

YAKIN GALAKSİ NGC 4736'DA ULX KAYNAĞININ YARI-PERİYODİK SALINIMLARININ İNCELENMESİ

Şenay KAYACI¹, Hasan AVDAN², Aysun AYKÜZ³

¹ Erciyes Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri
(eposta: kayaci.s@gmail.com.tr)

² Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı, Adana
(eposta: avdan.hsn@gmail.com.tr)

Özet: Bu çalışmada, yakın galaksi (< 10 Mpc) NGC 4736 galaksisinde bulunan bir ULX kaynağının *Chandra* ve *XMM-Newton* arşiv verileri kullanılarak kaynağın yarı-periyodik salınımlara (Quasi-Periodic Oscillations, QPOs) sahip olduğu belirlenmiştir. *XMM-Newton* kaynak sıralamasına göre merkezden sonra galaksideki 2. parlak kaynak (XMM-2) olarak adlandırılmıştır. X-ışın tayfına en iyi uyum veren model ve ışınma gücü ($L_x \sim 10^{39}$ erg s⁻¹) dikkate alınarak, bir ULX (Ultraluminous X-ray source) kaynak olarak tanımlanmıştır. Zamansal analizi için kısa dönemli ışık eğrisi ve güç tayfı (power spectrum) incelenmiştir. Elde edilen güç tayflarında kaynağın her iki gözlemede de 2.3 – 6.2 saat (sırasıyla *XMM-Newton* ve *Chandra*) aralığında bir yarı-periyodik değişkenliğe sahip olduğu hesaplanmıştır. Bu posterde, bu çalışmaların ilk sonuçları sunulmuştur.

1. Giriş

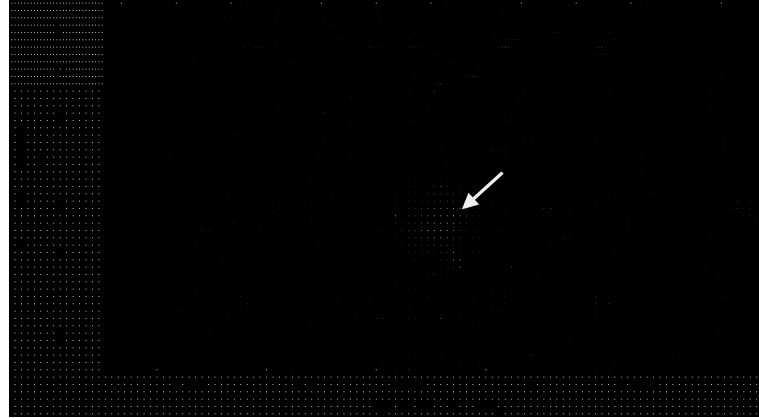
İlk olarak *Einstein*, *ROSAT* ve son zamanlarda *Chandra* ve *XMM-Newton* uyduları ile yakın galaksilerde gözlenen çok parlak X-ışın kaynakları (Ultraluminous X-ray sources, ULXs), bir galaksinin merkezinde olmayan noktasal X-ışın kaynaklarıdır. ULX'lerin doğası hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte önerilen bir çok model bulunmaktadır (Feng ve Kaaret, 2007). Bunlar arasındaki en yaygın düşünce bu X-ışın çift sistemlerinin merkezinde orta kütleli bir karadeliğin (intermediate-mass blackhole, IMBH) bulunmasıdır (Mucciarelli ve ark., 2006, Strohmayer ve Mushotzky, 2003, Feng ve Kaaret, 2007). Doğrudan kinematik hesaplama olanağının yokluğundan dolayı ULX'lerin doğasının anlaşılması ve ULX'lerde bulunan karadeliklerin kütleleri hakkında bir sınır belirlenmesi için tayfsal ve zamansal X-ışın analizleri yapılmaktadır. Bu tür X-ışın çiftlerinin X-ışın akımlarındaki periyodik olmayan değişimlerin, özellikle yarı-periyodik salınımların analizi bu sistemlerde bulunan yığılma diski yapısının ve hareketinin incelenmesi için önemli bilgiler sağlamaktadır (Mucciarelli ve ark., 2006).

