

Eliptik Galaksilerin Gaz İçeriğine Çevrenin Etkileri



E. Kaan Ülgen¹, Sinan Aliş¹, F. Korhan Yelkenci¹, Yüksel Karataş¹, Süleyman Fişek¹

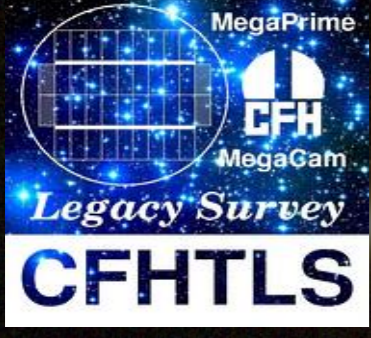
¹İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 34119, Beyazıt-İstanbul

Özet

Bu çalışmada, CFHTLS-W1 alanından belirlenen, farklı ortam yoğunluklarında bulunan eliptik galaksilerin yıldız oluşum hızları karşılaştırılmaktadır. 72 derececelik CFHTLS-W1 alanında $M(r) \leq -21$ parlaklık sınırı altında 215590 eliptik galaksi belirlenmiştir. Bu eliptik galaksilerin; izole ve alan eliptikleri olarak ayrımı yapılmış ve iki farklı ortama ait örneklem oluşturulmuştur. Ayrıca Liu ve ark. (2012) çalışmasında verilen galaksi kümesi merkezi parlak galaksileri de üçüncü bir örneklem olarak çalışmaya katılmıştır. Böylece, en az yoğunundan en yoğununa doğru değişen çevrelerde bulunan üç farklı eliptik galaksi türünün yıldız oluşum hızları (Star Formation Rate - SFR) karşılaştırılabilir. Çalışmada kullanılan fotometrik veriler CFHTLS taramasından, yıldız oluşum hızlarının belirlenmesinde kullanılan tayfsal veriler ise SDSS taramasından elde edilmiştir.

Veriler ve Yöntem

Bu çalışma kapsamında kullanılan izole ve alan eliptik galaksilerine ait veriler, Canada-France-Hawaii Telescope Legacy Survey (CFHTLS) gökyüzü taramasından elde edilen beş banttaki (u, g, r, i, z) görüntüler, galaksi katalogları ve fotometrik kırmızıya kayma kataloglarından oluşmaktadır.



Bu iki farklı ortamdaki eliptik galaksiler, CFHTLS taramasının dört geniş alanından biri olan, 72 derececelik W1 alanı içerisinde belirlenmiştir. W1 alanında parlaklıkları ölçülmüş ve kırmızıya kaymaları fotometrik yolla (photo-z) belirlenmiş, $M(r) \leq -21$ parlaklık aralığında 215590 eliptik galaksi bulunmaktadır. CFHTLS verilerine eşlik eden fotometrik kırmızıya kaymalar ve spektral tipler LePhare (Arnouts ve ark., 1999) programı ile hesaplanmış ve tüm veriler ile birlikte Terapix (IAP, Paris) tarafından sunulmuştur.

215590 eliptik galaksi incelendiğinde ilk olarak farklı ortamlara ait eliptik galaksi örneklemi oluturuldu. İzole olan eliptikler; Smith ve ark. (2004) tarafından verilen izole olma kriteri uygulanarak belirlenmiştir. Buna göre bir galaksinin izole olarak tanımlanabilmesi için;

- 0.5 Mpc'lik yarıçap içerisinde kendisiyle parlaklık farkı 2.2 kadirinden daha az,
- 1 Mpc'lik yarıçap içerisinde kendisiyle parlaklık farkı 0.7 kadirinden daha az

bir galaksi bulunmamalıdır. Bu koşullar altında galaksilerin kırmızıya kayma değerleri de dikkate alınarak 0.5 Mpc ve 1 Mpc'lik yarıçaplara karşılık gelen açılal büyüklükler hesaplanmıştır. Herbir aday galaksinin izole olup olmadığı, bu şartlar arasında araştırılmıştır. İkinci galaksi örneklemimiz olan alan eliptik galaksileri ise $M(r) \leq -21$ parlaklık sınırı altında 215590 eliptik galaksi içerisinde izole ve küme üyesi eliptik galaksiler çıkarıldığında geriye kalan galaksiden oluşmaktadır.



