

NGC 1792 ve NGC 4569 Galaksilerindeki İki ULX Adayının Çoklu Dalga Boyu Analizi

Hasan AVDAN¹, Şenay AVDAN², Eda SONBAŞ³



¹Türkiye Ulusal Gözlemevleri, DAG, 25050, Erzurum, Türkiye
²Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 34956, İstanbul, Türkiye
³George Washington Üniversitesi, Fizik Bölümü, Washington, DC 20052, ABD

Sabancı Üniversitesi

THE GEORGE WASHINGTON UNIVERSITY
WASHINGTON, DC

ÖZET

AMAC: NGC 1792 ve NGC 4569 galaksilerindeki iki aşırı parlak X-ışın kaynağı (ultraluminous X-ray source, ULX) adayının fiziksel doğası, X-ışını ve optik/yakın-kızılötesi verileri kullanılarak incelenmiştir. ULX'ler galaksilerin merkezleri dışında bulunan ve yüksek X-ışın ışıma güçleri ile dikkat çeken kaynaklardır. Genellikle karadelik veya nötron yıldızı içeren çift sistemler olarak yorumlansa da, bazen art alan aktif galaksi çekirdekleri (active galactic nuclei, AGN) ile karıştırılabilmektedir. Bu çalışmada, kaynakların optik karşılıkları belirlenerek fiziksel doğaları ve AGN olma ihtimalleri araştırılmıştır.

YÖNTEM: XMM-Newton ve Chandra X-ışın uydularının arşiv verileri ile Hubble Uzay Teleskobu (Hubble Space Telescope, HST) ve James Webb Uzay Teleskobu (James Webb Space Telescope, JWST) optik/yakın-kızılötesi görüntüleri kullanılmıştır. Chandra ve HST/JWST görüntüleri arasında Gaia DR1 referans kataloğu ve ortak kaynaklar kullanılarak göreceli astrometrik düzeltmeler yapılmıştır. Böylece kaynakların optik karşılıkları hassas bir şekilde (0.25 - 0.35 yay saniyesi belirsizlik ile) belirlenmiştir. Ayrıca, NGC 4569'daki kaynağın optik tayfsal özelliklerini incelemek amacıyla 6 metrelik BTA (Big Telescope Alt-azimuth) teleskobu ile alınan optik tayf verileri analiz edilmiştir.

SONUÇLAR: Göreceli astrometrik düzeltmeler sonucunda belirlenen optik karşılıkları HST/JWST gözlemleri ile X-ışın uyduları verileri kullanılarak kaynakların AGN olma durumları değerlendirilmiştir. Özellikle NGC 4569 galaksisindeki kaynağın BTA ile alınmış optik tayfi, kırmızıya kayma değerinin ev sahibi galaksiden belirgin şekilde yüksek olduğunu göstermiş ve kaynağın bir ULX değil, art alan AGN olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, ULX popülasyonlarının doğru şekilde tanımlanabilmesi için çoklu dalga boyu analizlerinin kritik bir öneme sahip olduğunu vurgulamaktadır.

GİRİŞ

Galaksilerin merkezi dışında bulunan ve X-ışın ışıma gücü $L_X \geq 10^{39}$ erg s⁻¹ olan noktasal kaynaklar ULX olarak sınıflandırılmaktadır. Bu ışıma gücü değeri, yıldız kütleli karadelikler için Eddington limitinin üzerindedir. ULX'lerin büyük çoğunluğunun, yıldız kütleli karadelik ya da nötron yıldızı içeren X-ışın çifti olduğu ve yoldaş yıldızdan sıkı cisme yığılma diski aracılığıyla süper-Eddington oranlarda madde aktarımı gerçekleştiği düşünülmektedir (Feng ve Soria, 2011; Kaaret ve diğ. 2017).

Bununla birlikte, bazı ULX adayları art alan AGN'leri ile karıştırılabilmektedir. Ev sahibi galaksiye aitmiş gibi görünen, ancak gerçekte çok daha uzakta bulunan bu kaynakların doğası, başta optik ve kızılötesi olmak üzere, çoklu dalga boyundaki gözlem verilerinin birlikte incelenmesiyle ortaya konulabilmektedir (Vinokurov ve diğ. 2020). Bu çalışmada, NGC 1792 ve NGC 4569'da bulunan iki ULX adayının doğasına ilişkin çoklu dalga boyu analizlerinin ilk sonuçları sunulmaktadır.

