

Gökada Kümesi Abell 2304: Gökada Işınım Gücü Fonksiyonu

Ebru Aktekin Çalışkan¹  , Ayşenur İnce¹ 

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fizik Bölümü, 32000 Isparta, Türkiye

Accepted: March 26, 2025. Revised: March 26, 2025. Received: December 4, 2024.

Özet

Işınım gücü fonksiyonu, belirli bir hacimdeki belirli parlaklığa sahip gökadalara sayı yoğunluğunu tanımlar ve bir gökada türüne ait ışınım gücü dağılımını anlamamıza olanak sağlar. Bu çalışmada, gökada kümesi Abell 2304'ün optik dalgaboyundaki ışınım gücü fonksiyonu incelenmiştir. Gözlemler, TUG-RTT150 teleskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optik veri ile tek Schechter fonksiyonu iyi uyum sağlamıştır. Karakteristik mutlak parlaklık (M^*) değerleri, B , V ve R filtreleri için sırasıyla -21.72 ± 0.05 , -20.91 ± 0.05 ve -20.34 ± 0.02 olarak bulunmuştur. Sönük uçtaki eğim (α) ise aynı filtreler için sırasıyla -1.22 ± 0.01 , -1.12 ± 0.02 ve -0.84 ± 0.01 olarak hesaplanmıştır. Abell 2304 için elde edilen ışınım gücü fonksiyonu diğer gökadalara sergilediği fonksiyonlar ile karşılaştırılmıştır.

Abstract

The luminosity function defines the number density of galaxies with a specific brightness in a given volume and allows us to understand the luminosity distribution of a particular galaxy type. In this study, the luminosity function in the optical wavelength of the galaxy cluster Abell 2304 was examined. Observations were conducted using the TUG-RTT150 telescope. The optical data are well fitted by a single Schechter function. The characteristic absolute magnitude (M^*) values have been determined as -21.72 ± 0.05 , -20.91 ± 0.05 , and -20.34 ± 0.02 for the B , V , and R filters, respectively. The faint-end slope (α) has been calculated as -1.22 ± 0.01 , -1.12 ± 0.02 , and -0.84 ± 0.01 for the same filters, respectively. The luminosity function obtained for Abell 2304 was compared with the functions exhibited by other galaxies.

Anahtar Kelimeler: Galaxies: clusters: individual: Abell 2304 – galaxies: evolution – galaxies: formation

1 Giriş

Gözlemsel kozmolojinin temel hedeflerinden biri, gökadalara oluşum mekanizmalarını ve kozmik zamanla evrimlerini anlamaktır. Bu amaca ulaşmak için kullanılan yöntemlerden biri ise ışınım gücü fonksiyonudur. Işınım gücü fonksiyonu, evrenin ışınım ve baryonik yoğunluklarını tahmin etmek ve gökada oluşumu ile evrimi üzerine modelleri test etmek açısından son derece önemlidir (örn. Allen ve diğ. 2011).

Schechter (1976)'ın gökada kümelerinin ışınım gücü fonksiyonu üzerine yaptığı kapsamlı bir çalışmada, Abell kümelerindeki gökada ışınım yoğunluğu için bir dağılım fonksiyonu türetilmiş ve bu fonksiyon gözlemlerle mükemmel bir uyum göstermiştir. Schechter (1976) tarafından sönük gökadalara için elde edilen dağılım, bir güç yasası ile ifade edilirken, daha parlak gökadalarda ise ani bir kesilme ve ardından tekrar yükselme gözlemlenmiştir.