Bu çalışma kapsamında kullanılan son eliptik galaksi örneklemini, Liu ve ark. (2012)'nin çalışmasından alınmıştır. Liu ve ark. (2012) Sloan Digital Sky Survey (SDSS) verilerini kullanarak küme merkezi parlak galaksileri (Brightest Cluster Galaxies - BCGs) belirlemiştir.

Bu çalışma kapsamında ilgili galaksilerin gaz içeriklerini incelerken yıldız oluşum hızlarına ve renk dağılımlarına bakıldı. Üç farklı eliptik galaksi türünün yıldız oluşum hızları karşılaştırılmadan önce ilk olarak ilgili galaksilerin yıldız oluşum aktivitesi gösterip göstermediği belirlendi. Bu sebeple Baldwin - Phillips - Terlevich (1981) tarafından geliştirilen BPT diyagramı kullanılmıştır. BPT diyagramı galaksilerin emisyon çizgileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Bir galakside gözlenen emisyon çizgileri, kütleli OB yıldızlarının (yıldız oluşumu gösteren bölgelerde bulunurlar) ya da bir AGN'nin varlığına işaret etmektedir (Lacerna ve ark., 2015). BPT diyagramı kullanılarak temel olarak galaksiler üç sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar yıldız oluşumu gösteren galaksiler (SF - Star Formation), geçiş sınıfı galaksileri (Composite) ve AGN (Active Galactic Nuclei) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çalışma kapsamında emisyon çizgileri baskın olan galaksileri sınıflandırmak için $[OIII]/H\beta$ ve $[NII]/H\alpha$ çizgi oranları kullanılmıştır. İhtiyaç duyulan tayfsal veriler SDSS gökyüzü taraması içerisindeki "emissionLinesPort" tablosundan alınmıştır (SDSS DR-12). Günümüzde bir galaksinin sahip olduğu yıldız oluşum aktivitesinin yerel galaksi yoğunluğuna ve yıldız kütlelerine (galaksinin gaz bileşenine) güçlü bir şekilde bağlı olduğu görülmektedir (Kauffmann ve ark., 2004). Bu bilgi ışığında BPT diyagramına göre yıldız oluşumu gösteren galaksiler ile geçiş sınıfı galaksilerinin yıldız oluşum hızları hesaplanmıştır. İlgili galaksinin yıldız oluşum hızı, $H\alpha$ emisyon değerine dayanmaktadır. Bu sebeple ilk olarak "emissionlinesport" tablosundan ilgili galaksiye ait $H\alpha$ emisyon akı değeri alınmıştır. İkinci aşama olarak ilgili galaksiye ait ışınım gücü değeri hesaplanmıştır. Son olarak Kennicutt (1998) tarafından verilen formül kullanılarak ilgili galaksiye ait yıldız oluşum hızı belirlenmiştir.

$$SFR(H\alpha) = 7.9 \times 10^{-42} L_{H\alpha} M_{\odot} yr^{-1} \quad (1)$$

Bu şekilde en az yoğunundan en yoğununa doğru değişen çevrelerde bulunan üç farklı eliptik galaksi türünün yıldız oluşum hızları karşılaştırılabilir.