GÖZLEMLER ve VERİ ANALİZİ

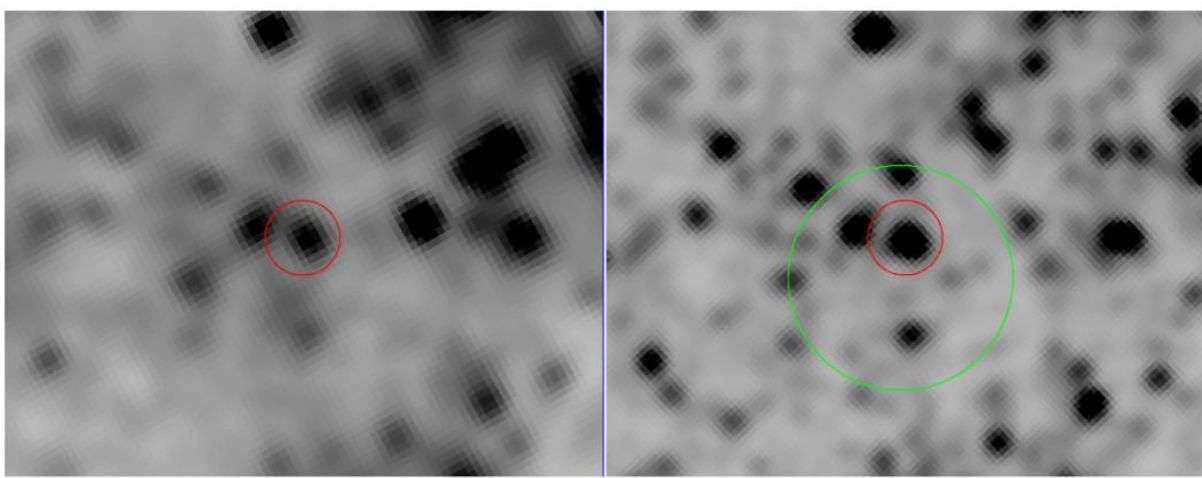
Kaynakların X-ışın tayf analizleri, XMM-Newton arşiv gözlem verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. NGC 1792'deki kaynak için 29 Mart 2007 tarihli, 16 ks poz süreli gözlem (No: 0403070301), NGC 4569'daki kaynak için ise 13 Aralık 2004 tarihli, 66 ks poz süreli gözlem (No: 0200650101) kullanılmıştır.

X-ışın tayfsal fit işlemleri, HEASOFT paketi içerisindeki XSPEC yazılımı ile yapılmıştır. Her iki kaynağın tayfı da POWERLAW modeli ile iyi uyum göstermiştir. NGC 1792 ve NGC 4569'daki kaynak için en iyi uyum veren foton indisi değeri sırasıyla $\Gamma \sim 2.4$ ve $\Gamma \sim 2.5$ olarak belirlenmiştir.

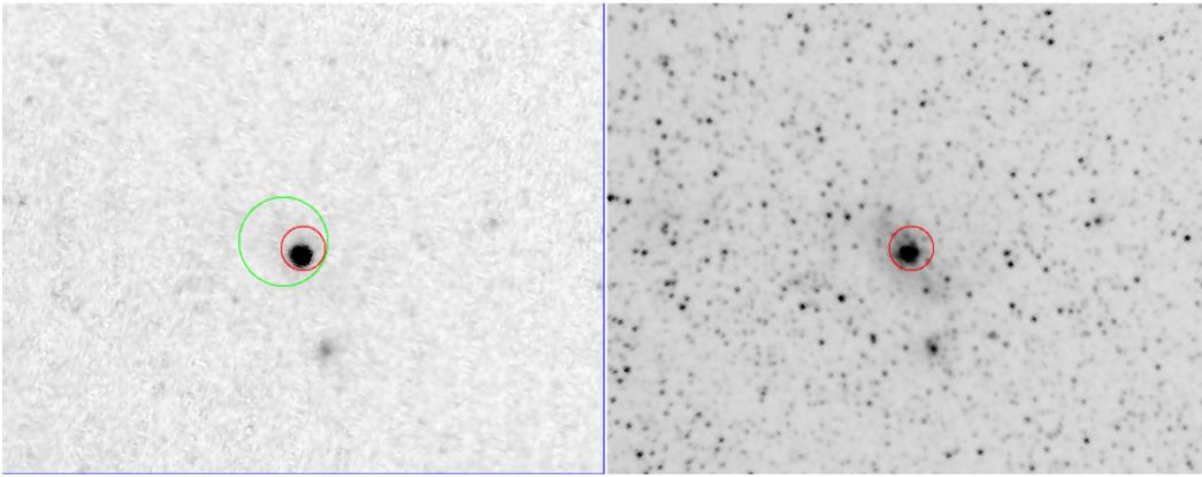
Kaynakların optik/yakın-kızılötesi karşılıkları belirlemek ve doğalarını incelemek amacıyla Hubble Uzay Teleskobu (HST) ve James Webb Uzay Teleskobu (JWST) arşiv verileri kullanılmıştır.