Işınım gücü fonksiyonu Schechter (1976) tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$\Phi(L)dL = \Phi^* \left(\frac{L}{L^*} \right)^\alpha \exp \left(-\frac{L}{L^*} \right) \frac{1}{L^*} dL \quad (1)$$

Bu formül, ışınım gücü (L) yerine mutlak parlaklık (M) yazılarak aşağıdaki formda da ifade edilmektedir (Lin ve diğ. 1996):

$$\Phi(M) = \Phi^* \frac{\ln(10)}{2.5} 10^{-0.4(M-M^*)(\alpha+1)} \exp(-10^{-0.4(M-M^*)}) \quad (2)$$

* ebrucaliskan@sdu.edu.tr

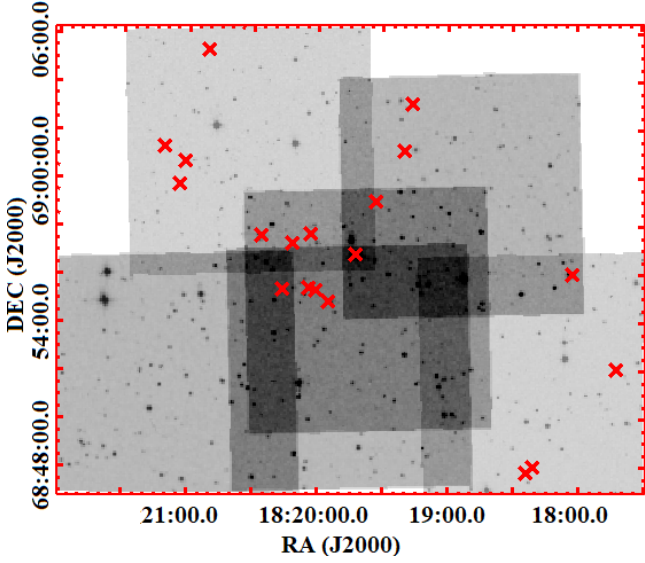
Çizelge 1. Abell 2304'ün genel özellikleri. Kaynaklar: (1): Abell ve diğ. (1989); (2): Struble & Rood (1991); (3): Baier & Wipper (1995).

Özellik/Parametre (birim)	Değer	Kaynak
Koordinatlar (RA, Dec; J2000)	$18^h 19^m 35^s.0$, $68^\circ 55' 24''$	(1)
Kırmızıya kayma	$z=0.0881$	(2)
Küme çapı (')	22	(1)
Sınıf	Bautz-Morgan II sınıfı	(1)
İçeriği	34 gökada içermekte	(1)
Tipi	Rood-Sastry L tipi	(3)

Burada M^* karakteristik mutlak parlaklık, α fonksiyonun sönük ucunun eğimi ve Φ^* normalizasyon faktörüdür.

Son yıllarda, optik, X-ışın ve kızılötesi gibi farklı dalgaboylarında gökadalara için ışınım gücü fonksiyonları elde edilmiş ve bu sayede gökadalara oluşum mekanizmaları ile sonraki evrimlerini anlamak için bazı parametreler hesaplanmıştır (örn. Marchesini ve diğ. 2007; Rudnick ve diğ. 2009; Stefanon ve diğ. 2017; Aktekin Çalışkan & Hüdaverdi 2023).

Abell 2304 ($z=0.0881$) bir gökada kümesidir ve kümenin genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çalışmada, RTT150 teleskobu kullanılarak Abell 2304'ün optik ışınım gücü fonksiyonu araştırılmış ve elde edilen ilk sonuçlar sunulmuştur. §2 gözlem bilgilerini, §3 ise analiz ve bulguları içermektedir. Kümenin ışınım gücü fonksiyonu ise §4'de detaylı olarak tartışılmıştır.



Şekil 1. Abell 2304'ün RTT150 teleskobı ile elde edilen optik mozaik görüntüsü. Her bir görüntü 11.1×11.1"lık bir alanı kaplamaktadır. Görüntü üzerinde kümeye ait en parlak 19 gökadanın konumları "x" işareti ile gösterilmiştir.

