

NGC 4321'deki X-ışın Çiftleri

Serkan Öner^{1,2}  , Yasemin Aladağ^{1,2} , Aysun Akyüz^{1,2} 

¹ Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER), Çukurova Üniversitesi, 01330 Adana, Türkiye

² Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Çukurova Üniversitesi, 01330 Adana, Türkiye

Accepted: February 12, 2025. Revised: February 12, 2025. Received: December 8, 2024.

Özet

Bu çalışmada, NGC 4321 (M100) galaksisinde belirlenen X-ışın çifti (XRB) adaylarının olası optik ve kızılötesi karşılıkları araştırıldı. X-ışın kaynaklarının belirlenmesi için Chandra arşiv verileri, optik ve kızılötesi karşılıkları için HST/WFC3/UVIS ve JWST/NIRCam verileri kullanıldı. HST ve JWST görüntülerinde teleskopların görüş alanına düşen X-ışın çiftlerinin olası optik ve kızılötesi karşılıkları araştırıldı. Kaynakların X-ışın ısıtımalarının $L_X > 10^{37}$ erg s⁻¹ olduğu belirlendi. 2006-2020 yılları arasında yapılan altı Chandra gözleminde tespit edilen 101 X-ışın nokta-benzeri kaynak aday XRB olarak belirlendi. Bu kaynaklardan 42'si için HST görüntülerinde, 17'si için JWST görüntülerinde potansiyel karşılıkları tespit edildi. Optik karşılığa sahip 38 kaynak yüksek kütleli X-ışın çifti olarak tanımlandı. En uzun poz süreli Chandra gözleminde belirlenen XRB'ler için X-ışın ısıtma fonksiyonları oluşturuldu. Farklı tarihli gözlemlerden X-ışın çiftlerinin akı değişimleri incelendi ve maksimum 100 kat değişim hesaplandı.

Abstract

In this study, the potential optical and infrared counterparts of X-ray binary (XRB) candidates identified in the galaxy NGC 4321 (M100) were examined. Chandra archival data were used to identify X-ray sources, while HST/WFC3/UVIS and JWST/NIRCam data were utilized to identify their optical and infrared counterparts. Possible optical and infrared counterparts of X-ray binaries falling within the field of view of the HST and JWST images were searched. The X-ray luminosities of the sources were determined to be $L_X > 10^{37}$ erg s⁻¹. A total of 101 point-like X-ray sources detected in six Chandra observations conducted between 2006 and 2020 were identified as candidate XRBs. Among these, potential counterparts were identified for 42 sources in HST images and for 17 sources in JWST images. 38 sources with optical counterparts were classified as high-mass X-ray binaries. X-ray luminosity functions were created for the XRBs and HMXBs identified in the Chandra observation with the longest exposure time. Flux variations of the X-ray binaries were examined across observations conducted at different times, revealing up to a 100-fold variation in flux.

Anahtar Kelimeler: X-rays: binaries – Galaxies: spiral – Galaxies: individual: NGC 4321

1 Giriş

X-ışın çiftleri (XRB), bir donör yıldız ve ondan kütle aktaran sıkı bir cisim (bir kara delik veya nötron yıldızı) içeren yıldız sistemleridir. XRB'ler, donör yıldızlarının kütlelerine (M_d) göre genel olarak Büyük Kütleli X-ışın Çifti (HMXB; $M_d \geq 8 M_\odot$) ve Küçük Kütleli X-ışın Çifti (LMXB; $M_d \leq 3 M_\odot$) olarak iki sınıfa ayrılmaktadır Hunt ve diğ. (2021). NGC 4321, SABbc morfolojik yapısında 14.3 Mpc uzaklıkta, yıldız oluşum oranı, $SFR = 2.04 M_\odot \text{ yr}^{-1}$ ile hızlı yıldız oluşumlu bir sarmal galaksidir (Lehmer ve diğ. 2019).

