

Seçilmiş Galaksilerde Galaksi Kütlesi ve Merkezi Karadelik Kütlesi Arasındaki İlişki

Alper Ateş^{1,2}★, Cenk Kayhan²

¹Yeditepe Üniversitesi, Fizik Bölümü, İstanbul

²İSTEK Bilim Merkezi, İstanbul

Özet

Bu çalışmada yerel evrende ($z < 0.05$) seçilen 89 sarmal gökadanın kütleleriyle ($M_{G(r)}$), gökada merkezlerinde bulunan süper kütleli karadeliklerin kütleleri (M_{\bullet}) karşılaştırılmış, aralarında olası bir ilişki incelenmiştir. Örnek gökadalardan kütlelerinin $10^{9.5} - 10^{13} M_{\odot}$ karadelik kütlelerinin ise $10^{6.08}$ ile $10^{8.37} M_{\odot}$ arasında olduğu hesaplanmış, her iki değer arasında doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmiştir.

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

1 Giriş

Gökada yapısının en önemli bileşeni geçtiğimiz 30 yıl içinde varlığı gözlemsel olarak kanıtlanan süper kütleli karadeliklerdir. Özellikle simetrik yapı gösteren gökadalardan merkezlerinde kütleleri $10^6 - 10^9 M_{\odot}$ ölçeğinde karadeliklerin bulunduğu kesinlik kazanmış durumdadır. Karadeliklerin ışık kaynağı olmaması varlıklarını uzun zaman gizlediği gibi haklarında doğrudan çalışma yapılmasını da engeller. Bu nedenle karadelikler konusunda yapılan tüm çalışmalar karadeliklerin etkilediği nispeten yakın olan yıldız veya gaz hareketleriyle yapılır. Gökada yarıçapları 10^5 parsek ölçeğinde olduğundan karadeliklerin çekimsel etkileri gökadanın çoğu üyesi tarafından hissedilmez. Buna rağmen şişkin bölgedeki yıldızların hızları doğrudan doğruya karadelik kütleleriyle orantılıdır (Gebhardt (2000); Ferrarese (2006); Tremaine (2002)). Bu durum ev sahibi gökadalarda, merkezi karadelik arasında evrimsel bir bağ olduğuna işaret eder.

Gökada-Karadelik ikilisinin ortak evrimini inceleyebilmek için önemli bir kıyas nispi kütle oranıdır. Ferrarese (2006) karadelik kütlelerinin toplam kütlelerin yaklaşık %0,2'sine denk geldiğini önermiştir. Beifiori (2012) gökada kütleleri ve ışınımının karadelik kütlelerini ölçmekte kullanılabilecek ölçekler olduğunu belirtmiştir. Işıma, yıldızsal kütleyle doğrudan ilişkili olduğundan bu bağıntı ev sahibi gökadanın içerdiği gaz veya karanlık maddeyi dikkate almamaktadır. Bununla birlikte yazarlar özellikle eliptik ve yaygın gökadalardan için $M_{\bullet}-M_{G(r)}$ bağıntısının çok belirgin olduğunu söylemektedir. Reines (2015) makalede 79 normal ve 262 geniş çizgi içeren aktif gökadayı dayanak yıldızsal kütle ile karadelik kütleleri arasında ilişki olduğunu önermektedir. Kormendy (2013), McConnell (2013) ve Haring (2004)in verileri de benzer bir ilişki göstermektedir. Bununla beraber yazarlar tek bir fit uygulamanın doğru olmadığını, hedeflerin farklı karakterde olduğunu vurgulamaktadır.

2 Veri

Çalışmada aynı yapısal özelliklere sahip düşük kırmızıya kayma gösteren gökadalardan seçilmiştir. Bunun nedeni yakın gökadalardan ait verilerin daha sağlıklı olmasının yanı sıra dinamik yapısı karmaşık sarmal sanılabilecek halka gökadalardan veya merger

gökadalardan elemek için optik görüntülere ihtiyaç duyulmasıdır. Çalışmada kullanılan veriler bir kaç farklı kaynaktan derlenmiştir. Gökada kütlelerinin hesaplanması için dinamik veriler Springbob (2006) kataloğundan alınmıştır. Bu katalogta 8850 gökadayı ait radyo yöntemlerle elde edilmiş dairesel hızlar yer almaktadır. Gökada uzaklıkları, Sorce (2017) ve buna ek olarak NED ve SIMBAD'dan derlenmiştir.

Süper kütleli karadeliklerin kütle ölçümü için Sloan Digital Sky Survey 13. Veri Sürümü kullanılmıştır. Cornell kataloğuyla eşleşen gökadalardan [OIII] çizgisi incelenerek sinyal/gürültü oranı düşük olanlar elenmiş, kütle hesaplanabilen 9000'e yakın gökadanın 84 Sa, Sb ve Sc sarmal ve 5 ara tür gökada seçilmiştir.