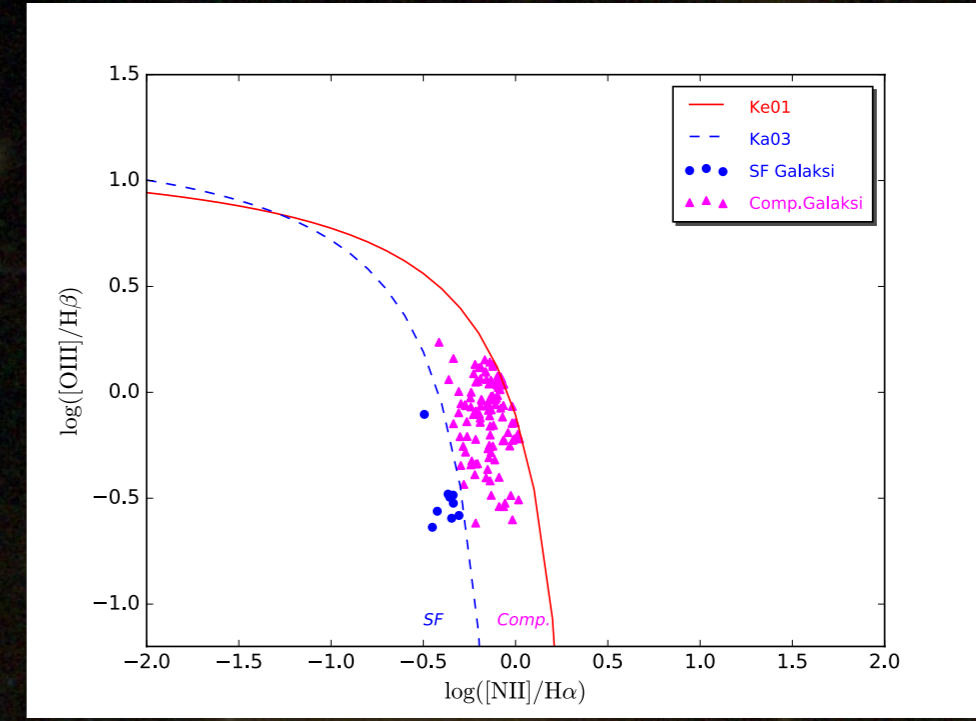
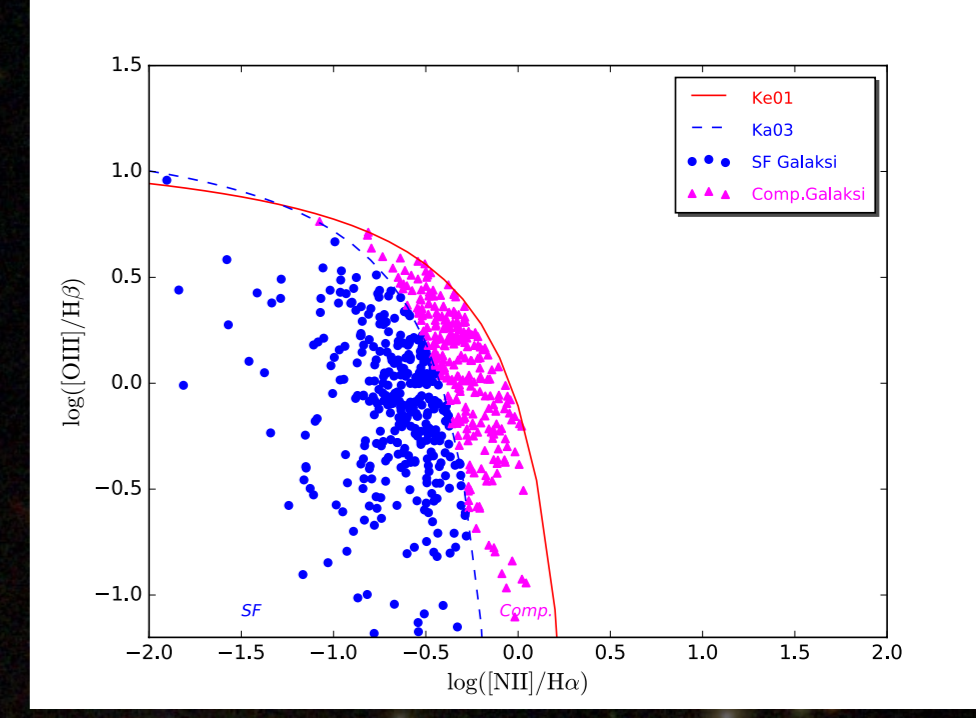
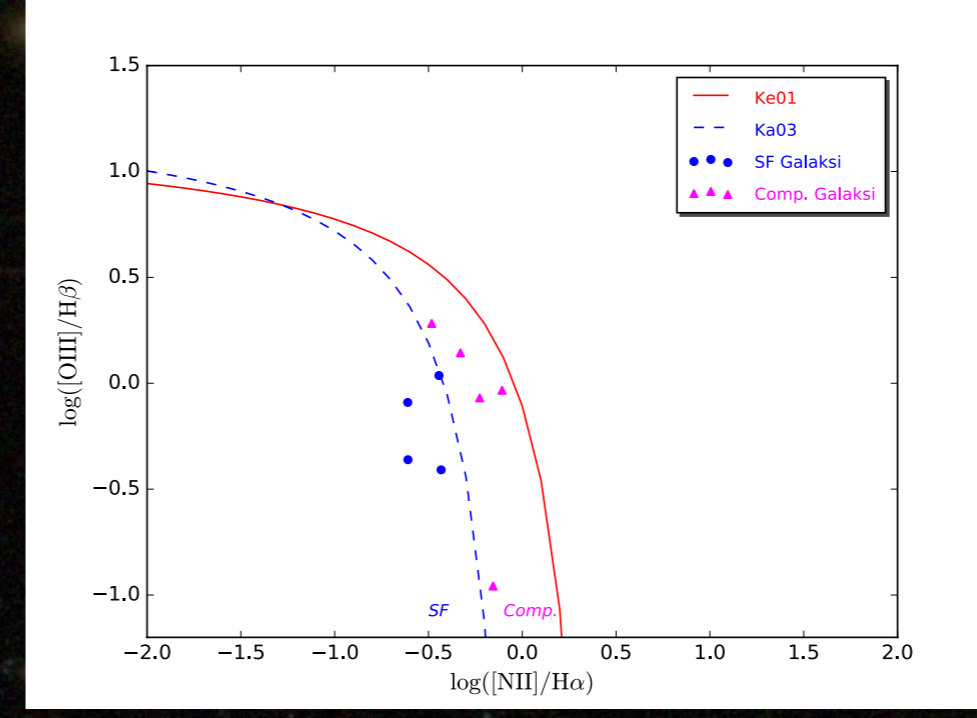
Bulgular