NGC 1792'deki kaynağın karşılığını belirlemek amacıyla, 17 Ocak 2024 tarihli JWST/NIRCam F150W görüntüsü ile 23 Kasım 2016 tarihli Chandra görüntüsü arasında göreceli astrometrik düzeltme yapılmıştır. İki görüntüde ortak kaynak bulunmadığı için, Gaia DR1 kataloğundaki kaynaklar kullanılarak JWST ve Chandra görüntüleri arasındaki göreceli kayma hesaplanmıştır. Düzeltme sonrası kaynağın JWST/NIRCam F150W görüntüsündeki konumu, 0.2 açı saniyelik belirsizlikle, R.A. = 05:05:11.0117, Dec. = -37:58:46.457 olarak belirlenmiştir.

NGC 4569'daki kaynağın karşılığını belirlemek için 17 Aralık 2019 tarihli HST/WFC3 F814W görüntüsü ile 13 Kasım 2005 tarihli Chandra görüntüsü kullanılmıştır. Chandra ve HST görüntülerinde ortak olarak belirlenen iki kaynak kullanılarak görüntüler arasındaki göreceli kayma miktarı hesaplanmıştır. Düzeltme sonrasında kaynağın HST görüntüsündeki konumu, 0.3 açı saniyelik belirsizlikle, R.A. = 12:36:46.386, Dec. = +13:10:55.133 olarak belirlenmiştir. Kaynakların optik/yakın-kızılötesi karşılıkları Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 1. HST/WFC3 F814W (sol) ve JWST/NIRCam F150W (sağ) görüntülerinde NGC 1792'deki ULX adayının optik/yakın-kızılötesi karşılığı. Yeşil daire ULX'in orijinal X-ışın konumunu, kırmızı daireler ise astrometrik düzeltme sonrası konumunu göstermektedir.



Şekil 2. HST/WFC3 F814W (sol) ve JWST/NIRCam F115W (sağ) görüntülerinde NGC 4569'daki ULX adayının optik/yakın-kızılötesi karşılığı. Yeşil daire ULX'in orijinal X-ışın konumunu, kırmızı daireler ise astrometrik düzeltme sonrası konumunu göstermektedir.

Ayrıca NGC 4569'daki ULX adayının optik karşılığının tayfi, SAO (Special Astrophysical Observatory, Rusya) BTA 6-m teleskobu ve üzerindeki SCORPIO-2 tayfölçeri kullanılarak 1 Aralık 2022 tarihinde elde edilmiştir. Gözlemler VPHG1200@540 grizmi ve 1.0" yarıçap ile gerçekleştirilmiş, yaklaşık 3700–7300 Å dalga boyu aralığında, ~4.5 Å çözünürlükte, her biri 900 s olan üç tayf alınmıştır.

NGC 1792 ve NGC 4569'daki ULX adaylarının optik/yakın-kızılötesi karşılıkları, HST ve JWST arşiv görüntüleri üzerinde Python ortamında Photutils paketi kullanılarak açıklık fotometrisi gerçekleştirilerek analiz edilmiştir. HST görüntülerinde, NGC 1792 ve NGC 4569'daki ULX adayları için sırasıyla 0.20" ve 0.25" yarıçaplı dairesel açıklıklar kullanılmıştır. Ölçülen sayım oranları, Calamida ve diğ. (2022) tarafından verilen Vega sıfır noktası değerleri kullanılarak Vega parlaklıklarına dönüştürülmüş, ardından açıklık düzeltmeleri uygulanmıştır. Son olarak, NED Galactic Extinction Calculator ile elde edilen sönmeme değerleri kullanılarak Galaktik sönmeme düzeltmesi yapılmıştır. JWST/NIRCam görüntülerinde ise HST ile aynı açıklık yarıçapları kullanılarak fotometri gerçekleştirilmiştir. Enstrümantal parlaklıklar, JWST kalibrasyon dokümanlarında verilen NIRCam Vega sıfır noktaları kullanılarak Vega sistemine dönüştürülmüş ve açıklık düzeltmeleri uygulanmıştır. Benzer şekilde, NED'den elde edilen sönmeme değerleri kullanılarak Galaktik sönmeme düzeltmesi yapılmış ve düzeltilmiş Vega parlaklıkları elde edilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

