

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seçilen Sarmal Galaksilerde X-ışın Çift Sistemlerinin
Sınıflandırılması**

Serkan ÖNER

Fizik Anabilim Dalı

Nisan, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Seçilen Sarmal Galaksilerde X-ışın Çift Sistemlerinin
Sınıflandırılması

Serkan ÖNER

Fizik Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 25/04/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ (Danışman)
: Prof. Dr. Nazım AKSAKER
: Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma TÜBİTAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 124F004

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
SİMGELER VE KISALTMALAR	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOT	9
3.1. X-ışın Çiftleri (XRB)	9
3.1.1. Yüksek Kütleli X-ışın Çiftleri (HMXB)	10
3.1.2. Düşük Kütleli X-ışın Çiftleri (LMXB)	10
3.1.3. Orta Kütleli X-ışın Çiftleri (IMXB)	11
3.2. Seçilen Galaksiler	12
3.2.1. NGC 1365	12
3.2.2. NGC 4321	13
3.3. Teleskoplar	13
3.3.1. Chandra X-ışın Gözlemevi	14
3.3.2. Hubble Uzay Teleskobu (<i>HST</i>)	17
3.3.3. James Webb Uzay Teleskobu (<i>JWST</i>)	19
3.4. Gözlemler ve Veri Analizi	21
3.4.1. <i>Chandra</i> Analizleri	22
3.4.2. <i>HST</i> ve <i>JWST</i> Analizleri	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	61

Seçilen Sarmal Galaksilerde X-ışın Çift Sistemlerinin Sınıflandırılması

Serkan ÖNER

Danışman: Prof. Dr. Aysun AKYÜZ

Fizik Anabilim Dalı

ÖZ

Bu tez çalışmasında, NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerindeki X-ışın çiftlerinin (XRBs) popülasyonu incelenmiştir. Aday XRB'ler, Chandra X-ışın Gözlemevi'ne ait arşiv verilerinin analizleri ile belirlenmiştir. Olası optik ve yakın kızılötesi karşılıklarını belirlemek için Hubble Uzay Teleskobu (*HST*) ve James Webb Uzay Teleskobu (*JWST*) verileri kullanılmıştır. NGC 1365'te toplam 63 aday XRB'nin X-ışın akıları (F_X), $8,61 \times 10^{-16} - 7,54 \times 10^{-13} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ arasında, ışıtmalarının (L_X), $(3,11 \times 10^{37} \text{ ile } 2,72 \times 10^{40}) \text{ erg s}^{-1}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu adaylardan yedisinin X-ışın akı değişkenlik faktörünün, $V_f > 10$ olduğu hesaplanmıştır. 4 XRB için *HST* ve *JWST* gözlemlerinde kullanılan filtrelerde potansiyel karşılıklarının parlaklık değerleri, *HST/F555W* filtresinde $m_{(F555W)} > 22 \text{ mag}$ ve *JWST/F200W* filtresinde $m_{(F200W)} > 17 \text{ mag}$ olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, NGC 4321'de 101 aday XRB belirlenmiş ve bu kaynakların $F_X = (2,94 \times 10^{-16} - 2,11 \times 10^{-13}) \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ve $L_X = (7,22 \times 10^{36} \text{ ile } 5,18 \times 10^{39}) \text{ erg s}^{-1}$ değerleri arasında değiştiği belirlenmiş ve 19 kaynak için $V_f > 10$ olarak hesaplanmıştır. 15 XRB'nin potansiyel optik ve yakın kızılötesi karşılıkları için, $m_{(F555W)} > 21 \text{ mag}$ ve $m_{(F200W)} > 19 \text{ mag}$ değerleri elde edilmiştir. *HST*'nin F438W, F555W ve F814W filtreleri ile renk-kadir diyagramları oluşturulmuş ve Padova eş-yaş çizgileri kullanılarak optik karşılıklar için kütle aralıkları NGC 1365'te 8–30 $M_\odot$, NGC 4321'de ise 8–25 $M_\odot$ olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgularla bu optik karşılıklar, büyük kütleli X-ışın çiftleri (HMXB) olarak sınıflandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: X-ışın çiftleri, Galaksiler, NGC 1365, NGC 4321.

Classification of X-ray Binary Systems in Selected Spiral Galaxies

Serkan ÖNER

Advisor: Prof. Dr. Aysun AKYÜZ

Department of Physics

ABSTRACT

In this thesis, the populations of X-ray binaries (XRBs) in the spiral galaxies NGC 1365 and NGC 4321 have been investigated. Candidate XRBs were identified through the analysis of archival data from the Chandra X-ray Observatory, and their potential optical and near-infrared counterparts were determined using data from the Hubble Space Telescope (*HST*) and the James Webb Space Telescope (*JWST*). In NGC 1365, a total of 63 candidate XRBs were found, with X-ray fluxes (F_X) ranging from 8.61×10^{-16} to 7.54×10^{-13} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$, and X-ray luminosities (L_X) ranging from 3.11×10^{37} to 2.72×10^{40} erg s $^{-1}$. Among these candidates, seven sources were found to have X-ray variability factor, $V_f > 10$. For four XRBs, the brightness of their potential counterparts in all filters used from *HST* and *JWST* observations was measured to be $m_{F555W} > 22$ mag in the *HST/F555W* filter and $m_{F200W} > 17$ mag in the *JWST/F200W* filter. Similarly, in NGC 4321, 101 candidate XRBs were identified, with F_X ranging from 2.94×10^{-16} to 2.11×10^{-13} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$, and L_X ranging from 7.22×10^{36} to 5.18×10^{39} erg s $^{-1}$. Additionally, 19 sources were found to have $V_f > 10$. For 14 XRBs, the potential optical and near-infrared counterparts exhibited brightness values of $m_{F555W} > 21$ mag and $m_{F200W} > 19$ mag. Color-magnitude diagrams (CMDs) were constructed using the *HST* filters F438W, F555W, and F814W. By employing Padova isochrones, the mass ranges for the optical counterparts were estimated to be 8–30 $M_\odot$ for NGC 1365 and 8–25 $M_\odot$ for NGC 4321. Based on these findings, the optical counterparts were classified as high-mass X-ray binaries (HMXBs).

Keywords: X-ray Binaries, Galaxies, NGC 1365, NGC 4321.