Yukarıdaki bölümde verilen koşullar altında CFHTLS-W1 alanında, $M(r) \leq -21$ parlaklık sınırı altında, izole ve alan eliptikleri olarak ayırım yapılmış ve iki farklı ortama ait örneklem oluşturulmuştur. Yapılan inceleme sonucunda toplam 60 izole eliptik ve 213372 alan eliptik galaksisi belirlenmiştir. SDSS verisi kullanılarak Liu ve ark. (2012) tarafından belirlenen merkezi parlak galaksilerin sayısı ise 120'dir. Bu çalışma kapsamında ilk olarak üç farklı eliptik galaksi türünün BPT diyagramları oluşturulmuştur. Oluşturulan BPT diyagramlarında yıldız oluşumu gösteren galaksiler ile geçiş sınıfı galaksiler dikkate alınıp, AGN olanlar dışlanmıştır (Şekil-1). Üç farklı eliptik galaksi türü içerisinde bulunan bazı galaksilerin tayfsal verilere ulaşamamıştır. Bunun başlıca sebepleri; SDSS içerisindeki bazı galaksilerin tayfsal ölçümleri yapılmış olsa da sahip oldukları çizgi akı değerleri tam olarak belirlenememiş olması veya ilgili galaksinin gözleminin yapılmamış olmasıdır. Bütün bu etkiler hesaba katıldığında 9 izole eliptik, 605 alan eliptik ve 120 merkezi parlak eliptik galaksi için incelemeler yapılmıştır.