3 Yöntem

V_r hızıyla dönmekte olan r yarıçapına sahip bir diskin kütleli basit kinematik bağıntıya göre

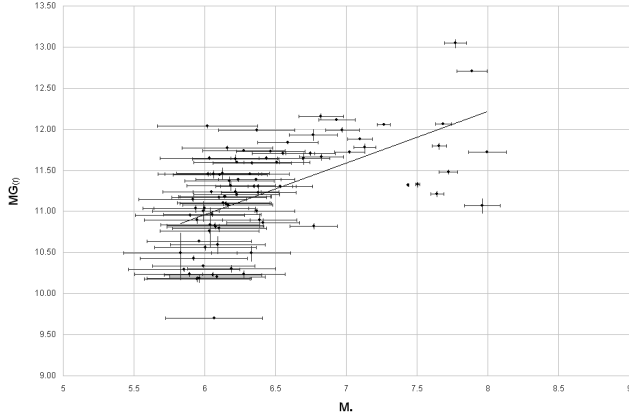
$$M_r = \frac{V_r^2 r}{G} \quad (1)$$

dır.

Burada G evrensel çekim sabitidir. Disk gökadalarda nötr hidrojenle ait 21 cm dalgaboyu dönme hızını ölçmemize yarar. Hidrojenin homojen şekilde dağıldığını varsayarsak HI salma çizgisinde görülen çift tepe gökada çevresinde dönmekte olan gazın izidir ve maksimum dönme hızını ölçmek için uygun bir göstergedir. Cornell kataloğunda verilen dönme hızları Chen-galun (1993) ve Haynes (1999) tarafından önerilen yöntemle ölçülmüştür. Hızlar, cihazsal hatalar, kozmolojik kırmızıya kayma, gazın iç hareketleri, eğim açısı ve disk etkileri için düzeltilmiştir. ikinci parametre olan gökada yarıçapları ise Patu-ral (2003)den alınmıştır. Bu katalogta optik yarıçaplar ve eksen oranları B bandında 25 *kadir/yaysaniyesi*² limiti uygulanarak ölçülmüştür. Yazarlara göre bu yöntem 2 yay saniyesi duyarlılıkta sağlıklı sonuç vermektedir.

Hedef gökadalardan sınırları kesin, katı cisimler olarak varsayarsak optik yarıçaplar, uzaklık bilgisi ve temel trigonometri yöntemleriyle hesaplanabilir. NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) ve Sorce (2017) verileri kullanılmıştır. 89 hedeften 26'si NED, 4 Vizier, 23'ü Sorce (2017) ve katalog verisi olmayan diğerlerinin uzaklığı Hubble yasası kullanılarak bulunmuştur ($H_0 = 73, 48 \text{ km/s/Mpc}$ Riess (2018)).

★ alper.ates@istek.k12.tr



Şekil 1. Gökada kütlelerine karşı gelen karadelik kütleleri.

Hesaplanan kütleler $10^{9,5} - 10^{13} M_{\odot}$ aralığındadır. Sonuçlar Hall (2012)da yer alan kütlelerle karşılaştırılmıştır. Hall (2012) katalogu toplam, baryonik ve yıldızsal kütleler ayrı ayrı verilmektedir. Kinematik denklemlerle hesaplanan kütleler, Hall (2012)daki toplam kütlelere oldukça yakındır. Kinematik yöntem, deneysel olduğu için gökadanın karanlık madde dahil tüm bileşenlerinin etkilerini içerir ve yıldızsal kütlede daha yüksek, toplam kütleyle yakın olması beklenen sonuçtur.

Karadelik kütlelerinin hesaplanmasında $M-\sigma_*$ bağıntısı en hızlı sonucu vermektedir. $M-\sigma_*$ bağıntısı Wang (2001), Shields (2003), Salviander (2006) ve daha sonra gelen araştırmacılarca sınanmış, durağan dalgaboyu $\lambda_{rest} = 5007 \text{ \AA}$ olan [OIII] çizgisinin dönme hızını ölçmekte kullanılabilecek bir veri olduğu anlaşılmıştır. Dar [OIII] salma çizgisinin tam genişlik, yarı yükseklik değerinin yarısı ($\sigma[\text{OIII}] = FWHM([\text{OIII}])/2.35$) yıldızsal dönme hızını veren bir ölçektir.

Gultekin (2011) karadelik kütlesi güvenilir yöntemlerle ölçülmüş 51 gökada için bağıntıyı

$$\log(M_{\bullet}/M_e) = (8, 12 \pm 0, 08) + (4, 24 \pm 0, 41) \times \log(\sigma_*/200\text{kms}^{-1}) \quad (2)$$

şeklinde vermektedir. Bu bağıntı sarmal ve eliptikler gibi farklı morfolojilere sahip gökadalardan elde edildiğinden bağıntının sarmallar için daha güvenilir bir hali Ates (2012) tarafından

$$\log(M_{\bullet}/M_e) = (8, 10 \pm 0, 16) + (2, 67 \pm 0, 66) \times \log(\sigma_*/200\text{kms}^{-1}) \quad (3)$$

şeklinde verilmiştir.