Güç tayfında sonlu genişlikteki bir pik şeklinde görülen QPO'lar, merkezi frekans (ν_0) ve yarı maksimum tam genişlik (full width at half maximum, FWHM) λ ile tanımlanmaktadır. Bu iki değer oranı olan nitelik faktörü (quality factor) $Q \equiv \nu_0 / \lambda$ yarı-periyodik salınımlar için bir ölçüm değeridir. $Q > 2$ olan sinyaller QPO, $Q < 2$ olan sinyaller ise gürültü olarak tanımlanmaktadır (Van der Klis, 2004).

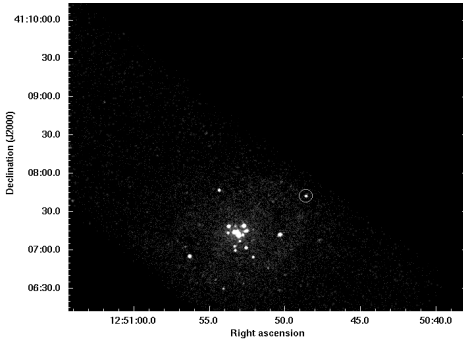
2. Veri Analizi

NGC 4736 (d=7.3 Mpc) galaksisinde bulunan ULX'in tayfsal ve zamansal analizi için en uzun gözlem süresine sahip 14.6.2001 tarihli *Chandra* (ObsID 808, 49.8 ks) ve 27.11.2006 tarihli *XMM-Newton* (ObsID 0404980101, 55 ks) arşiv gözlemleri kullanılmıştır. *XMM-Newton* gözlemi SAS v.10.0 ve *Chandra* gözlemi CALDB v.3.3.0 kalibrasyon veritabanı ile CIAO v.4.3 programında analiz edilmiştir. Her iki uydudan elde edilen verilerin tayfsal analizi için XSPEC v.12.5, zamansal analizi için ise XRONOS

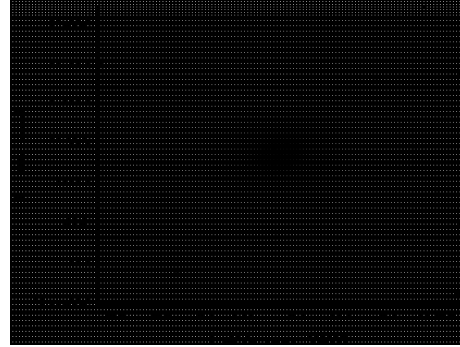
v.5.21 kullanılmıştır. Galaksinin *XMM-Newton* ve *Chandra* görüntüleri Şekil.1-2’de, SDSS (optik) görüntüsü ise Şekil.3’de verilmiştir.



Şekil.1: NGC 4736 galaksisinin *XMM-Newton* RGB (Red, Green, Blue) üç renk X-ışın görüntüsü.