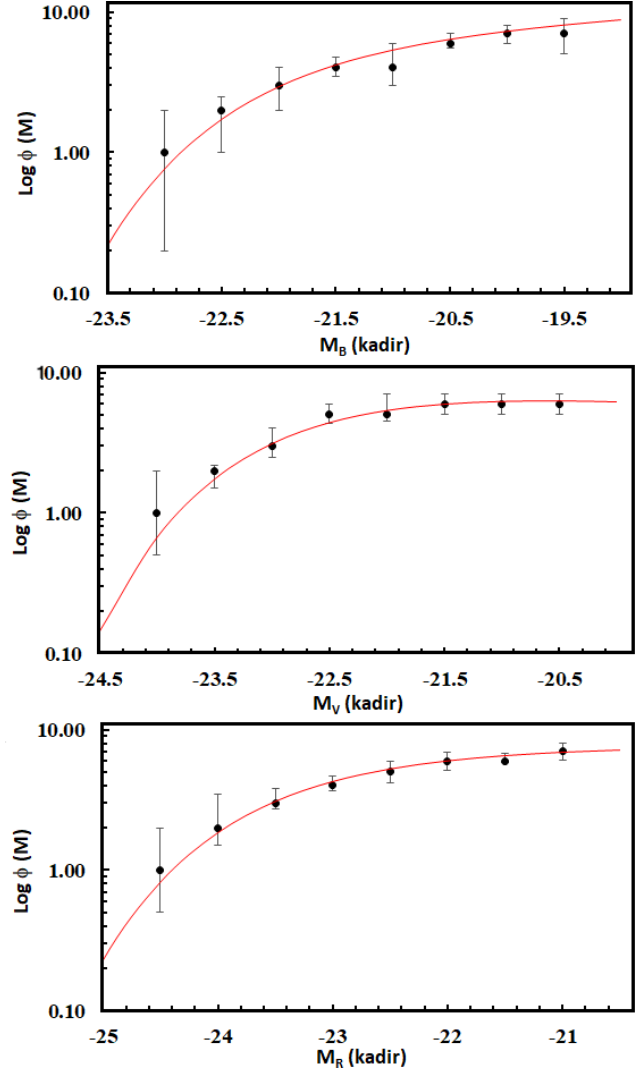
2 Gözlem

Abell 2304'ün optik dalgaboyundaki gözlemleri Türkiye Ulusal Gözlemevlerinde RTT150 teleskobu ile 16ARTT150-869 nolu proje kapsamında (Proje yürütücüsü: E.A. Çalışkan) 6-7 Mayıs 2018 tarihinde yapılmıştır. Küme, açılal büyüklüğü nedeniyle 6 ayrı bölgeye ayrılmış ve her bir bölge, TFOSC'a ait 11.1×11.1" görüş alanına sahip CCD ile gözlenmiştir. B , V ve R filtreleri (Johnson-Bessel) kullanılarak, her bölge için 3×900 saniyelik poz süreleriyle görüntüler alınmıştır.