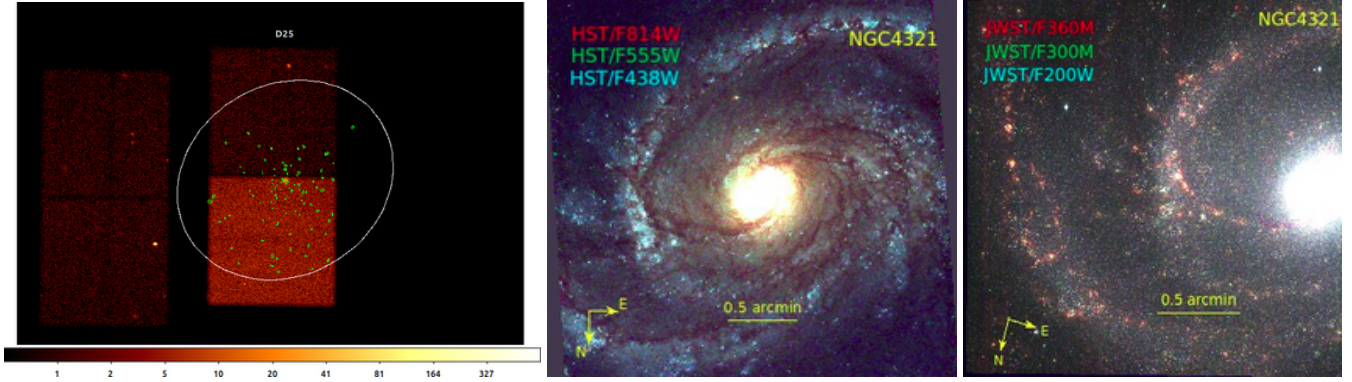
Kaaret & Alonso-Herrero (2008) yaptıkları çalışmada, aralarında NGC 4321'in de bulunduğu bir dizi galakside X-ışın nokta kaynak popülasyonlarını incelediler. 2006 yılındaki Chandra gözlemini (ObsID:6727) kullanarak NGC 4321'de D₂₅ alanı içerisinde tespit ettikleri 50 X-ışın nokta kaynağının 0.3-8 keV bandında akı ve ısıtımalarını (L_X) hesapladılar ve 27 X-ışın kaynağının için $L_X > 10^{38}$ erg s⁻¹ olduğunu belirlediler. Bir başka çalışmada, "Spitzer Kızılötesi Yakın Galaksi Araştırmasından" alınan 62 galaksi içeren bir örneklem için Chandra arşiv verileri kullanılarak bu galaksilerin çekirdek aktiviteleri araştırıldı ve aralarında NGC 4321'in de olduğu 37 galaksinin merkezi X-ışın kaynağının Aktif Galaktik Çekirdek

(AGN) olduğu önerildi (Grier ve diğ. 2011). Bunun yanı sıra Patnaude ve diğ. (2011) NGC 4321'deki Tip IIL SN 1979C süpernovayı incelemek üzere aralarında Chandra'nın da bulunduğu çeşitli X-ışın gözlemlerinin arşiv verilerinin bir analizini sundular. 1995 ve 2007 yılları arasındaki gözlemlerde, süpernovanın X-ışın akısının dikkate değer şekilde sabit olduğunu belirlediler.

Lehmer ve diğ. (2019), uzaklıkları 3.4-29 Mpc arasında değişen 38 yakın galaksideki (NGC 4321 dahil) XRB popülasyonlarını araştırdılar. 2478 kaynağı spesifik yıldız oluşum oranı ($sSFR = SFR/M_*$) değerlerine göre 21 alt örneğe ayırdılar. X-ışın ısıtma fonksiyonlarını modellemek için, HMXB'ler için yıldız oluşum oranıyla, LMXB'ler için yıldız kütleleriyle (M_*) ve kozmik X-ışını ardalanı için de gökyüzü alanıyla ölçeklenen HMXB, LMXB ve ardalan kaynaklarını içeren küresel bir XLF (X-ışın ısıtma fonksiyonu) modelini kullandılar. HMXB XLF'sinin daha önce bildirilenden daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu, öte yandan LMXB XLF'sinin muhtemelen sSFR ile değiştiğini, bu durumun yıldız yaşına bağlı olabileceğini önerdiler.

Virgo kümesindeki 75 geç tip galaksideki "Aşırı Parlak X-ışın Kaynağı" popülasyonlarının kapsamlı bir analizin yapıldığı bir araştırma ise Soria ve diğ. (2022) tarafından yapıldı. Chandra ACIS gözlemlerinin kullanıldığı çalışmada NGC 4321'de 6 Chandra gözleminin en az birinde X-ışın ısıtması

* serkanoner0123@gmail.com



Şekil 1. NGC 4321 galaksisinin (sol panel) Chandra görüntüsü ve D_{25} alanı içerisine düşen kaynaklar; (orta panel) HST üç renk (RGB) görüntüsü; (sağ panel) JWST üç renk (RGB) görüntüsü.