Kennicutt (1998) tarafından verilen formül kullanılarak üç farklı eliptik galaksi türü için hesaplanan yıldız oluşum hızları Tablo-1'de verilmektedir. Elde edilen değerler ışığında merkezi parlak eliptikler, diğer iki eliptik türüne göre daha büyük yıldız oluşum hızına sahiptir.

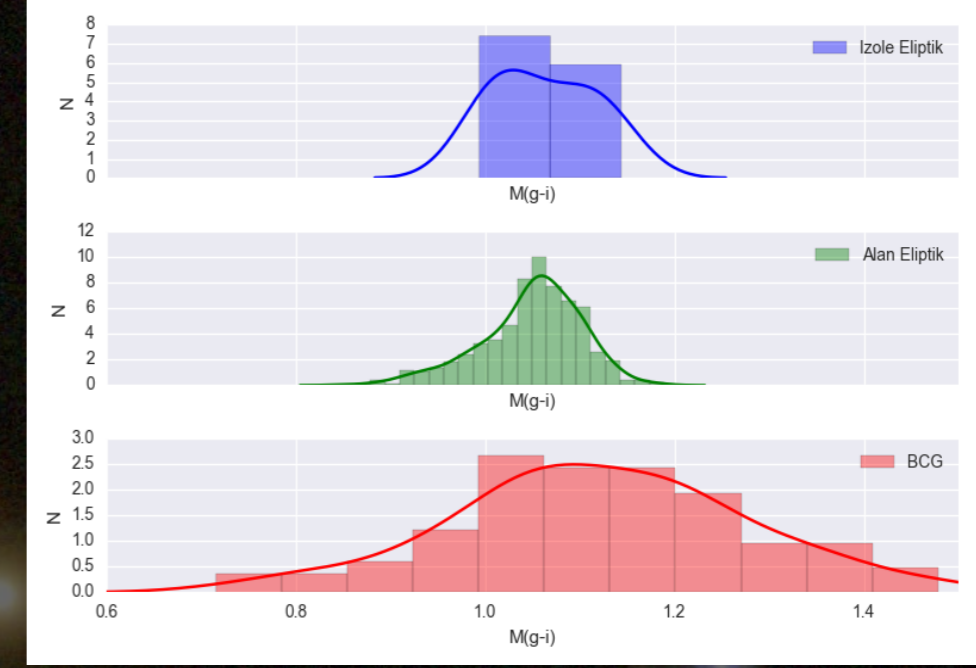
Tablo - 1: Üç farklı eliptik galaksi türü için hesaplanan SFR değerleri

SFR	Aralık ($M_{\odot} yr^{-1}$)	Ortalama $M_{\odot} yr^{-1}$
İzole Eliptik	0.050 < SFR < 1.136	0.293
Alan Eliptik	0.02 < SFR < 8.580	0.452
BCG	0.16 < SFR < 129.9	7.7



Şekil - 1: Mavi ve kırmızı kesikli çizgiler sırasıyla Ka03 (Kauffmann, 2003) ve Ke01 (Kewley, 2001) teorik çizgileridir. Mavi noktalar yıldız oluşumunu gösteren galaksiler (Ka03 çizgisinin altında kalanlar), magenta renkteki üçgenler ise geçiş sınıfı galaksiler (Ke01 ile Ka03 çizgileri arasında kalanlar) olarak sınıflandırılmıştır.

Üç farklı eliptik galaksi türü g-i renk dağılımına göre karşılaştırıldıklarında, hemen hemen benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şekil-2). İzole eliptikler için ortalama g-i renk değeri 1.063, alan eliptik galaksiler için 1.049, BCG'ler için ise 1.120 olarak hesaplanmıştır.