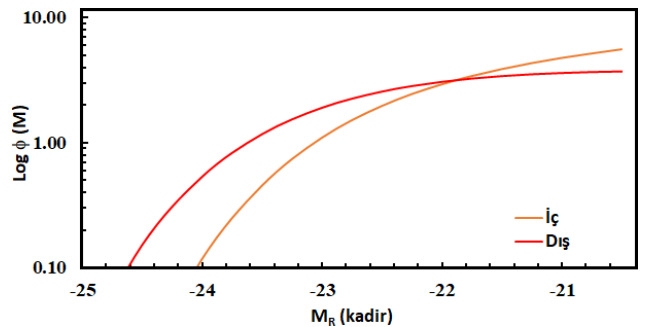
3 Analizler ve Bulgular

Analizlerde IRAF yazılımı ve görüntü işlemede (renk, ölçek vb.) DS9 programı kullanılmıştır. Standart ön indirgeme adımları (örn. bias ve flat) uygulanmıştır. Küme üyesi gökadalara SDSS-DR8/redMaPPer Algoritması (Rykoff ve diğ. 2014) ile tespit edilmiştir. Bu algoritma küme yoğunluk profiline ve arka plan gökada yoğunluğuna dayanarak, herhangi bir gökadanın kümenin bir üyesi olma olasılığını hesaplamaktadır. Küme üyesi olası gökadalara belirlenmesinde kırmızıya kayma değerlerine göre istatistiksel olarak 3σ aralığı göz önüne alınmıştır. Küme üyesi olarak belirlenen tüm gökadalara aletsel parlaklık değerleri PSF yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Aletsel parlaklıkları standart fotometrik sistemdeki parlaklıklara dönüştürmek için standart yıldızlar kullanılmıştır. Her bir kaynak için parlaklık değerleri Vega sisteminde elde edilmiştir. Abell 2304'ün RTT150 optik görüntülerinin imarith komutu ile birleştirilmiş mozaik görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.

Optik verilere Schechter modeli ve Schechter+Schechter fit edilerek istatistiksel olarak iyi uyuma (indirgenmiş- χ^2 değerine) göre M^* ve α parametreleri belirlenmiştir. Abell 2304'ün ışınım gücü fonksiyonları, üç farklı filtre için Şekil 2'de gösterilmiştir. Her bir filtreye ait karakteristik mutlak parlaklık (M^*) ve sönük uç eğim (α) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Abell 2304'ün ışınım gücü fonksiyonundaki radyal dağılımı incelemek için küme, merkezden itibaren iç (0-1 Mpc)



Şekil 2. Abell 2304'ün üç filtre (B , V ve R) için ışınım gücü fonksiyonları.



Şekil 3. Abell 2304'ün iç ve dış bölgesi için ışınım gücü fonksiyonu.

ve dış (1-2 Mpc) olmak üzere iki bölgeye ayrılmıştır. İç ve dış bölgelere ait ışınım gücü fonksiyonları Şekil 3'de sunulmuştur.

4 Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Abell 2304 ($z=0.0881$) gökada kümesi TUG-RTT150 teleskobundan elde edilen optik gözlemlerle

Çizelge 2. B , V ve R filtreleri için elde edilen ışınım gücü parametreleri: Karakteristik mutlak parlaklık (M^*) ve sönük uçtaki eğim (α).

Filtre	M^*	α
B	-21.72 ± 0.05	-1.22 ± 0.01
V	-20.91 ± 0.05	-1.12 ± 0.02
R	-20.34 ± 0.02	-0.84 ± 0.01

incelenmiştir. Küme üyesi gökadalardan mutlak parlaklıkları B , V ve R filtreleri kullanılarak belirlenmiştir. Her bir filtre için, kümenin optik ışınım gücü fonksiyonları ilk kez ortaya konulmuştur.

Karakteristik mutlak parlaklık (M^*) değerleri, B , V ve R filtreleri için sırasıyla -21.72 ± 0.05 , -20.91 ± 0.05 ve -20.34 ± 0.02 olarak bulunmuştur. Sönük uçtaki eğim (α) ise aynı filtreler için sırasıyla -1.22 ± 0.01 , -1.12 ± 0.02 ve -0.84 ± 0.01 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Abell kümelerindeki gökada ışınım gücü fonksiyonları ile istatistiksel olarak eşdeğerdir (Barkhouse ve diğ. 2007; Parolin ve diğ. 2003, 2002; Paolillo ve diğ. 2001).

Kümenin hem iç hem de dış bölgesinde ışınım gücü fonksiyonunda bir düşüş gözlemlenmiş ve bu durumun tek Schechter fonksiyonu ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. İç bölge, dış bölgeye kıyasla parlak uça daha dik bir eğim sergilerken, dış bölgede ise sönük uça daha belirgin bir düşüş gözlenmiştir (Bakınız Şekil 3). Işınım gücü fonksiyonundaki sönük uçtaki düşüş, bu bölgedeki gökadalardan daha iyi ortaya çıkarmak için daha ayrıntılı gözlemler yapılması gerektiğini veya sönük uçtaki net gökada sayımlarındaki belirsizliğin büyük olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, kümenin içsel olarak sönük uça düz veya düşük bir ışınım gücü fonksiyonuna sahip olma ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır.