$L_X > 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ olan 13 kaynağın 0.5-8 keV bandındaki akıları ile 0.3-10 keV bandındaki ısıtma değerlerini belirlediler.

Bu çalışmada, NGC 4321'de Chandra ACIS gözlem verilerinden tespit edilen XRB adaylarının, mevcut HST ve JWST gözlemlerinde potansiyel karşılıkları araştırıldı. XRB'lerden optik karşılık belirlenenler HMXB olarak sınıflandırıldı. Soria ve diğ. (2022) çalışmasında belirtilen 13 kaynaktan 11'inin X-ışın akı değişkenliği incelendi. Ayrıca en uzun poz süreli Chandra gözlemindeki (ObsID: 14230) 85 aday XRB için kümülatif XLF elde edildi.

2 Gözlemler ve Veri Analizi

NGC 4321'deki XRB'lerin tespiti için detayları Çizelge 1'de verilen 6 Chandra ACIS gözlem verileri incelendi. Kaynak belirlenmesi ve veri analizi için CIAO (Chandra Interactive Analysis of Observations) 4.15 yazılımı kullanıldı. 6 Chandra gözleminde wavedetect komutuyla D_{25} elipsi içinde toplam 104 nokta-benzeri kaynak tespit edildi. Galaksi merkezindeki kaynak ve bilinen bir süpernova (SN 1979C) listeden çıkarıldı. Optik ve kızılötesi karşılıklarından bir XRB olmadığı anlaşılan bir kaynağın da çıkarılmasıyla 101 kaynak aday XRB olarak belirlendi. Bu kaynakların 0.3-10 keV bandındaki akıları, `srcflux` komutuyla, foton indeksi 1.7 olan bir güç-yasası modeli uygulanarak hesaplandı. Galaksinin 14.3 Mpc uzaklık değeri kullanılarak belirlenen akılardan L_X değerleri hesaplandı.

Belirlenen XRB'lerin bu çalışmada kullanılan HST ve JWST arşiv gözlemlerinde potansiyel optik ve kızılötesi karşılıkları araştırıldı. HST ve JWST gözlem bilgileri Çizelge 1'de verilmektedir. HST ve JWST analizleri için IRAF v2.17 yazılımının DAOPHOT paketi kullanıldı. NGC 4321'in Chandra, HST ve JWST gözlemlerine ait görüntüleri Şekil 1'de gösterildi. DAOPHOT analizlerinde HST ve JWST için açıklık (aperture) yarıçapı 3 piksel seçildi. DAOPHOT analizlerinden elde edilen VegaMag değerleri kullanılarak aşağıda verilen bağıntıdan akıları hesaplandı.

$$f = f_{\text{vega}} 10^{-0.4 V_{\text{mag}}} \quad (1)$$

JWST verilerinin zeropoint değerleri ise

$$ZP_{\text{Vega}} = -2.5 \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{PHOTMJSR} \cdot \text{PIXAR_SR}}{\text{flux}_{\text{Vega}} [\text{MJy}]} \right) \quad (2)$$

bağıntısından hesaplandı. HST için zeropoint değerleri Bellini

Çizelge 1. Chandra (ACIS-S), HST (WFC3/UVIS) ve JWST (NIRCam) gözlem bilgileri.

Teleskop	ObsID	Tarih	Poz Süresi (ks)	
Chandra	6727	2006-02-18	40	
	9121	2008-04-20	15	
	12696	2011-02-24	15	
	14230	2012-02-16	80	
	23140	2020-02-15	10	
	23141	2020-03-13	10	
Teleskop	Prop.ID	Tarih	Poz Süresi (s)	Filtre
HST	15654	2020-03-15	836	F814W
	15654	2020-03-15	1050	F438W
	15654	2020-03-15	1110	F336W
	15654	2020-03-15	2190	F275W
	15654	2020-03-15	670	F555W
JWST	2107	2024-01-10	429.5	F360M
	2107	2024-01-10	1202.5	F200W
	2107	2024-01-10	386.5	F300M
	2107	2024-01-10	386.5	F335M

ve diğ. (2017)'den JWST ve HST için f_{vega} değerleri SVO'dan alındı.