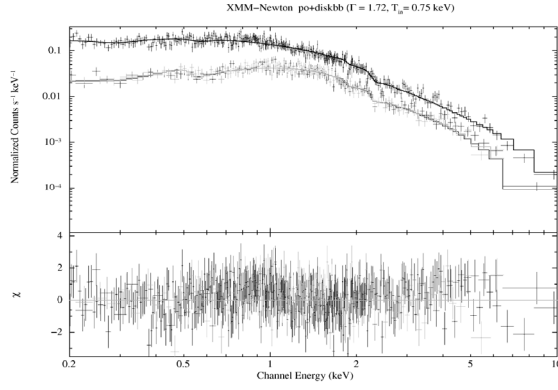


Şekil.2: NGC 4736'nın *Chandra* X-ışın görüntüsü

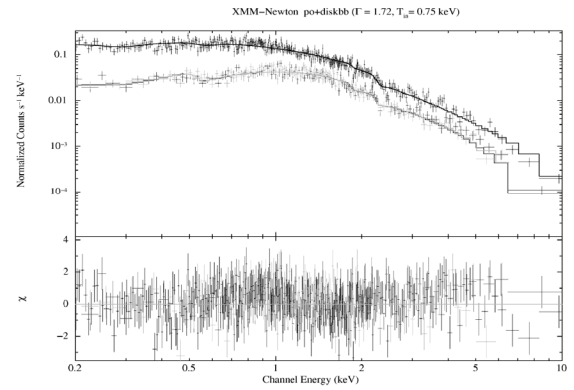


Şekil.3: NGC 4736'nın *SDSS/blue* optik görüntüsü

ULX kaynağının analizi için *XMM-Newton* görüntüsünde 17.5" lik (*Chandra* analizi için 2") bir dairesel alan seçilerek kaynaktan gelen akı hesaplanmıştır. Ayrıca kaynaktan ardalanın katkısını çıkarmak için ise kaynak yakınlarında *XMM-Newton* için 35" lik (*Chandra* analizi için 4") dairesel bir alan seçilmiştir. Kaynağın X-ışın tayfi, *XMM-Newton* verileri kullanılarak 0.2-10 keV (*Chandra*'da 0.3- 8 keV) enerji aralığında elde edilmiştir (Şekil.4-5). Zamansal analiz için kısa dönemli ışık eğrisi *XMM-Newton/EPIC* kamerasından (pn+MOS) gelen veriler birleştirilerek, *lcurve* programında bin başına foton sayısı oranı 20'den düşük olmayacak şekilde 500 saniye ile binlenmiştir. *Chandra ACIS* verileri için ise benzer işlemler yapılarak kısa dönemli ışık eğrisi elde edilmiştir. Kaynağın yarı-periyodik salınımlarının hesaplanması amacıyla güç-yoğunluk (power-density) tayfi *powspec* programı kullanılarak *XMM-Newton* ve *Chandra* verileri için 1'er saniyelik binlemeler yapılarak elde edilmiştir.



Şekil.4: XMM-2 kaynağının *XMM-Newton* X-ışın tayfi ve en iyi uyum gösteren model



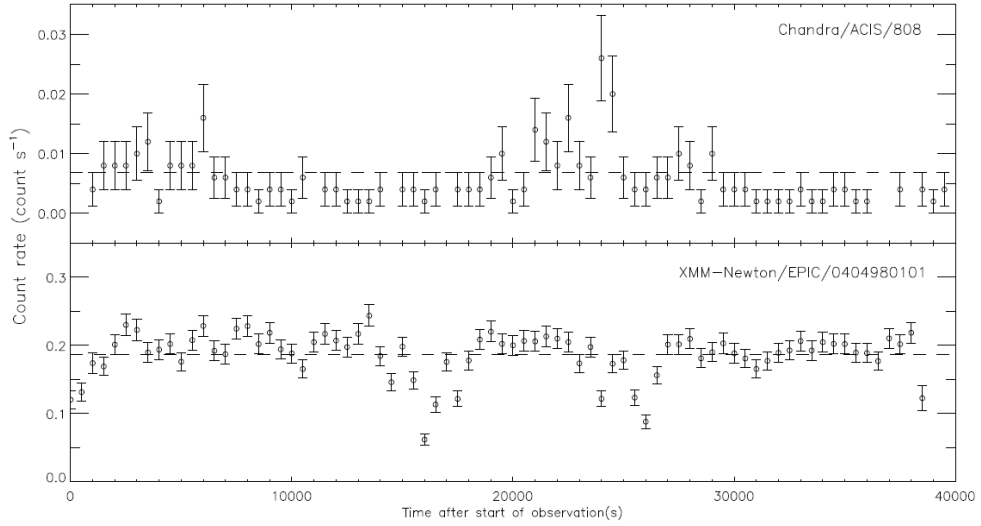
Şekil.5: XMM-2'nin *Chandra* X-ışın tayfi ve en iyi uyum gösteren model