[OIII] çizgisine ait veriler SLOAN Digital Sky Survey 13. Veri Sürümünden elde edilerek hesaplanmıştır. Karadelik kütleleri $10^{6,08}$ ile $10^{8,37} M_{\odot}$ arasında değişmekte, gökadalardan %80i $10^6 M_{\odot}$ civarında toplanmaktadır.

4 Sonuç ve Tartışma

Elde edilen kütle tablosu ve grafik, gökada kütlesi ve karadelik kütlesi arasında bir bağıntıya işaret etmektedir.

Gökada kütlesi $M_{G(r)} = 10^{9,5} - 10^{12} M_{\odot}$ aralığında olan gökadalardan önemli bir kısmı $M_{G(r)} = 10^6 M_{\odot}$ ölçeğinde karadeliklere sahiptir. Gökada kütlesi $M_{G(r)} = 10^{10,5} M_{\odot}$ ve yukarı olan gökadalarda karadelik kütleleri $M_{\bullet} = 10^6 M_{\odot}$ değerine kadar yükselmektedir. Örnek gökadalardan en ağır kütleyle sahip karadelikler $M_{\bullet} = 10^{7,5} - 10^8 M_{\odot}$, bu kara-

delikler kütleleri $M_{G(r)} = 10^{11} - 10^{13} M_{\odot}$ aralığında olan 10 gökadalarda bulunmaktadır. İki değer arasındaki empirik bağıntı $M_{G(r)} = 0,6275M_{\bullet} + 7,197$ şeklindedir. Daha az örneğe sahip farklı çalışmalarda elde edilen fitlerle karşılaştırıldığında benzer sonuçlar gözlenmektedir. $M_{G(r)} - M_{\bullet}$:

- Haring (2004): $M_{G(r)} = 0,4594M_{\bullet} + 6,9068$
- Reines (2015): $M_{G(r)} = 0,4251M_{\bullet} + 7,1247$
- Davis (2018): $M_{G(r)} = 0,3404M_{\bullet} + 8,3282$

Diğer çalışmalarda gökada türleri ayıklanmamış, gökada veya karadelik kütleleri farklı yöntemlerle hesaplanmıştır. Çalışmamızda birbirine yakın örneklerin seçilmesi ve tüm örneklerin kütlelerinin aynı yöntemlerle hesaplanmış olması güvenilirliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Karadelik kütlesi hesaplanmasında kullanılan farklı dalgaboylarını kullandığı başka ölçekleme yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntemlerin kullanılması, Cornell katalogunda elediğimiz pek çok güçlü HI veya CIV sinyaline sahip gökada üzerinde benzer bir çalışma yapılmasını mümkün kılacaktır. Örnek sayısı arttıkça aradaki bağıntı netlik kazanacaktır.

Kaynaklar

- Ates A. K. et al., 2013, IJAA, v.3, pp. 1-9
 Beifiori A. et al., 2012, MNRAS, 419, 2497B
 Chengalur J. et al., 1993, ApJ, 419, 30-46
 Davis B. et al., 2018, ApJ, 869, 2-113
 Ferrarese L. et al., 2000, ApJL, 539, L9-L12
 Ferrarese L. et al., 2006, ApJL, 644, L21-L24
 Gebhardt K. et al., 2000, ApJL, 539, L13-L16
 Gultekin K. et al., 2011, ApJ, 738, article id.17
 Hall M. et al., 2012, MNRAS, v. 425, Issue 4, pp. 2741-2765
 Haring N. et al., 2004, ApJL, 604, L89-L92
 Haynes M. P. et al., 1999, ApJ, 117, 2039-2051
 Kormendy J. et al., 2013, ARAA, vol. 51, issue 1, pp. 511-653
 McConnell N. J. et al., 2013, ApJ, 764, 184-198
 Paturel G. et al., 2003, A&A, 412, 45-55
 Reines A. et al., 2015, ApJL, 813, 82R
 Riess A. G. et al., 2018, ApJ, 861, 126-139
 Salviander S. et al., 2006, NewAR, V.50, I 9-10, p. 803-805
 Shields G. A., 2003, RevMexAA, 18, 119-122
 Shields G. A. et al., 2003, RevMexAA, 17, 242-242
 Sorce J. G. et al., 2014, arXiv:1408.0729v1
 Sorce J. G. et al., 2017, 2017yCat..51520050T
 Springbob C. M. et al., 2005, ApJS, 160, 149-162
 Tremaine S. et al., 2002, ApJL, 574, pp. 740-753
 Wang T., Lu Y., 2001, A&A, 377, 52-59

Erişim:

043-1440: UAK-2018 Program — UAK Bildiri — Turkish J.A&A.