3 Bulgular

Galaksi NGC 4321'in 6 Chandra gözlemin CIAO analizleriyle tespit edilen ve D_{25} alanı içine düşen toplam 94 kaynak tespit edildi. Bu kaynaklardan 42'si HST'nin görüş alanı içine düşmektedir ve astrometrik düzeltme sonucu 39'u için %90 (1.6σ) güvenilirlikte 0.35 yaysaniyesi hata yarıçapına sahip çember içinde optik karşılıkları tespit edildi. Kaynaklardan biri (X-24) bir ardaalan galaksi görüntüsünde olduğundan XRB listesinden çıkarıldı. (Şekil 2). Kalan 38 kaynak HMXB olarak sınıflandırıldı. HST alanına düşen 42 kaynaktan, 17'si için HST ve JWST görüntülerinde ortak karşılıkları bulundu. Bu kaynaklardan XRB olarak tanımlanan 16'sının Chandra, HST ve JWST'deki pozisyonları ile optik ve kızılötesi aday sayıları Çizelge 2'de verildi. HST ve JWST analizleri sonucunda XRB'lerin hemen hepsinin birden çok optik ve kızılöte karşılığa sahip olduğu belirlendi. Çizelgenin son sütunda bu iki bantta hata alanında aynı konumda belirlenen ortak kaynakların sayısı

Çizelge 2. XRB'lerin Chandra, HST ve JWST'deki derece cinsinden pozisyonları ile optik ve kızılötesi ortak aday sayıları.

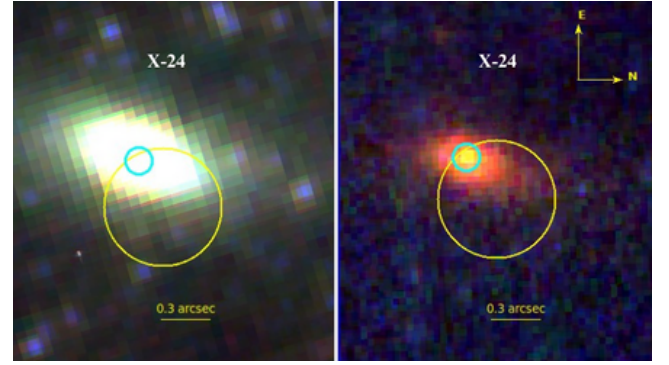
Kaynak	Chandra		JWST		HST		Ortak
	RA	DEC	RA	DEC	RA	Dec	
X-31	185.712712	15.830124	185.712650	15.830231	185.712663	15.830236	5
X-32	185.712803	15.816545	185.712741	15.816652	185.712754	15.816658	2
X-34	185.714935	15.827239	185.714874	15.827346	185.714886	15.827352	3
X-36	185.717629	15.816652	185.717567	15.816759	185.717580	15.816765	1
X-37	185.719419	15.809976	185.719358	15.810084	185.719370	15.810089	1
X-38	185.720995	15.810423	185.720933	15.810530	185.720946	15.810535	2
X-39	185.721703	15.837556	185.721641	15.837663	185.721654	15.837669	1
X-40	185.721845	15.808947	185.721784	15.809054	185.721796	15.809060	3
X-44	185.725542	15.820053	185.725480	15.820160	185.725493	15.820166	3
X-45	185.726059	15.829002	185.725997	15.829109	185.726010	15.829114	1
X-46	185.727029	15.837540	185.726968	15.837648	185.726980	15.837653	3
X-47	185.727105	15.817943	185.727043	15.818050	185.727056	15.818056	2
X-49	185.727831	15.834867	185.727769	15.834974	185.727782	15.834980	2
X-51	185.728206	15.821198	185.728168	15.821299	185.728181	15.821308	3
X-52	185.728701	15.833215	185.728639	15.833323	185.728652	15.833328	1
X-53	185.728766	15.838174	185.728704	15.838281	185.728716	15.838287	1

Çizelge 3. HST'de ve JWST'de potansiyel optik karşılıkları belirlenen XRB'lerin, tespit edildikleri Chandra gözlemleri

Kaynak	6727	9121	12696	14230	23140	23141
X-31	+			+		
X-32	+	+	+	+	+	
X-34	+	+		+	+	+
X-36	+	+	+	+		
X-37	+			+		
X-38				+		
X-39	+	+		+		
X-40	+			+		
X-44	+	+	+	+	+	+
X-45	+	+	+	+	+	+
X-46				+		
X-47	+	+		+		
X-49				+	+	+
X-51	+	+	+	+	+	+
X-52	+			+		
X-53	+	+		+		