TEŐEKKÖR

Bu tez çalışmasında, benden yardım ve desteklerini esirgemeyen başta danışmanım Prof. Dr. Aysun AKYÖZ olmak üzere Prof. Dr. Nazım AKSAKER'e, Doç. Dr. İnci AKKAYA ORALHAN'a, Nurullah ERZİNCAN'a, Yasemin ALADAĐ'a, Dr. Zühal KURT'a, Dr. Sinan ALLAK'a ve Dr. Utkan TEMİZ'e teőekkörü borç bilirim.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. NIRCам'ın kısa ve uzun dalgaboyu kanallarının bazı özellikleri	21
Çizelge 3.2. Seçilen galaksilerin <i>Chandra</i> gözlem bilgileri.....	23
Çizelge 3.3. Seçilen galaksilerin <i>HST</i> ve <i>JWST</i> gözlem bilgileri.....	24
Çizelge 3.4. <i>Chandra-HST</i> görüntüleri arasındaki astrometrik düzeltme için kullanılan referans kaynakların konumları ve 1σ güvenilirlikle hesaplanan açısanıyesi cinsinden hata yarıçapları.....	26
Çizelge 3.5. <i>Chandra-JWST</i> görüntüleri arasındaki astrometrik düzeltme için kullanılan referans kaynakların konumları ve 1σ güvenilirlikle hesaplanan açısanıyesi cinsinden hata yarıçapları.....	26
Çizelge 4.1. NGC 1365'te D_{25} alanda tespit edilen X-ışın kaynaklarının konumları, 0,3-10 keV bandındaki akıları ve değişkenlik faktörleri. (*) 1, kaynağın tek gözlemde görüldüğü durumları gösterir.....	27
Çizelge 4.2. X-35 (ULX-1) için bütün <i>Chandra</i> gözlemlerde uygulanan modeller ve parametreleri. Sütun (3), (5), (8) ve (9)'daki N_H , kT , F_X ve L_X değerleri sırasıyla 10^{22} cm^{-2} , keV, $10^{-13} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ve $10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ birimlerinde gösterilmektedir. Tüm hata değerleri 1σ güven aralığındadır.....	29
Çizelge 4.3. 6 gözlemde X-59'in tayfına uygulanan <i>po</i> modeli ve en uygun parametreler. Birimler Çizelge 4.2.'deki gibidir.	34
Çizelge 4.4. NGC 1365'teki 3554 gözleminde tespit edilen X-ışın kaynaklarının HR1 ve HR2 değerleri ile ön sınıflandırması.....	36
Çizelge 4.5. NGC 1365'te üç <i>HST</i> filtresinde karşılık belirlenen kaynakların <i>HST</i> ve <i>JWST</i> filtrelerindeki açıklık düzeltilmiş kadir değerleri	39
Çizelge 4.6. NGC 4321'de 6 <i>Chandra</i> gözlemindeki kaynakların konumları, 0.3-10 keV bandındaki akı değerleri ve değişkenlik faktörleri. (*) 1, kaynağın tek gözlemde akısının hesaplandığını gösterir.....	43
Çizelge 4.7. NGC 4321 X-51 için uygulanan modeller ve en iyi uyum veren parametreler. 6727 gözleminde <i>diskbb</i> modeli için tek bir N_H kullanıldı. Birimler Çizelge 4.2.'deki gibidir.	45
Çizelge 4.8. 14230 gözleminde tespit edilen kaynakların HR oranları ve ön sınıflandırması	46
Çizelge 4.9. NGC 4321'de <i>HST</i> 'de görüş alanına düşen kaynakların <i>HST</i> ve <i>JWST</i> filtrelerindeki düzeltilmiş kadir değerleri.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Cyg X-1’de yüksek kütleli donör yıldızdan karadeliğe kütle aktarımının tasviri	9
Şekil 3.2. <i>Chandra</i> ve üzerinde konuşlu araçlar.....	14
Şekil 3.3. Wolter Tip-1 teleskoplarının ışık yolu, sağda <i>Chandra</i> HRMA’nın çalışma şeması.....	15
Şekil 3.4. ACIS çiplerinin enstrüman düzeni	16
Şekil 3.5. <i>HST</i> ’nin yörüngesinde dolanırken 1999’da alınan görüntüsü	17
Şekil 3.6. <i>HST</i> ’de konuşlu araçların konumları.....	18
Şekil 3.7. <i>HST/WFC3</i>	19
Şekil 3.8. <i>JWST</i> ve ana bileşenleri.....	20
Şekil 3.9. NIRCam’ın bir fotoğrafı.....	21
Şekil 3.10. Şekil solda NGC 1365 (ObsID:3554) ve sağda NGC 4321 (ObsID:14230) <i>Chandra</i> görüntüleri	22
Şekil 3.11. Galaksi NGC 4321’in <i>HST</i> ve <i>JWST</i> üç renk (RGB) görüntüleri.....	24
Şekil 3.12. Galaksi NGC 1365’in <i>HST</i> ve <i>JWST</i> üç renk (RGB) görüntüleri.....	24
Şekil 4.1. X-47, X59 ve X-63’un zamanla akı değişkenliği.....	28
Şekil 4.2. Obs ID 6873 gözlemi için X35’in Obs ID 6871 ve 6873 gözlemlerinde X-ışın tayfları ve uygulanan <i>diskbb</i> ve <i>po</i> modelleri	30
Şekil 4.3. X-35 için L-T grafiği ve uygulanan <i>po</i> (güç-yasası) modeli.....	31
Şekil 4.4. X-35 için tayfsal foton indisine karşı ısıtma grafiği.....	32
Şekil 4.5. X-59’un ObsID:6872 gözlemindeki tayfı ve en iyi uyum veren <i>po</i> modeli	34
Şekil 4.6. Prestwich ve ark. (2003), tarafından kullanılan X-ışın renk-renk diyagramı.	35
Şekil 4.7. X-27, X-35, X-58 ve X-59’un zamanla HR değişimi	37
Şekil 4.8. NGC 1365’in 3554 gözleminde belirlenen XRB’lerin kümülatif XLF’si ve kırık güç yasası modeli	38
Şekil 4.9. Üç <i>HST</i> filtresinde de potansiyel karşılığı belirlenen adayların <i>HST</i> (F555W, sol) ve <i>JWST</i> (F200W, sağ) görüntüleri.....	39
Şekil 4.10. <i>HST</i> tekli karşılık belirlenemeyen kaynakların <i>HST</i> ve <i>JWST</i> görüntüleri	40
Şekil 4.11. <i>HST</i> ’de görüş alanında olup karşılığı bulunmayan kaynaklar ve X-16 (alan dışı) görüntüleri.	41
Şekil 4.12. NGC 1365’te üç <i>HST</i> filtresinde belirlenen potansiyel karşılıkların CMD’leri.....	42
Şekil 4.13. NGC4321’de en çok değişkenlik gösteren kaynaklardan X-43, X-62 ve X-68’in ışık eğrileri	44
Şekil 4.14. X-51’in ObsID:6727 gözlemindeki tayfı ve uygulanan solda <i>po</i> ve sağda <i>diskbb</i> modelleri.....	45
Şekil 4.15. X-51’in zamanla HR değişimi	46

Şekil 4.16. NGC 4321'in 14230 gözleminde belirlenen XRB'lerin kümülatif XLF'i ve uygulanan kırık güç yasası modeli.....	47
Şekil 4.17. NGC 4321'deki <i>HST</i> 'de üç filtrede karşılığı belirlenen XRB'lerin <i>HST/F555W</i> ve <i>JWST/F200W</i> görüntüleri.....	49
Şekil 4.18. NGC 4321'deki <i>HST</i> 'de üç filtrede karşılığı belirlenen XRB'lerin <i>HST/F555W</i> ve <i>JWST/F200W</i> görüntüleri (devamı).....	50
Şekil 4.19. <i>HST</i> 'de görüş alanında olup <i>JWST</i> 'de olmayan kaynakların <i>HST/F555W</i> görüntüleri .	51
Şekil 4.20. NGC 4321'deki X-24, X-54 ve X-63'ün <i>HST/F555W</i> ve <i>JWST/F200W</i> görüntüleri....	51
Şekil 4.21. NGC 4321'de üç <i>HST</i> filtresinde karşılığı belirlenen XRB'lerin renk-kadir diyagramları	52



SİMGELER VE KISALTMALAR

" : Açısaniyesi

' : Açıdakikası

AGN : Aktif Galaksi Çekirdeği – Active Galactic Nuclei

erg : Enerji birimi

G : Gauss

K : Kelvin

keV : Kilo elektronvolt

kpc : Kiloparsek

ks : Kilo saniye

L_X : X-ışın ısıtması

$M_{\odot}$: Güneş kütlesi

Mpc : Megaparsek

N_H : Hidrojen sütun yoğunluğu

pc : Parsek

s : Saniye

SNR : Süpernova Kalıntısı – Supernova Remnant

SSS : Süper yumuşak X-ışın Kaynağı – Supersoft X-ray Source

Γ : Tayfsal foton indisi

1. GİRİŞ

X-ışın çiftleri (X-ray Binaries, XRB), bir donör yıldız ve ondan kütle aktaran bir sıkı nesneden oluşan çift sistemlerdir. Bu sistemlerde donör yıldız bir anakol veya bir dev yıldız, sıkı nesne ise bir karadelik ya da bir nötron yıldızıdır. Sıkı nesnesi beyaz cüce olan ve kataklismik değişenler olarak bilinen sistemler de mevcuttur. Samanyolu'nda hem yaşlı hem de genç yıldız popülasyonlarını yansıtan çok sayıda X-ışın kaynağı bulunur ve bu kaynakların büyük çoğunluğunu XRB'ler oluşturur (Fabbiano 2006).

XRB'lerin keşfi 1960'larda roketler aracılığıyla yapılan çok kısa süreli gözlemlere dayanır. Güneş dışı ilk X-ışın kaynağı 1962'de keşfedilen ve bugün bir XRB olduğu bilinen Sco-X1'dir. Bazı parlak XRB'ler, X-ışın astronomisinin ilk yıllarında bazı parlak XRB'ler Yerel Grup'taki galaksilerde fark edilmiş olsa da bu sistemlerin galaksilerde yaygın olarak bulunduğu gerçeği, *Einstein* Gözlemevi'nin gözlemleri sayesinde anlaşılmıştır (Gilfanov ve ark. 2022). Yıllar içinde birçok X-ışın teleskobu geliştirilmiş ve buna bağlı olarak XRB çalışmalarının da hem niteliği hem de sayısı artmıştır. Yeni nesil X-ışın teleskoplarından *Chandra* gözlemevi'nin göreve başlaması ile daha uzak galaksilerin XRB popülasyonlarının araştırılması mümkün hale gelmiştir. *Chandra* ile farklı tipte birçok galaksideki XRB popülasyonları araştırılmıştır. Bu çalışmalarda XRB'lerin galaksiler içinde dağılımları, akı değişkenlikleri, sayıları, genç ve yaşlı yıldız toplulukları ile ilişkileri gibi özellikleri incelenerek, bu kaynakların doğasının anlaşılması amaçlanmıştır. Böylece XRB'ler diğer X-ışın kaynaklarından (örneğin; SNR, AGN) ayrıştırılarak, bu sistemlerin oluşumları, evrimsel süreçleri ve X-ışın üretim mekanizmaları hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Ancak XRB'lerin fiziksel özelliklerini tam anlamıyla kavrayabilmek için yalnızca X-ışın gözlemleri yeterli değildir. Bu nedenle, birçok XRB çalışması, X-ışınlarının yanı sıra elektromanyetik tayfin morötesi, optik ve kızılötesi bölgelerini de kapsayan çok dalga boylu gözlemleri içermektedir. XRB'ler kendi içlerinde çeşitli şekillerde sınıflandırılır ancak en genel sınıflandırma, donör yıldızlarının kütlelerine göre yapılır. Buna göre XRB'ler donör yıldızlarının kütlelerine göre düşük, orta ve yüksek kütleli XRB'ler olarak üçe ayrılır. Galaksilerin optik gözlem verileri yardımıyla, donör yıldızın kütlesi belirlenebilir ve böylece bir çift sistemin sınıflandırması yapılabilir (Chandar ve ark., 2020; Rice ve ark., 2021).

