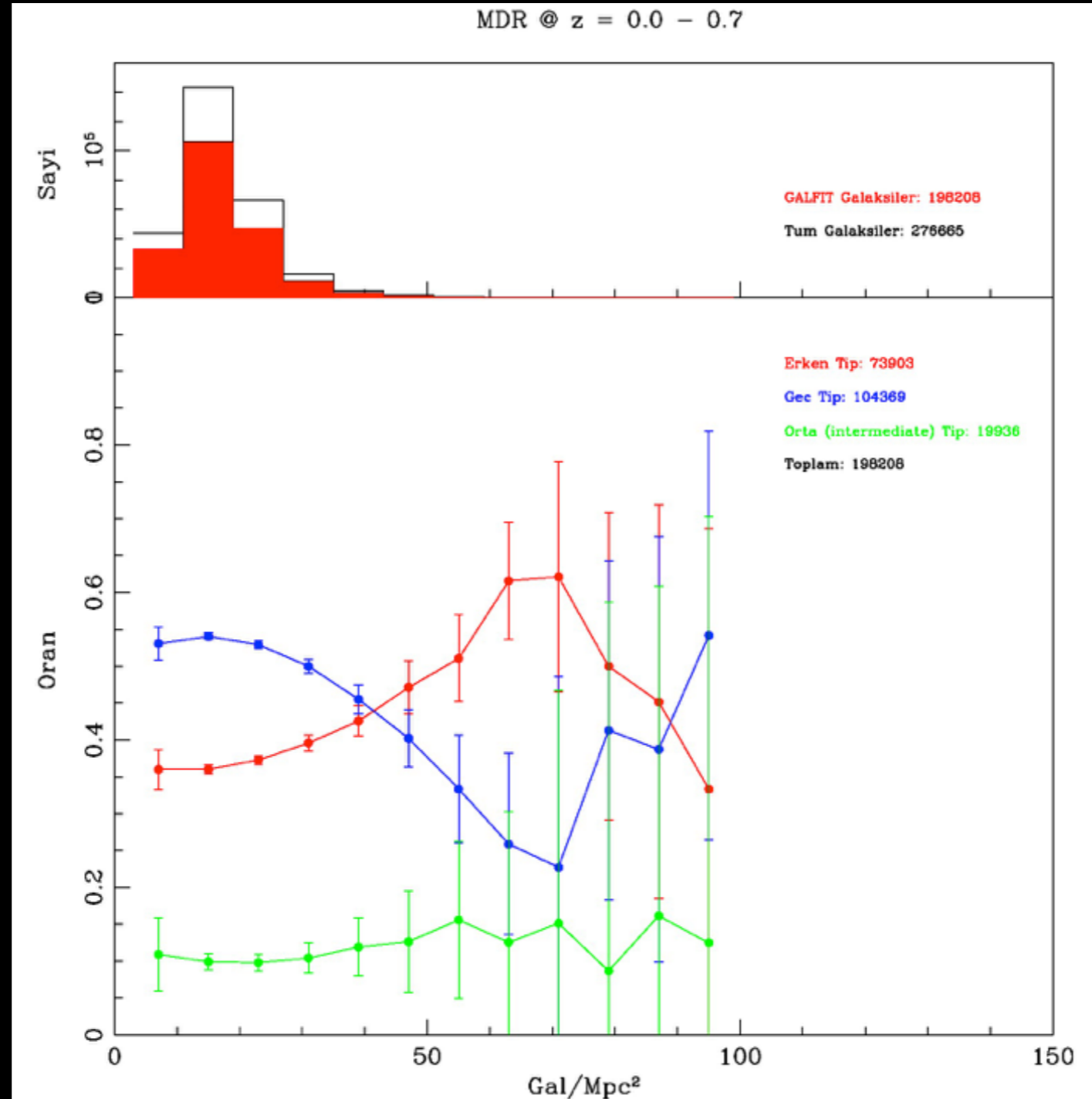
W1 Galaksilerinin bulge disk ayrımı dağılımları