verilmektedir. HST ve JWST'de ortak olan karşılık sayıları 1-5 arasında değişmektedir. Çizelge 3'te HST ve JWST'de ortak karşılıkları belirlenen aday XRB'lerin altı Chandra gözleminde hangilerinde tespit edildiği gösterilmektedir. Bu kaynaklardan örnek olarak 3'ü (X-32, X-38 ve X-46) için optik ve kızılötesi karşılıklar Şekil 3'te gösterilmektedir. Soria ve diğ. (2022) tarafından verilen 13 kaynaktan (merkezdeki kaynak ve SN 1979C hariç) 11'i için akı değerleri ile her bir kaynak için akı değişkenlik faktörleri ($V_f = F_{\max}/F_{\min}$) Çizelge 4'te gösterildi. 2006 ve 2020 yılları arasındaki akı değişimleri; V_f 'si en büyük olan 3 kaynak X-68, X-43 ve X-66 için Şekil 4 üst panelde, V_f 'si en küçük olan 3 kaynak X-45, X-56 ve X-51 için Şekil 4 alt panelde gösterildi.

En uzun poz süreli Chandra gözleminde belirlenen 85 XRB aday için oluşturulan kümülatif X-ışın ısıtma fonksiyonuna (XLF) bir kırık güç yasası modeli uygulandı. Şekil 5'te XLF ve bu fonksiyona uygulanan kırık güç yasası modeli verilmektedir.

**Şekil 2.** X-24'ün JWST (sol panel) ve HST (sağ panel) görüntülerinden belirlenen karşılığının morfolojisi ve renk bilgisi bir ardaalan galaksiye işaret eder.

Beklendiği gibi yüksek parlaklıklarda XRB sayısında belirgin bir düşüş görülür. XLF, $L_k = (4.14 \pm 0.24) \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ noktasında bir kırılma göstermektedir, Kırılmadan önceki ve sonraki eğimler sırasıyla $\alpha_1 = 0.59 \pm 0.02$, $\alpha_2 = 1.68 \pm 0.07$ olarak belirlendi.

Optik ve kızılötesi karşılıklar belirlenirken hata yarıçapı %90 güvenirlilikte (1.6σ) $0.35''$ alınmıştır. Akı değerleri de Çizelge 5'te gösterildiği gibidir. DAOPHOT analizlerinde HST ve JWST için açıklık yarıçapı 3 piksel seçildi.

Şekil 2'de verilen X-24'ün HST ve JWST görüntülerinden belirlenen karşılığının morfolojisi ve renk bilgisinden yararlanılarak bir ardaalan galaksi olduğu değerlendirildi. Üç kaynağın (X-38(1), X-46(1) ve X-46(2)) HST ve JWST'nin tüm filtrelerinde belirlenmiş olması önemlidir. Bu kaynakların tayfsal enerji dağılımları incelenecektir.