Tablo.1: XMM-2'nin *XMM-Newton* ve *Chandra* tayfsal parametreleri

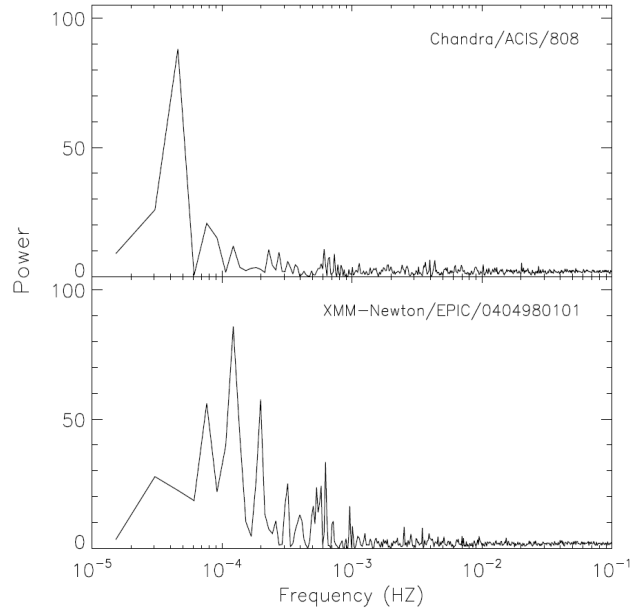
Parametre	<i>Chandra</i>	<i>XMM-Newton</i>
N_H (10^{22} cm^{-2})	$0.07^{+0.06}_{-0.03}$	$0.02^{+0.008}_{-0.006}$
Γ	$2.55^{+0.38}_{-0.26}$	$1.72^{+0.14}_{-0.13}$
kT (keV)		$0.75^{+0.06}_{-0.04}$
χ^2 / dof	8.27/11	530.81/517
F ($\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	0.37×10^{-13}	8.44×10^{-13}
L (erg s^{-1})	0.85×10^{38}	1.94×10^{39}

3. Tartışma ve Sonuç

XMM-2 kaynağının X-ışın tayfi, *Chandra* verilerinde en iyi uyumu power-law (po) modelinde göstermektedir ($\Gamma=2.55$, $\Delta\chi^2=0.75$) (Şekil.3). *XMM-Newton* verilerinde power-law modeli iyi bir uyum gösterse de power-law+diskblackbody (po+diskbb) modeli daha iyi uyum göstermiştir ($\Gamma=1.72$, $kT=0.75$ keV, $\Delta\chi^2=1.02$) (Şekil.4). Tayfsal model parametreleri Tablo.1'de verilmiştir. Kaynağın kısa dönemli ışık eğrilerine bakıldığında ise düzensiz değişkenlikler görülmektedir (Şekil.6). Model parametreleri, ışık eğrisindeki değişkenlik ve kaynağın yüksek ışımaya gücü ($1.95 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$) dikkate alındığında kaynak ULX olarak sınıflandırılabilir. Kaynağın güç tayflarına bakıldığında merkezi frekansı *XMM-Newton* gözleminde $\sim 1.2 \times 10^{-4}$ Hz ve *Chandra* gözleminde $\sim 4.5 \times 10^{-5}$ Hz civarında olan iki dar Lorentzian QPO piki görülmektedir (Şekil.7). Belirlenen pik frekanslarından kaynağın 2001 tarihli *Chandra* gözlemi sırasında ~ 6.2 saatlik ve 2006 tarihli *XMM-Newton* gözlemi sırasında ~ 2.3 saatlik olası QPO periyoduna sahip olduğu söylenebilir. Güç tayflarındaki piklerin Q değerleri *XMM-Newton* için $Q=6$, *Chandra* için $Q=2.2$ olarak hesaplanmıştır. Bu değerler QPO'lar için belirlenen sınır değerinin üzerindedir. Kaynağın QPO özelliği hakkında daha ayrıntılı analiz ve hesaplamalar devam etmektedir.



Şekil.6: XMM-2'nin kısa dönemli X-ışın eğrileri



Şekil.7: XMM-2 kaynağının güç tayfları

4. Kaynaklar

Feng, H & Kaaret, P., 2007, ApJ, 668, 941-948

Mucciarelli, P., Casella, P., Belloni, T., Zampieri, L., Ranoli, P., 2006, MNRAS, 365, 1123-1130

Strohmayer, T. E. & Mushotzky, R. F., 2003, ApJ, 586, L61

Van der Klis, M., Lewin & Van der Klis, Compact Stellar X-ray Sources, Cambridge University Press, 2006