ÖN SONUÇLAR

- NGC 4569'daki kaynağın SAO BTA 6-m teleskobu ile elde edilen optik tayfinin analizi sonucunda $z = 1.231$ kırmızıya kayma değeri belirlenmiştir. Bu değer, ev sahibi galaksinin kırmızıya kayma değerinden önemli ölçüde büyük olup, kaynağın art alan AGN'i olduğunu güçlü bir şekilde desteklemektedir.
- Her iki kaynağın optik/yakın-kızılötesi parlaklıkları incelendiğinde, kızılötesi dalga boylarına doğru belirgin bir parlaklık artışı görülmektedir. Bu davranış, NGC 1792'deki kaynağın da art alan AGN'i olabileceğine işaret etmektedir.

Ön sonuçlarımız sunduğumuz çalışmamız devam etmektedir. NGC 1792'deki kaynağın doğasını daha kesin olarak belirleyebilmek amacıyla, bu kaynak için de optik tayf gözlemi gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

Tablo 1. NGC 1792'deki ULX'in optik/yakın-kızılötesi karşılık adayının sönmeme düzeltmesi yapılmış Vega parlaklıkları.

	Date	Filter	Mag
HST WFC3/UVIS	2019-05-25	F275W	–
	2019-05-25	F336W	24.352 ± 0.058
	2019-05-25	F438W	25.075 ± 0.041
	2019-05-25	F555W	24.789 ± 0.032
	2019-05-25	F814W	22.853 ± 0.019
JWST/NIRCam	2024-01-17	F150W	20.223 ± 0.008
	2024-01-17	F187N	19.692 ± 0.034
	2024-01-17	F300M	19.597 ± 0.049
	2024-01-17	F335M	19.158 ± 0.037
	2024-09-29	F150W	20.346 ± 0.015
	2024-09-29	F164N	20.129 ± 0.019
	2024-09-29	F187N	19.743 ± 0.019
	2024-09-29	F200W	19.768 ± 0.014
	2024-09-29	F212N	19.659 ± 0.015
	2024-09-29	F277W	19.699 ± 0.031
	2024-09-29	F335M	19.076 ± 0.028
	2024-09-29	F360M	19.135 ± 0.030
	2024-09-29	F405N	19.058 ± 0.043
	2024-09-29	F444W	19.121 ± 0.030

Tablo 2. NGC 4569'daki ULX'in optik/yakın-kızılötesi karşılık adayının sönmeme düzeltmesi yapılmış Vega parlaklıkları.

	Date	Filter	Mag
HST WFC3/UVIS	2019-12-17	F275W	20.072 ± 0.008
	2019-12-17	F336W	20.147 ± 0.008
	2019-12-17	F438W	21.359 ± 0.007
	2019-12-17	F555W	21.026 ± 0.005
	2019-12-17	F814W	20.504 ± 0.006
	2023-12-19	F657N	20.651 ± 0.012
JWST/NIRCam	2024-12-01	F657N	20.651 ± 0.012
	2026-05-14	F115W	20.403 ± 0.003
	2026-05-14	F150W	19.356 ± 0.001
	2026-05-14	F277W	17.521 ± 0.001

KAYNAKLAR:

Calamida, A., Bajaj, V., Mack, J., et al. 2022, AJ, 164, 32, doi: 10.3847/1538-3881/ac73f0
Feng, H., & Soria, R. 2011, NewAR, 55, 166, doi: 10.1016/j.newar.2011.08.002

Kaaret, P., Feng, H., & Roberts, T. P. 2017, ARA&A, 55, 303, doi: 10.1146/annurev-astro-091916-055259

Vinokurov, A., Atapin, K., Solovyeva, Y., Sarkisyan, A., & Oparin, D. 2020, in Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century, ed. I. I. Romanuk, I. A. Yakunin, A. F. Valeev, & D. O. Kudryavtsev, 95–99, doi: 10.26119/978-5-6045062-0-2 2020 95