Bu tez çalışmasında, seçilen NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerindeki XRB'ler araştırıldı. Bunun için *Chandra* ve *HST* arşiv verileri kullanıldı. *Chandra* verileri analiz edilerek belirlenen XRB'lerin, optik bölgedeki potansiyel karşılıklarını tanımlamak için ilgili *HST* verileri analiz edildi. Literatürde NGC 1365 ve NGC 4321 galaksilerindeki XRB'lerin X-ışın, morötesi ve kızılötesi bölgede incelendiği çalışmalar mevcuttur (Strateva ve ark., 2009; Lehmer ve ark., 2019; Swain ve ark., 2023). Ancak bu tez kapsamında, *Chandra* ve *HST* analizlerine ek olarak farklı filtrelerdeki *JWST* gözlem verileri de analiz edildi. Böylece belirlenen XRB'lerin X-ışın, optik ve

yakın kızılötesi karşılıkları araştırılarak elektromanyetik tayfin bu üç bölgesinde belirlenen özellikleri tartışıldı.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünya atmosferi X-ışınlarına karşı opak olduğundan, X-ışını yayan kaynaklar yer tabanlı teleskoplarla gözlenemezler. Bu nedenle X-ışın astronomisinde ilk gözlemler balon ve roketlere yerleştirilen detektörlerle yapılıyordu. 1962 yılında roketle yapılan bir gözlemde tespit edilen ilk X-ışın kaynağı olan Sco X-1'in keşfiyle birlikte bu alandaki çalışmalar hızlandı. Ancak, bu yöntemlerle tespit edilen X-ışın kaynaklarının konumsal doğruluğunun yetersiz olması, bu kaynakların optik ve radyo dalga boylarındaki karşılıklarının belirlenmesini zorlaştırmaktaydı (Giacconi 1979).

1970 yılında fırlatılan ilk yörünge X-ışın teleskobu *UHURU*'nun (SAS1) göreve başlamasıyla bu alanda daha ayrıntılı gözlemler yapılmaya başlandı. Roket gözlemlerine kıyasla uydu teleskoplarındaki daha uzun gözlem süresi, daha iyi uzaysal ve zamansal çözünürlük sayesinde, yapılan çalışmaların bilimsel niteliği artmıştır. 1978 yılında, görüntü oluşturabilen ilk X-ışın teleskobu olan *Einstein* Gözlemevi'nin göreve başlaması ile yeni bir dönem başladı ve böylece birçok galaksinin X-ışınlarında gözlenmesi gerçekleşti (Giacconi 1979, Santangelo ve ark. 2023). İlerleyen yıllarda *Einstein* Gözlemevi'nin ardından *ROSAT*, *ASCA* gibi teleskoplarla X-ışın gözlemleri devam etti. Ancak X-ışın çiftlerinin incelenmesinde önemli ilerlemeler *Chandra* yeni nesil X-ışın teleskopu ile gerçekleşmektedir (Gilfanov ve ark. 2022). *Chandra*, yakın dönemde göreve başlayan *XMM-Newton* teleskobunun yaklaşık üçte biri kadar etkin alana (effective area) sahip olmakla birlikte açısal çözünürlüğü (0,5", FWHM'de) olup *XMM-Newton*'un 6" (FWHM) çözünürlüğünden çok daha iyidir (Fabbiano 2006). *Chandra*, hassas açısal çözünürlüğü sayesinde Yerel Grup dışındaki galaksilerde de X-ışın kaynaklarının araştırılmasına olanak tanımaktadır (Gilfanov ve ark. 2023).

XRB'lerin yanı sıra, AGN'ler, SNR'ler, SSS'ler gibi kaynaklar X-ışını yayarlar. Parlak bir AGN'nin yokluğunda, galaksilerdeki X-ışını yayınımlı XRB'ler tarafından baskın olduğu kabul edilir (Grimm ve ark 2003). XRB'ler, bir karadeliğe ya da nötron yıldızı olan sıkı nesne ve ona kütle aktaran bir donör yıldızdan oluşan ikili yıldız sistemleridir. Donör yıldızın kütlesine bağlı olarak genellikle yüksek kütleli X-ışın çiftleri (HMXB, $>10 M_{\odot}$), düşük kütleli X-ışın çiftleri (LMXB, $<1 M_{\odot}$), ve orta kütleli X-ışın çiftleri (IMXB, $1-10 M_{\odot}$) olarak üç sınıfa ayrılır (Tauris ve van den Heuvel 2006). Öte yandan XRB'leri HMXB ($>8 M_{\odot}$), LMXB ($<3 M_{\odot}$) ve IMXB ($3-7 M_{\odot}$) inceleyen çalışmalar da mevcuttur (bkz. Chandar ve ark. 2020, Hunt ve ark. 2023, Avdan ve ark. 2023).

X-ışın ısıtması, $L_X \sim 10 M_{\odot}$ kütleli bir karadeliğin için izotropik Eddington ısıtmasını (L_{Edd}) aşan (yani $L_X > 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ olan) ve aşırı parlak X-ışın kaynakları (ULX) olarak bilinen X-ışın kaynakları da bir sınıf oluşturmaktadır. ULX araştırmalarının başlangıcı *Einstein* Gözlemevi dönemine dayanır (Fabbiano 1989). Bu kaynakların bazılarının orta kütleli karadeliğe (IMBH)

içerdiğini (Colbert ve Mushotzky 1999; Taniguchi ve ark., 2000; Miller ve Colbert 2004) ve bu çift sistemde büyük çoğunluğu süper Eddington yığılma yapan maddenin büyük kütleli donör yıldızdan kaynaklanabileceği dolayısıyla ULX'lerin HMXB'ler olabileceği önerilmiştir (Soria ve ark. 2009; Gilfanov ve ark. 2022). 2014 yılında, M82 galaksisindeki bir ULX'in X-ışınlarında atım (puls) yaptığı *NuStar* gözlemleriyle tespit edilerek, ULX'lerdeki sıkı cismin bir nötron yıldızı olduğu keşfedildi (Bachetti ve ark. 2014). Günümüzde pulsar ULX olarak tanımlanan bu tip kaynakların sayısı çok olmamakla birlikte bu sınıfın büyük bir çoğunluğunu oluşturduğu varsayılmaktadır. Samanyolu ötesi galaksilerde konumlanan 1800'den fazla kataloglanmış ULX bulunmaktadır (King ve ark. 2023).

XRB'leri diğer X-ışın kaynaklarından ayırt etmek için çoklu dalgaboyu gözlemleri, tayf modelleri, X-ışın sertlik oranı (Hardness Ratio, HR) diyagramları, Log(N)-Log(S) ilişkisi, akı değişkenliği, X-ışın ısıtma fonksiyonları (X-ray Luminosity Function, XLF) gibi yöntemler uygulanmaktadır. Galaksimizde ve diğer galaksilerdeki XRB'ler ile ilgili çok sayıda çalışma literatürde mevcuttur, aşağıda tez konumuzla ilişkili olan bazı çalışmalardan örnekler verilmiştir.

Grimm ve ark. (2002), Samanyolu'ndaki XRB'lerin uzaysal dağılımını araştırarak Log(N)-Log(S) ve XLF grafiklerini oluşturdular. Elde edilen sonuçlar, LMXB ve HMXB'lerin uzaysal dağılımlarında önemli farklılıklar olduğunu gösterdi. Bu durumun teorik modeller ve önceki çalışmalarla uyumlu olduğu belirtildi. LMXB'lerin Galaksinin şişkin (bulge) bölgesinde yoğun olduğunu, HMXB'lerin ise iç bölgeden 3-4 kpc uzağa kadar bir alanda bulunmadığını ancak Galaktik düzleme daha yakın bir şekilde yoğunlaştığını belirttiler. Log(N)-Log(S) dağılımlarının ve XLF'lerin de farklılık gösterdiğini belirleyerek, LMXB'lerin daha düz (küçük eğimli) Log(N)-Log(S) dağılımına ve XLF'e sahip olduğu sonucuna ulaştılar. Galaksideki XRB'lerin ısıtma değerlerinin 2-10 keV enerji aralığında LMXB'ler için $L_X \sim 2-3 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$, HMXB'ler için $L_X \sim 2-3 \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ olarak belirlendiğini bildirdiler.

Mirabel ve Rodrigues (2003), keşfedilen Güneş dışı ilk X-ışın kaynağı olan ve daha sonra LMXB olarak tanımlanan Sco X-1'in kökenini araştırdılar. Sco X-1'in uzay hızının ve Galaktik merkez etrafındaki yörüngesini hesapladılar. Kökeninin Samanyolu'nun yerel sarmal kolunda olmadığı sonucuna vardılar. Bununla birlikte, Sco X-1'in galaksi merkezine göre kinematiğinin, iç halenin en yaşlı yıldızları ve küresel kümelerle benzer olduğunu belirlediler. Sonuç olarak Sco X-1'in 30 milyon yıl önce veya daha eski bir dönemde oluştuğunu önerdiler.