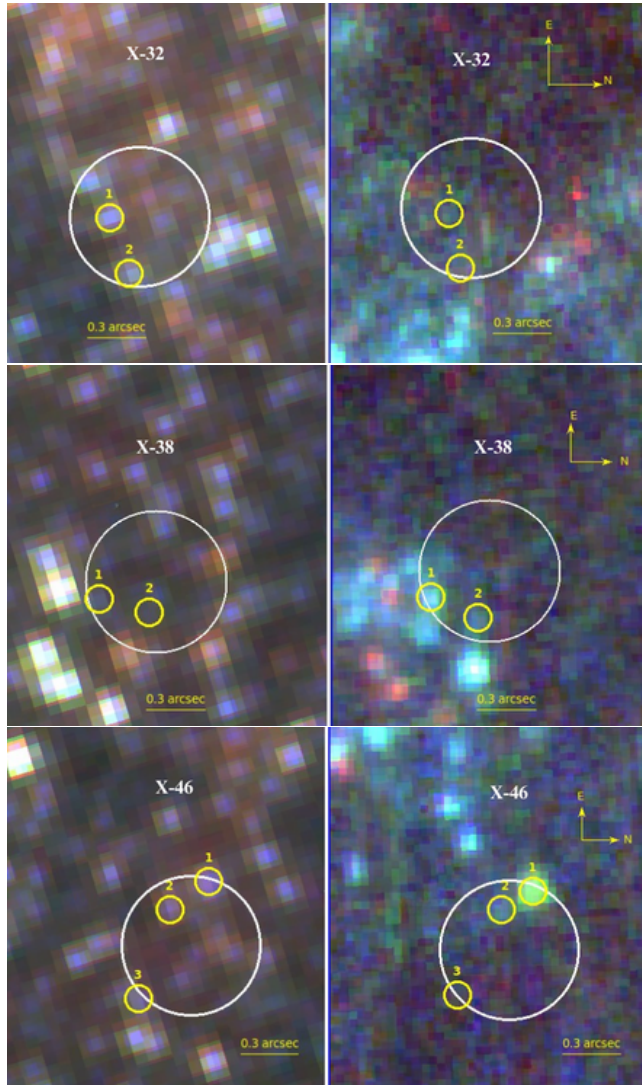
4 Ön Sonuçlar

Devam eden tez çalışmasının bir parçası olan bu çalışmada, tespit edilen 101 XRB aday için HST ve JWST'nin görüş alanına düşen kaynakların potansiyel optik ve yakın kızılötesi karşılıkları araştırıldı.

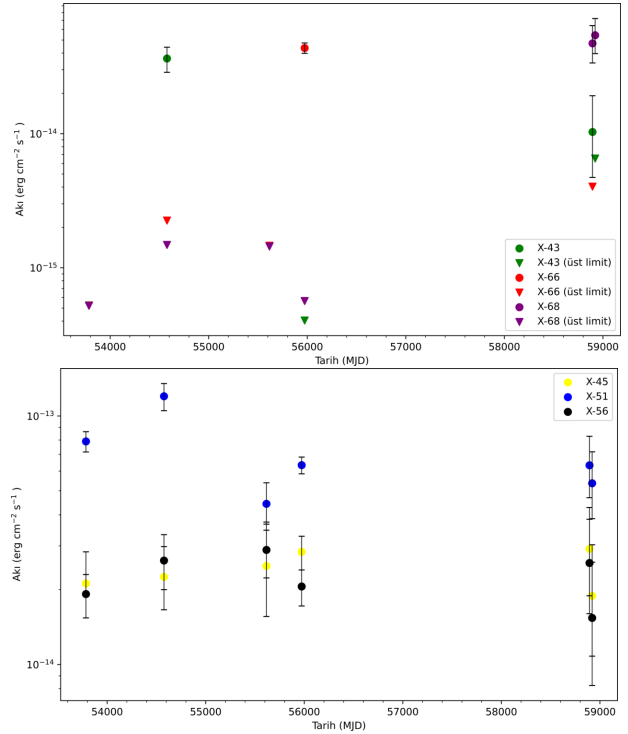
a. Belirlenen 38 XRB aday için HST'de, 16'sı için

Çizelge 4. Soria ve diğ. (2022) çalışmasında verilen 11 kaynak için hesaplanan 0.3-10 keV bandındaki akı değerleri ($\times 10^{-14}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$) ve her bir kaynağın değişkenlik faktörleri.

ObsID	X-14	X-15	X-33	X-43	X-44	X-45	X-51	X-56	X-66	X-68	X-79
6727	$1.56^{+0.33}_{-0.32}$	$0.60^{+0.23}_{-0.19}$	<0.15	<0.05	$4.55^{+0.54}_{-0.53}$	$2.12^{+0.72}_{-0.58}$	$7.9^{+0.74}_{-0.74}$	$1.92^{+0.38}_{-0.38}$	<0.05	<0.05	<0.11
9121	$1.06^{+0.50}_{-0.39}$	$6.12^{+1.07}_{-1.07}$	<0.23	$<3.64^{+0.78}_{-0.77}$	$13.9^{+1.60}_{-1.50}$	$2.25^{+0.73}_{-0.59}$	$12^{+1.5}_{-1.5}$	$2.62^{+0.71}_{-0.62}$	$<0.05^{+0.18}_{-0.05}$	<0.15	<0.18
12696	$3.14^{+0.84}_{-0.71}$	$0.80^{+0.72}_{-0.45}$	<0.59 $^{+0.49}_{-0.32}$	<0.15	$4.27^{+0.87}_{-0.86}$	$2.49^{+1.25}_{-0.93}$	$4.43^{+0.95}_{-0.96}$	$2.89^{+0.78}_{-0.66}$	<0.15	<0.14	<0.21
14230	$1.39^{+0.23}_{-0.23}$	$0.76^{+0.17}_{-0.17}$	$5.37^{+0.51}_{-0.51}$	<0.04	$3.45^{+0.34}_{-0.34}$	$2.84^{+0.44}_{-0.44}$	$6.34^{+0.49}_{-0.49}$	$2.06^{+0.34}_{-0.34}$	$4.36^{+0.39}_{-0.38}$	<0.06	$3.71^{+0.42}_{-0.42}$
23140	$3.08^{+1.43}_{-1.11}$	<0.65	-	$<1.03^{+0.89}_{-0.56}$	$7.59^{+2.06}_{-1.75}$	$2.92^{+1.36}_{-1.03}$	$6.33^{+1.95}_{-1.64}$	$2.56^{+1.28}_{-0.96}$	<0.40	$4.72^{+1.68}_{-1.35}$	-
23141	$1.93^{+1.16}_{-0.83}$	<0.41	-	<0.65	$16.20^{+2.80}_{-2.80}$	$1.89^{+1.14}_{-0.81}$	$5.36^{+1.81}_{-1.5}$	$1.54^{+1.04}_{-0.72}$	-	$5.43^{+1.80}_{-1.47}$	<0.43
V_f	2.96	15.04	36.53	90.10	4.70	1.54	2.71	1.88	87.20	104.42	33.42