Şekil - 2: Üç farklı eliptik galaksi türüne ait mutlak parlaklık g-i renk dağılımı

Tartışma ve Sonuç

Dressler'in (1980) ortaya koyduğu morfoloji - yoğunluk ilişkisine göre galaksi grupları ve galaksi kümeleri gibi en yoğun ortamlarda, eliptik galaksiler diğer galaksilere göre sayıca fazladır. Bunun temel sebebi; eliptik galaksilerin, artan ortam yoğunluğu ile galaksi çarpışmaları ve galaksi birleşmeleri yoluyla oluşmasıdır. Galaksi kümelerinin merkezi parlak galaksileri (BCGs) eliptik galaksilerin bir alt türü olarak evrendeki en parlak ve en büyük kütleli galaksilerdir. BCG'ler küme içi etkileşimlere çok fazla maruz kaldığı için yıldız oluşuma dair izler saptanmıştır (O'Dea ve ark., 2008; Quillen ve ark., 2008; Liu ve ark., 2012). Bu çalışma kapsamında da BCG'lerin diğer iki farklı ortamda bulunan eliptik galaksilere göre yıldız oluşum hızları daha fazladır (Tablo - 1). Bununla birlikte en az yoğun ortam içerisinde bulunan izole eliptik galaksilerin oluşum senaryoları hakkında tartışmalar hâlâ sürmektedir. Şimdiye kadar, fakir grupların kendi üzerine çökmesinden, çoklu galaksi birleşmelerine kadar farklı oluşum senaryoları önerilmiştir (Mulchaey & Zabludoff 1999; Reda ve ark., 2004, 2007). Bu çalışma kapsamında izole eliptiklerin özellikle BCG'lerin aksine daha düşük yıldız oluşum hızına sahip oldukları görülmüştür. Tablo-1 de verilen yıldız oluşum hızları incelendiğinde, izole eliptiklerin diğer iki eliptik türüne göre daha az gaz miktarına sahip oldukları sonucuna varabiliriz.

Çalışmamızda ilgilendiğimiz eliptik galaksilerin g-i renk dağılımları gözönüne alındığında buldukları çevreden bağımsız olarak benzer bir renk dağılımı gösterdikleri belirlenmiştir (Şekil-2). Bu sonuçlar doğrultusunda eliptik galaksilerin evriminde çevre koşullarının, galaksilerin rengi üzerinde pek bir etkisi olmadığı yorumu yapılabilmektedir. Bu çalışma sonucunda elde edilen bu bulgu, hem Reda ve ark. (2004)'nin hem de Lacerna ve ark. (2015)'nin yapmış oldukları çalışmalarla tutarlıdır.

Farklı çevreler içerisinde bulunan üç farklı eliptik galaksi türünün yıldız oluşum hızları incelendiğinde, az yoğun ortamlarda çok yoğun ortama gidildikçe eliptik galaksilerin göreceli olarak daha fazla gaz miktarına sahip oldukları görülmüştür. Bununla birlikte gaz miktarındaki farklılığın, eliptik galaksilerin renk dağılımı üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Arnouts, S. ve ark., 1999, MNRAS, 310, 540
- [2] Baldwin J. A., Phillips M. M., Terlevich R., 1981, PASP, 93, 5
- [3] Dressler, A., 1980, ApJ, 236, 351
- [4] Kauffmann, Guinevere ve ark., 2003, MNRAS, 346, 1055 (Ka03)
- [5] Kauffmann G. ve ark., 2004, MNRAS, 353, 713
- [6] Kennicutt Jr. R. C., 1998, ARA&A, 36, 189
- [7] Kewley L. J. ve ark., 2001, ApJ, 556, 121 (Ke01)
- [8] Lacerna ve ark., 2015, A&A, 588, 22
- [9] Liu F. S. ve ark., 2012, MNRAS, 423, 422
- [10] Mulchaey J. S., Zabludoff A. I., 1999, ApJ, 514, 133
- [11] O'Dea C. P. ve ark., 2008, ApJ, 681, 1035
- [12] Quillen, A. C. ve ark., 2008, ApJS, 176, 39
- [13] Reda, F. M. ve ark., 2004, MNRAS, 354, 851
- [14] Reda F. M. ve ark., 2007, MNRAS, 377, 1772
- [15] Smith, R. M. ve ark., 2004, ApJ, 617, 1017