Pence ve ark. (2001), *Chandra* 1. Döneminden (Cycle 1) 98,2 ks'lik gözlem verilerini kullanarak yakın (7,2 Mpc) M101 sarmal galaksisindeki X-ışın kaynaklarını inceleyerek bunların tayf, renk-renk diyagramı, LogN-LogS ilişkileri gibi özelliklerini araştırdılar. 0,125-8 keV enerji bandında tespit ettikleri 110 kaynağın yaklaşık %25'inin ardalan AGN olduğunu önerdiler. Parlak kaynaklardan sekizinin gözlem boyunca zamansal değişim gösterdiğini ve daha önce ROSAT ile gözlenen iki kaynağın da *Chandra* gözleminde görülmediğini belirttiler. Bu çalışmaya göre, en

parlak *Chandra* kaynağı aynı zamanda en değişken kaynaktır ve gözlem boyunca 6 kattan fazla bir değişim göstermektedir ve ortalama akısı, daha önce ROSAT ile gözlemlendiğinden 25 kat fazladır.

Ayrıca merkezdeki kaynağın sıra dışı olmadığını, alandaki diğer kaynaklara çok benzediğini belirterek, bunun diğer yakın galaksilerde tespit edilenlere benzer zayıf bir AGN olabileceği gibi çekirdeğe yakın yoğun yıldız ortamında bulunan tipik bir XRB de olabileceğini belirttiler. Kaynaklarının çoğunun sarmal kollara yakın olduğu M101'de teleskobun görüş alanı kolların yarısına yakınına kapsadığından, galaksideki X-ışın kaynaklarının tespit edilenin iki katı kadar olabileceğini önerdiler. Tespit edilen kaynakların çoğunun XRB, SSS, SNR olduğunu önerdiler.

Chandra (ACIS-S) ve *HST* görüntülerini kullanarak M81 galaksisindeki X-ışın kaynakları Swartz ve ark. (2003) tarafından rapor edildi. Tespit edilen 177 X-ışın kaynağının 124'ünün D₂₅ alanı içinde yer aldığını belirlendi. X-ışını kaynaklarının optik özellikleri; *HST/WFPC2* arşiv görüntüleri, Perelmuter ve Racine (1995) tarafından V=21 kadir parlaklığına kadar tamamlanmış katalog ve Dijital Gökyüzü Araştırması (Digital Sky Survey, *DSS*) görüntüleri kullanılarak incelenmiştir. X-ışını kaynaklarının konumlarındaki belirsizlik (3σ güvenilirlikte) değerlendirilmiş ve bu alanda yer alan nesneler olası optik karşılıklar olarak belirlenmiştir. Bu kaynakların konumları, foton sayım oranları (count rates), 0,3-8 keV enerji bandındaki ısıtmaları, potansiyel optik karşılıkları ve kadir değerleri verilmiştir. Ayrıca, düşük ısıtmalı AGN, SN 1993J ve *Einstein* Gözlemevi tarafından keşfedilen aşırı parlak X-ışın kaynağı X6'nın da dahil olduğu en parlak 36 kaynağın tayfsal ve zamansal analizleri sonucunda, M81'deki X-ışın kaynak popülasyonunun ağırlıklı olarak XRB'lerden oluştuğu belirlenmiştir. Disk bölgesinde, şişkin bölgeye kıyasla daha fazla sayıda potansiyel optik karşılığın tespit edilmesi, disk kaynaklarının çevresinde erken tip yıldızların daha bol bulunduğunu ve dolayısıyla bu bölgede HMXB'lerin baskın olabileceğini göstermektedir. Bu bulgu, Grimm ve arkadaşları (2002) tarafından Samanyolu'ndaki XRB'lerin dağılımı üzerine yapılan çalışmayla da tutarlılık göstermektedir.

Prestwich ve ark. (2003), M83 ve M101 geç-tip sarmal galaksileri, NGC 4697 eliptik galaksisi ve M31 ve NGC1291 galaksilerinin şişkin bölgelerini inceledikleri çalışmada, disk ve şişkin bölge sistemlerindeki kaynakların X-ışın renklerinde önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca disklerde görülen yumuşak kaynakların, büyük olasılıkla SNR'lardan geldiği bunların genç yıldız popülasyonu ile ilişkili soğurulmuş (absorbed), sönük, süper yumuşak yığılmaya sahip kaynak popülasyonu olma olasılığının da bulunduğu önerilmiştir. Disklerde görülen, şişkin bölgede görülmeyen sert X-ışın kaynaklarını HMXB olarak tanımlanmış ve sadece X-ışını rengine bakarak herhangi bir kaynağı sınıflandırmanın mümkün olmamasına karşın, bu yöntemle kaynakları bir veya iki ana kaynak türünün baskın olduğu gruplara ayırmanın mümkün olduğunu belirtilmiştir.

Keşfedilen ilk ULX'lerden biri olan NGC 1313 X-2'nin incelendiği bir çalışmada Liu ve ark. (2007) tarafından, *HST/ACS* verilerini kullanarak, X-2 konumunda 0,2" hata yarıçaplı alan

içerisinde bir optik karşılık belirlendi. Optik karşılığın baskın bir yaşlı yıldız popülasyonunun arasında yaşı $\leq 10^7$ yıl olan genç bir kümenin kenarındaki mavi bir yıldız olduğu keşfi bildirildi. Tayfsal enerji dağılımının, yaşı 5×10^6 yıl, kütlesi $8,5 M_{\odot}$ ve metalisitesi, $Z = 0,004$ olan bir yıldızla veya Güneş metalisitesine sahip bir O7 V yıldızıyla tutarlı olduğu belirtildi. Ayrıca bu optik karşılığın, 3 ay arayla yapılan iki F555W gözlemi arasında $0,153 \pm 0,03$ kadirlik bir değişkenlik olduğu belirlenerek bunun çift sistemdeki yörünge hareketinden kaynaklanabileceği önerildi.

Galaksimize en yakın sarmal galaksi M31 için yapılan bir çalışmada (Vulic ve ark. 2014) XRB'ler optik karşılıklarıyla beraber araştırıldı. X-ışın kaynaklarının tespiti için *Chandra* ACIS ile yapılan toplam 1 Ms poz süreli 121 gözlem kullanıldı. PHAT araştırmasından (Panchromatic Hubble Andromeda Treasury Survey) yıldız kümesi kataloğu kullanılarak, galaksinin şişkin bölgesindeki (bulge) 83 yıldız kümesi incelendi. 1" (3,8 pc) içinde 17 X-ışın nokta kaynağıyla eşleşen 15 yıldız kümesi bulundu. Tespit edilen kümelerin çoğunun metalce zengin olduğu belirtildi. Ayrıca 1566 H II bölgesinin konumu 3" (11 pc) alan içerisinde 9 X-ışın kaynağı ile eşleştirilerek 10 optik karşılığın bulunduğu ve daha önce optik karşılığı belirlenmemiş 4 kaynak HMXB adayları olarak belirtildi. M31'deki XRB popülasyonunun ve özellikle diskin incelenmesi ve en sönük XRB'leri araştırmak için PHAT bölgesinin tamamının *Chandra* tarafından incelenmesi gerektiği önerildi.

Mineo ve ark. (2012) çalışmasında, *Chandra*, *Spitzer*, *Galex* ve 2MASS arşiv verilerini kullanarak 29 yıldız oluşumlu yakın galaksideki HMXB'leri ve bunların yıldız oluşum oranı (SFR) ile ilişkilerini incelendi. Tespit ettikleri 1055 kompakt X-ışın kaynağının ~ 300 'ünün AGN olduğunu kalan ~ 700 kaynağın da barınak galaksilerindeki yıldız oluşumuyla ilişkili genç sistemler olduğu belirtildi. Bu kaynakların, yüksek X-ışın ısıtma değerleri ve Samanyolu ile diğer birkaç yakın galaksideki X-ışın popülasyonlarıyla benzerlikleri nedeniyle HMXB olduğu önerildi. Önceki çalışmalarla uyumlu olarak HMXB'lerin, barınak galaksinin yıldız oluşum aktivitesini izlediğini ve bu kaynakların toplam ısıtmasının SFR ile orantılı olduğunu belirtildi.

NGC 55, NGC 2403, NGC4214 galaksilerinin X-ışın nokta kaynağı popülasyonlarının çalışıldığı bir araştırmada (*Chandra Yerel Hacim Araştırması*, CLVS) Binder ve ark. (2015) tarafından, daha önce yayınladıkları NGC 300 ve NGC 404 katalogları birleştirilerek soğurulmamış ısıtma değeri, $L_X > 5 \times 10^{35} \text{ erg s}^{-1}$ (0,35-8 keV bandında) olan 629 X-ışın kaynağı incelendi. Bu kaynakların X-ışın sertlik oranları, tayfsal analizleri, radyal dağılımları ve zamansal değişkenlikleri araştırıldı. X-ışın nokta kaynaklarının olası doğasını sınırlandırmak için çoklu dalgaboyu veri setleriyle çapraz korelasyonlar gerçekleştirildi. Aynı alan ile örtüşen *HST* gözlem verileri, kaynakların XRB, AGN, SNR ya da önalan yıldızı olarak bir ön sınıflandırma yapılması için kullanıldı.