Şekil 3. X-32 (üst panel), X-38 (orta panel) ve X-46 (alt panel) için JWST (sol) ve HST (sağ) karşılıkları.

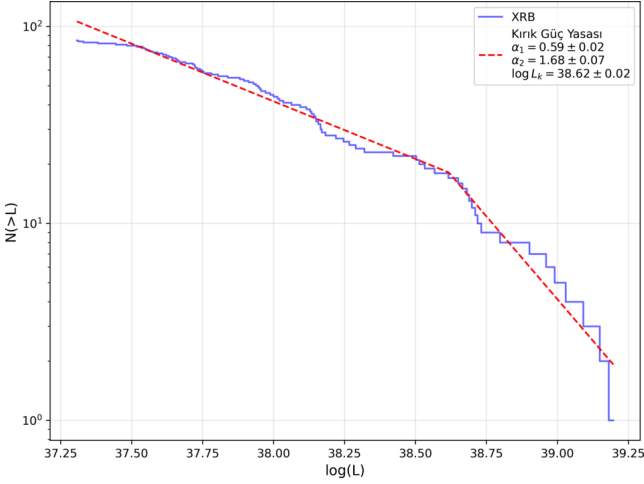


Şekil 4. (Üst panel) X-43, X-66 ve X-68'in; (Alt panel) X-45, X-51 ve X-56'nın ışık eğrileri.

- JWST'de potansiyel karşılıklar belirlendi. HST'de optik karşılık bulunan 38 XRB, HMXB adayı olarak sınıflandırıldı. HST'nin görüş alanına girmeyen kaynaklar sınıflandırılmadığından, HMXB sayısının belirlenenden daha yüksek olmasının muhtemeldir.
- Belirlenen XRB'lerin X-ışını akıları $F_X > 10^{-15}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$ olarak hesaplandı.
 - HST ve JWST'de hata alanına düşen aday karşılıkların parlaklık değerleri sırasıyla $>24^m$ ve $>21^m$ olarak belirlendi.
 - En uzun poz süreli Chandra gözleminde belirlenen XRB adaylarının kümülatif XLF'si oluşturuldu.
 - Soria ve diğ. (2022)'de belirtilen ve en az bir gözlemede yüksek ısıtmaya ($L_X > 10^{39}$ erg s $^{-1}$) sahip 11 kaynak için akı değişkenliği incelendi. Üç kaynak için ≈ 90 -100 kat akı değişimi belirlendi.

Çizelge 5. X-32, X-38 ve X-46'nın parlaklık (mag) ve akı ($\times 10^{-14}$ erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$) değerleri (JWST: NIRCam, HST: WFC3/UVIS).