Literatürde, farklı z değerleri için ışınım gücü fonksiyonlarını ve bu fonksiyonlara ait parametrelerin karşılaştırmalarını içeren birçok çalışma bulunmaktadır. Örneğin, Marchesini ve diğ. (2007), B , V ve R filtrelerini kullanarak $2 \leq z \leq 3.5$ aralığındaki gökadalardan optik ışınım gücü fonksiyonunu elde etmiş ve bu fonksiyonu $z \sim 3$ olan yüksek kırmızıya kaymalardaki gökadalardan düşük kırmızıya kaymalardaki gökadalardan karşılaştırmıştır. Her iki örnek için ışınım gücü fonksiyonunun parlak ucunda benzer sonuçlar elde edilmiş, ancak sönük uç eğiminin düşük kırmızıya kaymalardaki gökadalardan için daha düz olduğu gösterilmiştir. Benzer çalışmalar; Rudnick ve diğ. (2009) tarafından 16 küme ($0.4 < z < 0.8$) için ve Stefanon ve diğ. (2017) tarafından $z \sim 4-7$ aralığındaki gökadalardan yapılmıştır. Gökadalardan elde edilen ışınım gücü fonksiyonlarında, sönük ucunun ya artan kırmızıya kayma ile azaldığı (örn. Rudnick ve diğ. 2009) ya da kırmızıya kayma ile sabit kaldığı (örn. De Propriis ve diğ. 2013) bulunmuştur. Gökada kümelerinin ışınım gücü fonksiyonları arasındaki farkların olası açıklaması, gökada kümelerinin oluşum senaryolarındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada, Abell 2304 için elde edilen ışınım gücü fonksiyonu parametreleri, literatürde bu yönde yapılan çalışmalara önemli bir katkı sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan optik veri 16ARTT150-869 nolu proje kapsamında TUG-RTT150 teleskobu kullanılarak elde

edilmiştir. Yazarlar bu destekten dolayı Türkiye Ulusal Gözlemlerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Abell G. O., Corwin Harold G. J., Olowin R. P., 1989, *ApJS*, 70, 1
 Aktekin Çalışkan E., Hüdaverdi M., 2023, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 4, 184
 Allen S. W., Evrard A. E., Mantz A. B., 2011, *ARA&A*, 49, 409
 Baier F. W., Wipper H., 1995, *Astronomische Nachrichten*, 316, 319
 Barkhouse W. A., Yee H. K. C., López-Cruz O., 2007, *ApJ*, 671, 1471
 De Propriis R., Philipps S., Bremer M. N., 2013, *MNRAS*, 434, 3469
 Lin H., Kirshner R. P., Shectman S. A., Landy S. D., Oemler A., Tucker D. L., Schechter P. L., 1996, *ApJ*, 464, 60
 Marchesini D., ve diğ., 2007, *ApJ*, 656, 42
 Paolillo M., Andreon S., Longo G., Puddu E., Gal R. R., Scaramella R., Djorgovski S. G., de Carvalho R., 2001, *A&A*, 367, 59
 Parolin I., Moretti A., Molinari E., Chincarini G., 2002, in Borgani S., Mezzetti M., Valdarnini R., eds, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series Vol. 268, Tracing Cosmic Evolution with Galaxy Clusters*. p. 427
 Parolin I., Molinari E., Chincarini G., 2003, *A&A*, 407, 823
 Rudnick G., ve diğ., 2009, *ApJ*, 700, 1559
 Rykoff E. S., ve diğ., 2014, *ApJ*, 785, 104
 Schechter P., 1976, *ApJ*, 203, 297
 Stefanon M., Bouwens R. J., Labbé I., Muzzin A., Marchesini D., Oesch P., Gonzalez V., 2017, *ApJ*, 843, 36
 Struble M. F., Rood H. J., 1991, *ApJS*, 77, 363

Access:

M25-0339: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.