Kuntz ve ark. (2016) tarafından *Chandra* verileri kullanılarak M51 (NGC 5194/5) galaksisinin X-ışın kaynak popülasyonları incelendi. M51'in D₂₅ alanı içinde tespit ettikleri 298 kaynaktan %20'sinin değişken, bir düzinesinin klasik geçici (classical transient) ve yarım düzinesinin de geçici benzeri (transient-like) kaynak olduğunu belirtildi. Herhangi bir gözlemdaki tipik aktif ULX sayısının ~5 olduğunu ve bunlardan sadece ikisinin 12 yıllık gözlemler boyunca aşırı parlak durumda kaldığını keşfedildi. Yapılan incelemeler sonucunda, NGC 5194 de bulunan XRB'leri kullanılarak oluşturulan XLF'lerinin bir güç yasasıyla (1,55 ile 1,7 arasında bir indise sahip) başarılı bir şekilde tanımlandığı belirlendi. Bu değer, HMXB baskın olduğu popülasyonlara kıyasla biraz daha sıkı olmakla birlikte, yine de HMXB'lerin baskın olduğuna işaret ettiği belirtildi. Öte yandan, NGC 5195'te elde edilen XLF'nin ise, LMXB baskın olduğu popülasyonlarla daha iyi örtüştüğü görüldü.

2021 yılında Rice ve ark. *Chandra* ve *HST* arşiv verilerini kullanarak, M51'deki 334 XRB adayının potansiyel optik karşılıklarını araştırdılar. 892 ks'lik *Chandra* ve 8,16 ks'lik *HST* görüntülerinden bu kaynakların X-ışın ve optik karşılıklarının veri analizi sonuçlarını sundular. $L_X > 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$ olan X-ışın kaynaklarının, $N > L_{X,b} \propto L_{X,b}^{1-\alpha}$, $\alpha = 1,65 \pm 0,03$ ile verilen bir güç yasasını takip ettiğini belirttiler. Burada N kaynak sayısını göstermektedir. Ayrıca kaynakların yaklaşık yarısının (173/334) konumları merkez alındığında 1σ hata alanı (0,5") içinde optik karşılıklarının bulunduğunu bildirdiler. Rice ve ark. M51'in uzaklığı (~ 9 Mpc) nedeniyle optik karşılıklar ve kaynak karışıklığı sorunlarına dikkat çekmişlerdir. Kaynaklardan yaklaşık %51'i (153/334) 1σ (0,5") *Chandra* konumsal belirsizliği içinde en az bir optik karşılığa sahipken yaklaşık %75'inin (252/334) 2σ hata içinde en az bir optik karşılığı olduğu belirtildi. Ayrıca 1σ hata içindeki kaynakların %51'inin (88/173) en az iki aday karşılığa sahip olduğu belirlendi.

Aday karşılıkların iki veya daha fazla olduğu durumlarda, potansiyel karşılığı seçmek zordur. Bunun bir yöntemi *Chandra* konumuna en yakın optik kaynağı seçmektir. Diğer taraftan M51'deki XRB'lerin donör yıldızlarının algılanabildiklerinden dolayı büyük kütleli yanı HMXB'ler sınıfına dahil olması beklenmektedir. Dolayısıyla optik karşılığı seçmenin diğer bir yolu 1σ yarıçapındaki (10 piksel) en parlak optik kaynakları seçmektir. Bu iki seçme kriteri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek üzere verilere iki örnekli bir Kolmogorov-Smirnov testi uygulandı. Sonuç olarak iki yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Ayrıca MESA (Modules for Experiments in Stellar Astrophysics) yıldız evrim kodu kullanıldı ve B-V ve V-I renk-renk diyagramları çizdirilerek, aday kaynakların çoğunun $8 M_{\odot}$ 'lik kütle izinin üzerinde olduğu ve böylece onların muhtemel HMXB olarak sınıflandırılabilceği belirtildi.

Ma ve ark. (2023), 2016 yılında yapılan 45 ks'lik bir *Chandra* gözlemini kullanarak çubuklu sarmal galaksi NGC 1559'daki XRB popülasyonunu araştırdılar. Galaksinin yarıçapı 2,7' olan izofotal alanı içinde 33 X-ışın nokta kaynağı belirlendiler. Bu kaynaklardan sekizinin

ısıtmasının $L_X > 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ olduğunu tespit ettiler. Tüm kaynakların X-ışın ışık eğrilerini ve tayflarını inceledikleri çalışmada, bazı düşük sayımlı kaynaklar hariç tüm X-ışın kaynaklarının sert tayflara sahip olduğunu belirlediler. Dolayısıyla ısıtmaların termal olmayan kökenlere sahip olabileceklerini önerdiler. Kaynakların çoğunun belirgin bir X-ışını değişkenliğine sahip olmadıklarını, bununla birlikte bir ULX'in ~ 7500 s'lik bir değişkenlik periyodu gösterdiğini ve bu periyodun sistemin yörünge periyodu olabileceğini belirttiler. Bu ULX'in nadir X-ışın çiftlerinden biri olabileceğini ve sistemdeki sıkı cismin de yıldız kütleli bir karadelik olabileceğini önerdiler.

M101'deki X-ışın nokta kaynak popülasyonunun araştırıldığı bir diğer çalışmada, Chandar ve ark. (2020) tarafından galaksideki 140 X-ışın kaynağı sınıflandırıldı. Kaynakları yalnızca X-ışın özelliklerine göre sınıflandırmak mümkün olmadığından, sınıflandırma için M101'in *HST* ile alınan görüntüleri kullanıldı. Genel olarak HMXB'lerin sarmal kolları takip ettiğini, LMXB'lerin ise şişkin bölgede baskın olmakla birlikte kollar arası bölgede de popülasyon oluşturdıkları belirtildi. 49 kaynağın HMXB, 47 kaynağın LMXB ve 33 kaynağın da IMXB olarak tanımlandığı çalışmada, HMXB ve LMXB'ler ile ilgili sonuçların Lehmer ve ark. (2019) tarafından M101 için verilen sonuçlarla tutarlı olduğu belirtildi.

Avdan ve ark. (2023), NGC 628'deki XRB'ler ve kompakt yıldız kümelerini araştırdılar. 2001-2018 yılları arasındaki *Chandra* arşiv verilerini kullandıkları çalışmada, toplam 75 X-ışın kaynağı tespit ettiler. Biri ULX olan 69 XRB'nin $L_X = 3 \times 10^{36} - 2 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ arasında olduğunu belirlediler. *HST* görüş alanındaki 42 XRB'den 15'i için potansiyel optik karşılıklar belirlendi ve optik karşılık belirlenen XRB'leri HMXB, diğerlerini LMXB olarak tanımladılar. *HST*'nin çok bantlı optik görüntülerinden galaksideki kompakt yıldız kümelerinin de incelendiği çalışmada 864 kompakt yıldız kümesi tanımlandı. Bu kümelerin yaş ve kütle değerlerine dayanarak, önceki çalışmalarla tutarlı olarak HMXB'lerin daha genç yıldız kümeleriyle, LMXB'lerin ise daha kümelerle ilişkili olduğunu buldular.

Akyüz ve ark. (2024) tarafından NGC 4490 ve NGC 4214 galaksilerindeki XRB'lerle kompakt yıldız kümeleri arasındaki ilişki incelendi. *Chandra* arşiv verilerini kullanarak X-ışın ısıtmaları $L_X > 10^{36} \text{ erg s}^{-1}$ olan 32 XRB belirlendi. Çalışmalarında, *HST/WFC3/UVIS* verilerini ile NGC4490'daki 715 kompakt yıldız kümesinin yeni bir kataloğunu sunuldu ve NGC 4124'te de 314 tane küme belirlendi. NGC 4490'da 17 XRB'den 14'ünün, NGC 4214'te ise 15 XRB'nin tamamının kümelerle ilişkili olduklarını belirtildi. NGC 4490 ve NGC 4124'teki XRB'lerden sırasıyla 12'si ve 15'inin potansiyel optik karşılıklarını belirlendi. Beklendiği gibi her iki galaksideki HMXB'lerin, genç yıldız kümeleriyle, LMXB'lerin ise yaşlı kümelerle ilişkili olduklarını görüldü. Ayrıca NGC 4214'teki IMXB'lerin genç kümelerle ilişkili olma eğiliminde olduklarını dolayısıyla bunların oluşum mekanizmalarının HMXB'lere daha benzer olduğu önerildi.