		X-32 (1)		X-32 (2)		X-38 (1)		X-38 (2)	
Teleskop	Filtre	V	F	V	F	V	F	V	F
JWST	F200W	21.558 $\pm$ 0.019	2.721 $\pm$ 0.094	22.089 $\pm$ 0.068	1.668 $\pm$ 0.208	22.663 $\pm$ 0.132	0.983 $\pm$ 0.239	-	-
	F300M	-	-	22.259 $\pm$ 0.295	0.463 $\pm$ 0.254	22.003 $\pm$ 0.171	0.586 $\pm$ 0.185	22.972 $\pm$ 0.291	0.240 $\pm$ 0.130
	F335M	-	-	21.352 $\pm$ 0.214	0.767 $\pm$ 0.305	21.822 $\pm$ 0.149	0.498 $\pm$ 0.137	-	-
	F360M	-	-	-	-	21.946 $\pm$ 0.177	0.358 $\pm$ 0.118	-	-
HST	F275W	-	-	25.513 $\pm$ 0.147	2.363 $\pm$ 0.641	24.361 $\pm$ 0.204	1.853 $\pm$ 0.699	24.097 $\pm$ 0.147	2.363 $\pm$ 0.641
	F336W	26.133 $\pm$ 0.477	0.383 $\pm$ 0.348	25.690 $\pm$ 0.411	0.576 $\pm$ 0.447	24.112 $\pm$ 0.118	2.466 $\pm$ 0.538	25.167 $\pm$ 0.383	0.933 $\pm$ 0.672
	F438W	-	-	26.691 $\pm$ 0.147	0.512 $\pm$ 0.284	25.572 $\pm$ 0.281	1.434 $\pm$ 0.750	-	-
	F555W	26.522 $\pm$ 0.283	0.513 $\pm$ 0.271	26.282 $\pm$ 0.174	0.640 $\pm$ 0.206	25.397 $\pm$ 0.228	1.447 $\pm$ 0.612	-	-
	F814W	-	-	25.294 $\pm$ 0.240	0.683 $\pm$ 0.305	24.434 $\pm$ 0.041	1.509 $\pm$ 0.114	-	-
		X-46 (1)		X-46 (2)		X-46 (3)			
Teleskop	Filtre	V	F	V	F	V	F		
JWST	F200W	21.414 $\pm$ 0.012	3.107 $\pm$ 0.067	22.110 $\pm$ 0.048	1.636 $\pm$ 0.144	22.059 $\pm$ 0.045	1.715 $\pm$ 0.141		
	F300M	22.394 $\pm$ 0.091	0.408 $\pm$ 0.068	22.732 $\pm$ 0.173	0.299 $\pm$ 0.096	22.034 $\pm$ 0.111	0.569 $\pm$ 0.116		
	F335M	21.416 $\pm$ 0.034	0.724 $\pm$ 0.046	21.815 $\pm$ 0.161	0.501 $\pm$ 0.149	22.259 $\pm$ 0.246	0.333 $\pm$ 0.152		
	F360M	21.846 $\pm$ 0.091	0.393 $\pm$ 0.066	22.412 $\pm$ 0.315	0.233 $\pm$ 0.138	22.003 $\pm$ 0.164	0.340 $\pm$ 0.103		
HST	F275W	26.696 $\pm$ 0.971	0.216 $\pm$ 0.439	24.050 $\pm$ 0.139	2.468 $\pm$ 0.632	-	-		
	F336W	25.145 $\pm$ 0.463	0.952 $\pm$ 0.837	24.857 $\pm$ 0.127	1.242 $\pm$ 0.292	-	-		
	F438W	25.968 $\pm$ 0.222	0.996 $\pm$ 0.410	26.719 $\pm$ 0.475	0.499 $\pm$ 0.450	-	-		
	F555W	24.331 $\pm$ 0.004	3.861 $\pm$ 0.029	25.740 $\pm$ 0.156	1.055 $\pm$ 0.304	27.027 $\pm$ 0.377	0.322 $\pm$ 0.228		
	F814W	23.857 $\pm$ 0.034	2.567 $\pm$ 0.161	25.102 $\pm$ 0.133	0.816 $\pm$ 0.200	25.478 $\pm$ 0.180	0.577 $\pm$ 0.192		

Soria R., ve diğ., 2022, *MNRAS*, 512, 3284

Access:

M25-0360: *Turkish J.A&A* — Vol.6, Issue 3.**Şekil 5.** XRB'lerin Kümülatif XLF grafiği ve uygulanan kırık güç yasası modeli

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 124F004 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Bellini A., Anderson J., Bedin L. R., King I. R., van der Marel R. P., Piotto G., Cool A., 2017, *ApJ*, 842, 6
 Grier C. J., Mathur S., Ghosh H., Ferrarese L., 2011, *ApJ*, 731, 60
 Hunt Q., Gallo E., Chandar R., Johns Mulia P., Mok A., Prestwich A., Liu S., 2021, *ApJ*, 912, 31
 Kaaret P., Alonso-Herrero A., 2008, *ApJ*, 682, 1020
 Lehmer B. D., ve diğ., 2019, *ApJS*, 243, 3
 Patnaude D. J., Loeb A., Jones C., 2011, *New Astron.*, 16, 187