W1 galaksilerinin z dağılımları

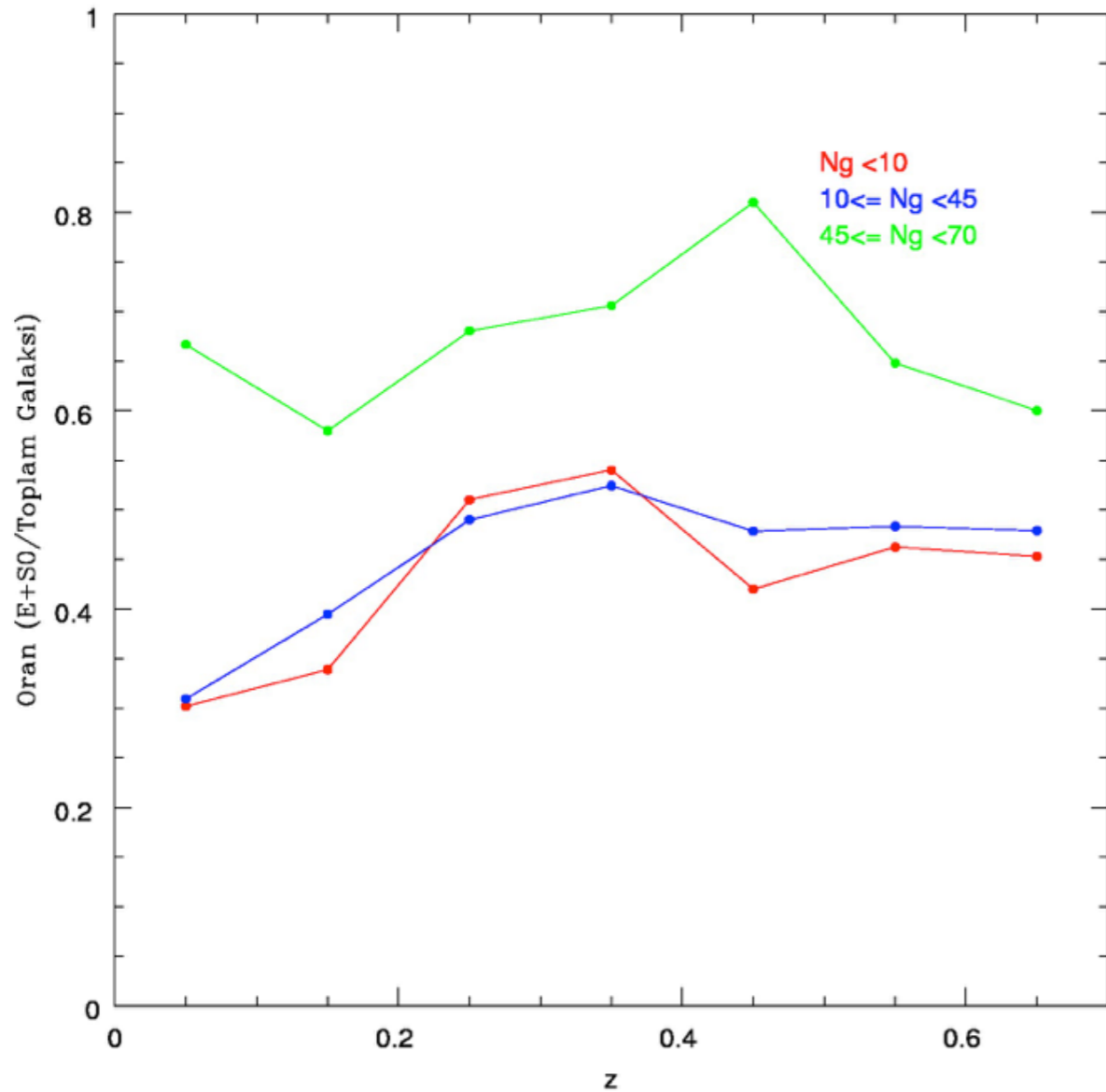


Morfoloji - Yoğunluk İlişkisi $0 < z < 0.7$



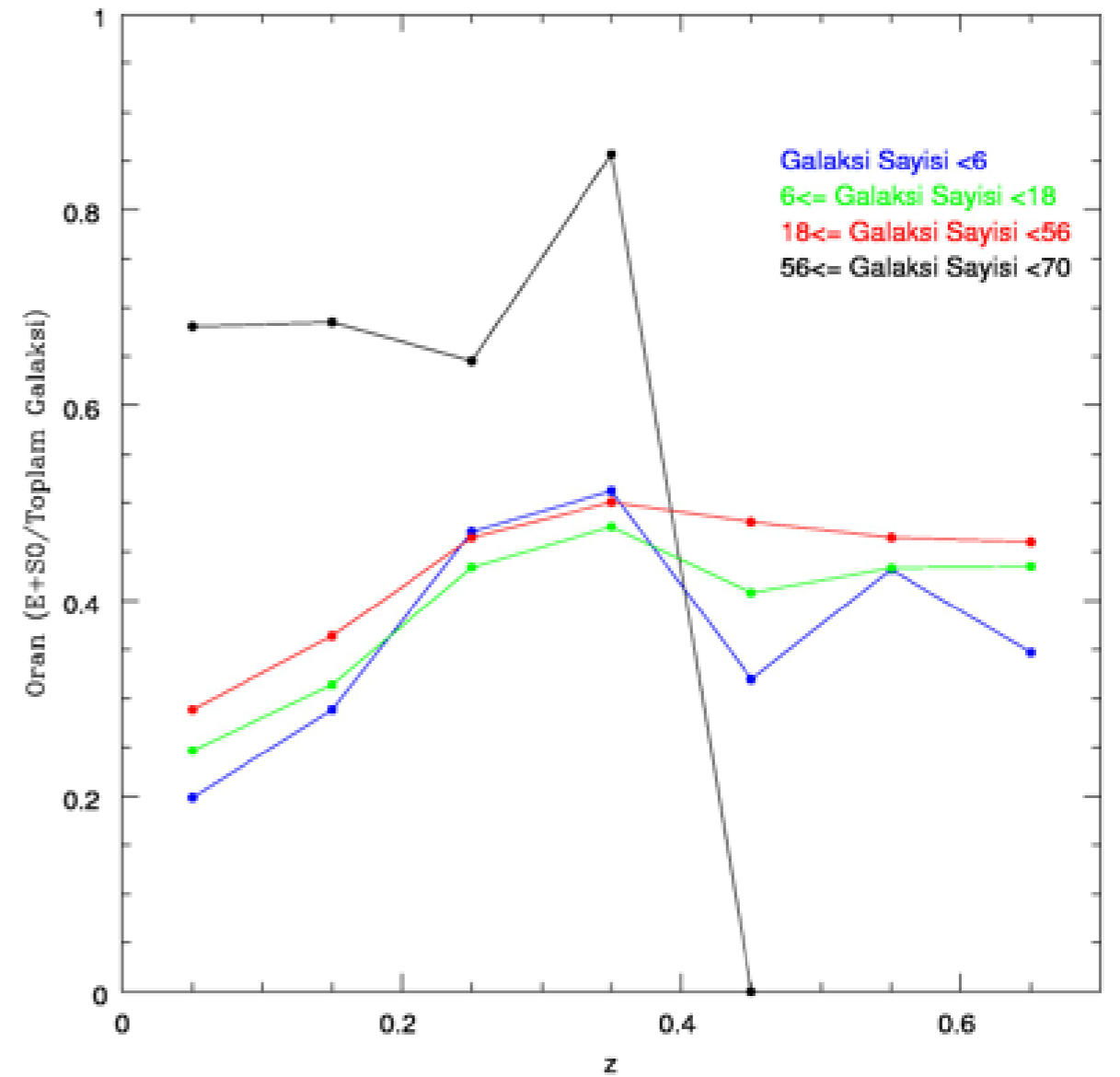
Morfoloji - Yoğunluk İlişkisinin Evrimi @ $0 < z < 0.7$

MDR Evrimi @ $z = 0.0 - 0.7$



Smith ve diğ. 2005 karşılaştırılması

Alanda MDR Evrimi @ $z = 0.0 - 0.7$



Capak ve diğ. 2007 karşılaştırılması

Sonuçlar - 1

- CFHTLS gökyüzü taramasının W1 bölgesi verileri kullanılarak 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.
- Bu sayede 557386 galaksinin morfolojik tanımlaması yapılmış, bunlardan 214427 tanesinin buldukları ortamdaki sayı yoğunlukları hesaplanmıştır.
- $z \approx 0.8$ 'e kadar galaksilerin morfoloji – yoğunluk ilişkisi ortaya konmuş 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 tez çalışmasında incelenmiştir. Bu inceleme sırasında CFHTLS W1 bölgesi verilerinin sınırları da görülmüştür. İlk defa çalışılan veriler olduğundan verilerin analizlerinde bazı zorluklarla karşılaşmıştır.

Sonuçlar - 2

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 (Capak 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. Ancak bu çalışmadaki karşılaşılan maskeleyen problemlerinden ötürü yoğun küme ortamları tam olarak çözülemediğinden yoğun ortamlar için elde edilen galaksi sayısı nispeten daha düşük olmuştur

Sonuçlar - 3

- Bu çalışmada düşük yoğunluklu ortamlar için elde edilen morfoloji – yoğunluk ilişkisinin pek evrim göstermediği bulunmuştur.
- Özellikle düşük yoğunluklarda $z \sim 0.35$ '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. Capak ve diğ. 2007'de düşük yoğunluklu ortamlarda $z > 0.4$ olan kırmızıya kaymalarda evrim bulunamamıştır. Düşük yoğunluklu ortam için elde edilen bu sonuç aynı zamanda Smith ve diğ. (2005) ile uyumludur.

Teşekkürler

- Bu çalışma, 1059B141100066 kod numaralı TÜBİTAK - 2214 Yurtdışı Doktora Araştırma Bursu ile desteklenmiştir.
- Bu çalışma, 27241 kod numaralı İstanbul Üniversitesi BAP projesi ile desteklenmiştir.