Bu tez çalışmasında incelenen NGC 1365 ve NGC 4321 galaksileri hakkında yapılmış önceki çalışmalar, galaksilerin özellikleriyle birlikte Bölüm 3.2'.de sunulmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında, seçilen iki sarmal galaksi (NGC 1365 ve NGC 4321)' de konumlanan X-ışın çiftleri araştırıldı. Galaksilerin seçiminde; uzaklıkları (< 20 Mpc), sarmal morfolojileri ve eğim açılarının küçük olması ($< 55^\circ$) dikkate alındı. Seçilen galaksilerde XRB'lerin, X-ışın, optik ve kızılötesi bölgesinde özelliklerini incelemek için *Chandra*, *HST* ve *JWST* arşiv verileri kullanıldı. Bu bölümde, XRB'ler ve incelenen NGC 1365 ve NGC 4321 galaksileri hakkında özet bilgiler sunulduktan sonra ilgili teleskoplar ve veri analizinde izlenen yöntemler hakkında bilgi verilmektedir.



Şekil 3.1. Cyg X-1'de yüksek kütleli donör yıldızdan karadeliğe kütle aktarımının tasviri

3.1. X-ışın Çiftleri (XRB)

X-ışın çiftleri, bir donör yıldız ve ondan kütle aktaran bir sıkı nesneden (karadelik, nötron yıldızı ya da beyaz cüce) oluşan ikili yıldız sistemleridir. Genel olarak sıkı nesnesi karadelik ya da nötron yıldızı olan çiftler XRB'ler, sıkı nesnesi beyaz cüce olan çiftler ise kataklismik değişenler olarak tanımlanır. XRB'ler donör yıldızlarının kütlelerine göre genellikle yüksek kütleli X-ışın çifti (HMXB; $M_{\text{donör}} > 8 M_{\odot}$) ve düşük kütleli X-ışın çifti (LMXB; $M_{\text{donör}} < 3 M_{\odot}$) olarak ikiye ayrılır. Donör yıldızının kütlesi bu iki kütle limiti arasında olan XRB'ler ise orta kütleli X-ışın çifti (IMXB) olarak adlandırılır. Kütle aktarımı HMXB'lerde, sıkı nesneye O veya B tipi bir yıldızdan güçlü yıldız rüzgarları ya da Roche lobu taşması ile gerçekleşir. LMXB'lerde ise yıldız rüzgarları yoktur, kütle aktarımı donör yıldızdan Roche lobu taşmasıyla gerçekleşir. Şekil 3.1.'de¹ 1964'te keşfedilen Cyg X-1 için yüksek kütleli yıldızdan Roche lobu taşmasıyla karadeliğin yığılma diskine madde aktarımı gösterilmektedir. XRB'lerin donör kütlelerinin yanı sıra, tayfsal durumları, zamansal değişkenlikleri, X-ışın sertlik oranları gibi özelliklerinin incelenmesi bu kaynakların sınıflandırılmasında önemlidir.

¹ https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/objects/binaries/cygx1_artists.html

3.1.1. Yüksek Kütleli X-ışın Çiftleri (HMXB)

HMXB'ler, donör yıldızının kütlesi $> 8 M_{\odot}$ olan XRB'ler olup donör yıldızlarının özelliklerine göre üç ana sınıfa ayrılır. Bunlar, süperdev HMXB'ler, B-emisyon XRB'ler (BeXB) ve Wolf-Rayet XRB'lerdir (WRXB) (van den Heuvel 2019).

Süperdev HMXB'lerde, donör yıldız Roche lobunu doldurmaya yakın olan bir O- tipi ya da erken B- tipi süperdev yıldızdır. Bu sistemlerin çoğu tutulma gösterir ve yörünge periyotları genellikle 15 günden azdır. Sürekli X-ışın yayan bu sistemlerde madde aktarımı genellikle süperdev yıldızdan güçlü yıldız rüzgarlarıyla gerçekleşir. Bazı durumlarda ise (ör. Centaurus X-3; Schreier ve ark. 1972) madde donör yıldızın Roche lobunun taşmasıyla aktarılır. Bu tür HMXB'lerdeki mavi süper devlerin kütleleri genellikle 20-50 $M_{\odot}$ arasındadır.

B-emisyonlu HMXB'lerin büyük çoğunluğu nötron yıldızı içerir. BeXB'lerin çoğu onlarca yıl sessiz kalan ve ardından haftalar veya aylarca güçlü X-ışın atımları yaparak aniden parlayan tekrarlayan geçici sistemlerdir. BeXB'ler genellikle yaklaşık 15 günden 4 yıla kadar sürebilen görece uzun yörünge periyotlarına sahiptir. Bu sistemlerdeki donör yıldızlar, anakol üzerinde veya ona çok yakın, hızlı dönen B- türü yıldızlardır ve kütleleri genellikle 8-20 $M_{\odot}$ arasındadır.

Bir diğer HMXB sınıfı Wolf-Rayet (WR) XRB'lerdir. WR yıldızları helyum yıldızlarıdır ve bu yıldızlardaki güçlü He, C ve N yayılım çizgileri, son derece güçlü radyasyondan kaynaklanan yıldız rüzgarlarıyla üretilir. Bu rüzgarlarla oluşan kütle kaybı $10^{-5} M_{\odot}/\text{yıl}$ ve hızları ise 2000-5000 km/s arasında değişir. Bu kadar güçlü rüzgarların oluşması için gereken ısıtma ve radyasyon basıncı, kütlesi $> 8 M_{\odot}$ olan helyum yıldızlarında oluşur. 8 $M_{\odot}$ 'ten büyük kütleyle sahip bir helyum çekirdeğinin oluşması için WR yıldızlarının ata yıldızının en az 30 $M_{\odot}$ kütleyle sahip olması gerekir. Bu sistemlerde sıkı nesnenin ise büyük olasılıkla karadelik olduğunu varsayılmaktadır (van den Heuvel ve ark. 2017). Şimdiye kadar yapılan çalışmalar WR'lerin az sayıda (7 HMXB) olduğunu göstermektedir (van den Heuvel 2019). Biri (Cyg X-3) hariç hepsi diğer galaksilerde bulunmaktadır. M101'de WRXB olarak belirlenen ULX-1 dışında, tamamının yörünge periyotları bir gün veya daha azdır.

HMXB'ler, genellikle $kT \geq 15$ keV ile LMXB'lere göre daha sert X-ışın tayfına sahiptir. Düzenli X-ışın atımları gösterebilirler ancak X-ışın patlamaları (X-ray bursts) yaşamazlar. Sıkı nesne olarak karadelik ya da yüksek manyetik alanlı nötron yıldızı içerirler. Kütle aktarımı yıldız rüzgarları ya da Roche lobu taşmasıyla olur. Kütle aktarım süreci $< 10^5$ yıl olup, yaşı $< 10^7$ yıl olan görece genç yıldız popülasyonu ile ilişkilidir.

3.1.2. Düşük Kütleli X-ışın Çiftleri (LMXB)

Bu tip sistemler, genellikle donör yıldızının kütlesi $< 3 M_{\odot}$ olan XRB'ler olarak tanımlanır. LMXB'ler, A- tipinden geç bir donör yıldız ve onun Roche lobunun taşmasıyla kütle aktaran bir karadelik veya nötron yıldızından oluşur. Bu sistemlerin yörünge periyotları 11 dakikadan 17 güne

kadar değişebilir. Yalnızca yörüngesi en geniş olan az sayıda LMXB’lerde optik donör yıldızın tayfı gözlenebilir, diğer durumlarda optik tayf sıcak yığılma diskinden kaynaklanır. LMXB’lerde sıkı bileşenin X-ışın atarcası olanları az sayıdadır. Bunun nedeni nispeten zayıf manyetik alan ($10^9 - 10^{11}$ G) olup, yığılma diskinden maddenin nötron yıldızının yüzeyine düşerken, manyetik alanın zayıflamasına neden olduğu önerilmektedir. Bununla birlikte LMXB’ler, nötron yıldızının ani termonükleer füzyonu olan X-ışın patlamaları gösterebilir. LMXB’lerin çoğu, galaksilerde şişkin bölge ve küresel kümelerde yer alır ve $kT \leq 10$ keV ile HMXB’lere kıyasla daha yumuşak X-ışın tayfına sahiptir. Genellikle ömürleri HMXB’lerden daha uzun olup, $\sim 10^{8-9}$ yıl olduğu belirtilmektedir (Tauris ve van den Heuvel 2006).

LMXB’lerin oluşumu için iki temel senaryo vardır. Bunlardan biri, galaktik alanlar içinde yerinde oluşan çift sistemlerdeki düşük kütleli donör yıldızların, sıkı nesnelere Roche lobu taşmasıyla kütle aktarmasıdır. Diğer senaryoya göre LMXB’ler, küresel kümeler gibi yıldız yoğunluğu yüksek ortamlardaki dinamik etkileşimler (örneğin gel-git yakalaması ve kümelerde çoklu cisim etkileşimleri) yoluyla oluşmuştur. LMXB’lerin küresel kümelerde çok yüksek oluşum verimliliği düşünüldüğünde (alan LMXB’lerinden yıldız kütlesi başına $\sim 50-100$ kat fazla), alan LMXB’lerinin başlangıçta küresel kümelerde oluşup daha sonra fırlatılarak ya da küresel kümelerin dağılması nedeniyle galaktik alanlara dağılabileceği öne sürülmüştür (Gilfanov ve ark., 2022 ve içindeki kaynaklar).

3.1.3. Orta Kütleli X-ışın Çiftleri (IMXB)

XRB’ler genel olarak yüksek ve düşük kütleli olarak iki sınıfta toplansa da bu iki sınıfın kütle limitleri arasında kütleyle sahip donör yıldız içeren XRB’lerin de (IMXB) var olması gerektiğini önerilmektedir (Tauris ve van den Heuvel, 2006). IMXB’lerin diğer XRB sınıfları kadar kolay gözlenememesinin, IMXB’lere karşı basit bir seçim etkisinin sonucu olabileceğini belirttiler. Buna göre IMXB’lerde donör yıldızlar gözlemlenebilir X-ışın kaynağını güçlendirecek yüksek yıldız rüzgarlarını üretecek kadar büyük kütleli değildir. IMXB’ler Roche lobu taşması evresinden geçtiklerinde, donör yıldız ile nötron yıldızı arasındaki nispeten büyük kütle oranı, bu evrenin kısa süreli olmasına neden olur. Sistem ortak bir zarf evresinden geçerek ya da alt-termal bir zaman ölçeğinde (Tauris ve ark. 2000) birkaç bin yılda evrimleşir. Ayrıca bu koşullar altındaki çok yüksek kütle transfer oranları, yayınlanan X-ışınlarının nötron yıldızının çevresindeki yoğun gaz içinde soğurulmasına neden olabilir. Böylece HMXB ve LMXB’ler sırasıyla güçlü yıldız rüzgârı ve Roche lobu taşması ile beslenen kalıcı X-ışın kaynakları olarak doğal bir şekilde seçilir. IMXB’lere karşı seçim etkilerine rağmen nötron yıldızına sahip IMXB’ler keşfedilmiştir. Bununla birlikte sıkı nesnesi bir karadeliği olan IMXB’ler daha yaygındır (Tauris ve van den Heuvel 2006).

3.2. Seçilen Galaksiler

Bu tez çalışmasında XRB popülasyonları araştırılan NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerin özellikleri ve galaksiler ile ilgili önceki çalışmaların bir özeti aşağıda verilmektedir.

3.2.1. NGC 1365

NGC 1365, uzaklığı $\sim 17,4$ Mpc olan, Hubble sınıflandırmasına göre Sab-Sb morfolojik yapıda, hızlı yıldız oluşumlu ($SFR=10,3 M_{\odot}/yıl$) bir çubuklu sarmal galaksidir (Wang ve ark. 2016). Moleküler bir gaz halkası (torus), çok sayıda yıldız oluşum bölgesi ve sürekli radyo ışıması yayan kaynaklarla çevrili bir Seyfert çekirdeğine sahiptir. (Lindblad 1999). Bununla birlikte galaksi aralarında ULX'lerin de olduğu bir X-ışın nokta kaynak popülasyonu barındırır.

Komossa ve ark. (1998) NGC 1365'teki ULX'lerden biri olan RX-J0333-36'ın tayfsal ve uzaysal özelliklerini incelediler. Bu kaynak o zamana kadar bilinen en parlak ve en değişken merkez dışı X-ışını kaynaklarından biriydi. ROSAT (ROentgen SATellite) HRI (High Resolution Imager) verilerinin kullanıldığı çalışmada Komossa ve ark., kaynağın, ~ 6 aylık bir sürede 10 kat kadar bir akı değişkenliği gösterdiğini belirlediler. Çeşitli tayf modellerini inceledikleri çalışmada, verilere en uygun modelin bir güç yasası artı Raymond-Smith modeli olduğunu belirlediler. Sonuç olarak, güç yasası bileşeninin aktif çekirdekten kaynaklandığını, Raymond-Smith bileşeninin ise yıldız patlamasıyla ilişkili olabileceğini önerdiler.

Risaliti ve ark. (2005), NGC 1365'in merkezindeki Aktif Galaktik Çekirdeği *Chandra* ve *XMM-Newton* verileriyle incelediler. AGN'nin tayfsal geçişkenliğinin araştırıldığı bu çalışmada, 3 haftadan az bir süre içinde yansıma baskın (reflection dominated) durumdan, iletim baskın (transmission dominated) durumu geçiş olduğunu keşfettiler, ki bu tür aşırı tayfsal geçişler için o zamana kadarki en kısa süredir.

Soria ve ark. 2007 yılındaki bir başka çalışmada, 2002 ve 2006 arasında yapılan 12 *Chandra* ve *XMM-Newton* gözlemi ile oldukça değişken bir aşırı parlak X-ışın kaynağını araştırdı. X-ışın lüminositesi 0,3-10 keV enerji bandında $L_X \approx 3 \times 10^{40} \text{ erg s}^{-1}$ mertebesine ulaşan bu kaynağın, tayfsal özelliklerini ve ışıma mekanizmalarını inceleyerek sıkı cismin kütlesinin ~ 50 -150 $M_{\odot}$ olduğunu önerdiler.

2009 yılındaki bir başka çalışmada Strateva ve ark. NGC 1365'in merkezine 200" (~ 200 kpc) mesafedeki 26 nokta kaynağı incelediler. Yine *Chandra* ve *XMM-Newton* verilerinin kullanıldığı bu çalışmada ROSAT döneminden beri bilinen en parlak X-ışını kaynağı olan ve X-ışınlarında 30 kat değişkenliğe sahip ULX X-1 ile X-ışın akısı >90 değişkenliğe sahip geçici bir ULX olan X-2 daha ayrıntılı incelendi.

Swain ve ark. (2023), galaksideki AGN'yi ve merkez dışındaki X-ışın kaynaklarını çoklu dalgaboylarında inceledi. *Chandra*, *Astrosat*, *Spitzer* ve *Herschel* teleskop verilerinden yararlandıkları çalışmada, yakın morötesi (NUV) bandında çekirdekten 7" uzaklıkta iki parlak sıcak

nokta ve uzak morötesi (FUV) bandında bir parlak nokta keşfettiler. Kızılötesi ışıma yapan bölgeler ve H_α bölgesi ile ilişkili olan bu bölgelerin, morötesi radyasyonla iyonize olduğunu ve daha az AGN katkısı olan yüksek yıldız oluşum bölgeleri olduklarını belirttiler. *Chandra* ile tespit ettikleri nükleer olmayan kaynaklardan, dört tanesinin morötesi, beş tanesinin de kızılötesi karşılıklarını belirlediler. Bu kaynakların çoğunun HII bölgelerine karşılık geldiğini tespit ettiler. Bunların içinden iyi bilinen bir ULX olan X2'in, 3" (270 pc) yarıçapındaki bir daire içinde parlak bir morötesi noktaya sahip olduğunu ve bu kaynağın gözlenen morötesi emisyonundan sorumlu olabileceğini öne sürdüler.

3.2.2. NGC 4321

NGC 4321 (M100), uzaklığı 14,3 Mpc ve morfolojik yapısı Sbc-Sc olan hızlı yıldız oluşumlu ($SFR = 2,04 M_\odot/\text{yıl}$) bir sarmal galaksidir (Wang ve ark. 2016; Lehmer ve ark. 2019).

Kaaret ve ark. (2008), yüksek SFR'ye sahip NGC 4194 ve NGC 7541 galaksilerindeki X-ışın nokta kaynak popülasyonu ve 2-10 keV bandında ısıtmalarını incelediler. Bu iki galaksi için XLF'lerin Grimm ve ark. tarafından yıldız oluşumlu galaksilerden oluşan örneklem için bulunan XLF ile tutarlı olduklarını tespit ettiler. Elde ettikleri sonuçları, içinde NGC 4321'in de olduğu SFR'leri $1 M_\odot \text{ yıl}^{-1}$ üzerindeki galaksilerden oluşan bir örneklemle birleştirerek XRB popülasyonlarının SFR ile ilişkisini araştırdılar. NGC 4321'de D_{25} alanı içerisinde belirledikleri 50 X-ışın kaynağının sertlik, akı ve ısıtma değerlerini hesapladılar. 27 kaynağın ısıtmalarının $L_X > 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ olduğunu belirlediler.

2019 yılında Lehmer ve ark. *Chandra* verilerini kullanarak uzaklıkları 3,4 – 29 Mpc arasında değişen 38 yakın galaksideki XRB popülasyonlarının XLF'lerini ve bunların ölçekleme ilişkilerini incelediler. Spitzer Kızılötesi Yakın Galaksiler Araştırması'ndan (SINGS) alınan bu galaksi örnelemi, yıldız oluşum oranı (SFR) ve yıldız kütlelerinin alt galaktik ölçeklerde ölçülmesine olanak sağlayan zengin *Chandra* (5,8 Mpc) ve çoklu dalgaboyu verisine sahiptir.

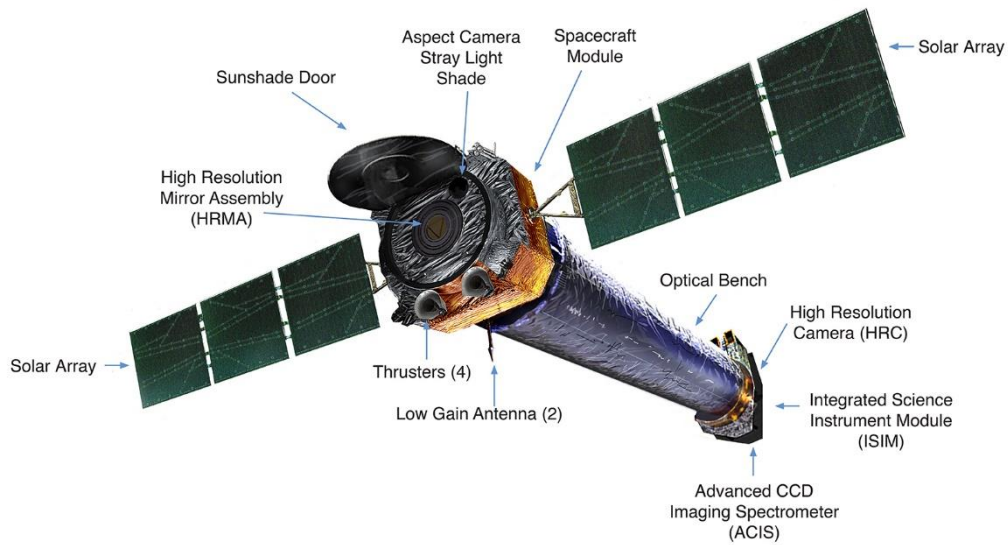
Lehmer ve ark. 2478 X-ışın kaynağını özel yıldız oluşum oranlı ($sSFR = SFR/M_*$) 21 alt örneğe bölerek XLF'ler oluşturdu. XLF'nin $sSFR$ 'ye bağlılığını modellemek için sırasıyla $sSFR$, M_* ve gökyüzü alanıyla ölçeklenen yüksek HMXB'ler, LMXB'ler ve kozmik X-ışını arka planından gelen katkıları içeren küresel bir XLF modelini kullandılar. HMXB XLF'sinin daha önce bildirilenden daha karmaşık bir yapıya sahip olduğunu, ayrıca LMXB XLF'sinin muhtemelen $sSFR$ ile değiştiğini, bu durumun ise yıldız yaşına bağlı olabileceğini önerdiler.

3.3. Teleskoplar

Bu bölümde, bu tez çalışmasında verileri kullanılan *Chandra*, *HST* ve *JWST* teleskoplarının özellikleri verilmektedir.

3.3.1. Chandra X-ışın Gözlemevi

Adını Hint asıllı Amerikalı astrofizikçi Subrahmanyam Chandrasekar'dan alan ve 23 Temmuz 1999'da Columbia Uzay Mekiği ile uzaya fırlatılan *Chandra*, üzerindeki bir itki sistemi sayesinde görev yapacağı eliptik yörüngeye yerleştirildi. *Chandra*'nın yörüngesinin Dünya'ya en yakın ve en uzak olduğu mesafeler sırasıyla ~16000 km ve ~140000 km'dir ve yörünge periyodu 64 saat 14 dakikadır. Yörüngesinin yaklaşık %85'ini Dünya'yı çevreleyen yüklü parçacık kuşaklarının üzerinde geçirir. Bundan dolayı çoğu alçak yörüngeli uyduya göre daha uzun süre (~55 saat) gözlem yapabilme avantajına sahiptir. NASA'nın dört büyük gözlemevi projesinden biri olan *Chandra*, bugüne kadar görev yapan en gelişmiş X-ışın teleskobudur² (bkz. Şekil 3.2.).



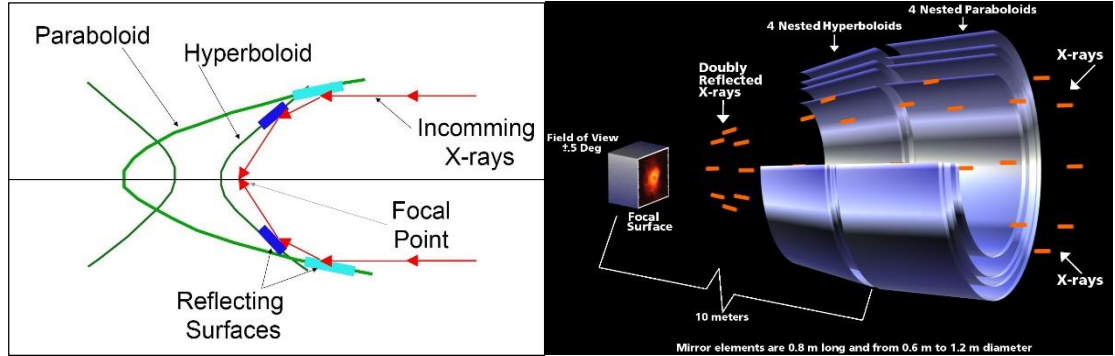
Şekil 3.2. *Chandra* ve üzerinde konuşlu araçlar

Chandra, gök cisimlerinden gelen X-ışınlarını aynalardan yansıtarak odaklayan bir teleskop, görüntü ve tayf oluşturan bilimsel araçlar ve bu araçların çalışabilmesi için gerekli donanımı barındıran kapsamlı bir gözlem aracıdır.

X-ışın fotonları yüksek enerjileri nedeniyle aynalara etkili bir şekilde nüfuz eder. Bu nedenle X-ışın teleskop aynalarının, optik teleskoplardan farklı olarak fotonların aynalardan çok küçük açılarla yansıtacak şekilde tasarlanması gerekir. *Chandra*'nın teleskop sistemi Yüksek Çözünürlüklü Ayna Düzenegi (High Resolution Mirror Array, HRMA) adlı dört çift eş merkezli Wolter Tip-1 aynadan oluşur. Her çiftin ön aynası bir paraboloid, arka aynası bir hiperboloiddir (bkz. Şekil 3.3.). Sekiz aynanın tamamı Zerodur camından üretilmiş, cilalanmış ve krom bir bağlama tabakası üzerine iridyum ile kaplanmıştır. Aynalar yaklaşık 1000 kg ağırlığındadır ve ayna

² Bu bölümde verilen şekiller <https://chandra.harvard.edu/about/> adresinden alınmıştır.

çiftlerinin en büyük olanının çapı 1,2 m olup *Einstein* teleskobunun çapının iki katıdır. Teleskobun odak uzaklığı 10 m'dir.



Şekil 3.3. Wolter Tip-1 teleskoplarının ışık yolu, sağda *Chandra* HRMA'nın çalışma şeması

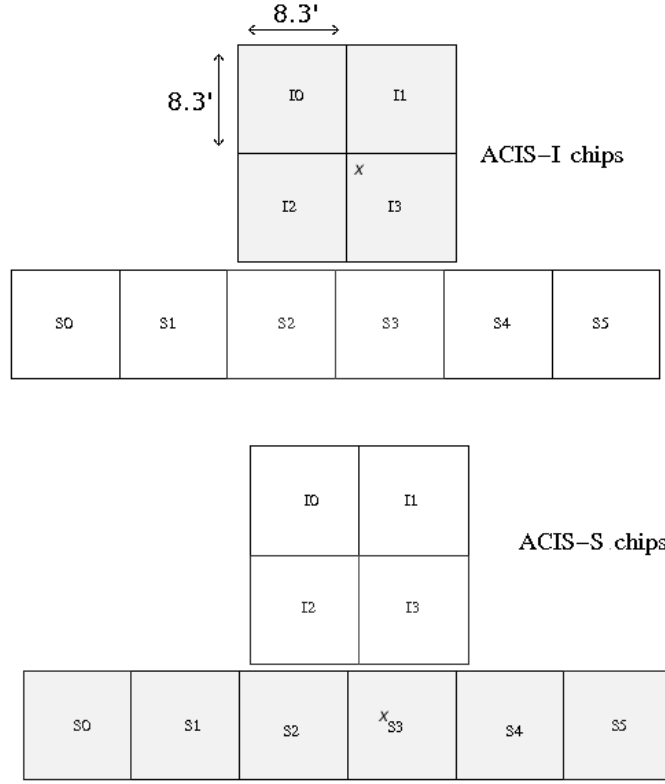
Chandra'da gözlenen kaynaklardan gelen X-ışınlarının özelliklerini algılamak için dört bilimsel enstrüman bulunur. Yüksek Çözünürlüklü Kamera (High Resolution Camera, HRC) ve Gelişmiş Yük Bağlaşımlı Cihaz Görüntüleme Tayfçekeri (Advanced CCD Imaging Spectrometer, ACIS), aynalar tarafından odaklanan fotonların, sayılarını, konumlarını, enerjilerini ve varış zamanlarını kaydeder. Algılanan fotonların X-ışınları hakkında ayrıntılı tayfsal bilgi edinmek için, Yüksek Enerji İletim Izgarası (High Energy Transmission Grating, HETG) ve Düşük Enerji İletim Izgarası (Low Energy Transmission Grating, LETG) kullanılır. Bu tez çalışmasında ACIS ile yapılan *Chandra* gözlemleri kullanıldı. Aşağıda *Chandra*'da konuşlu odak düzlemi bilimsel araçlarının özelliklerinden bahsedilmektedir.

Yüksek Çözünürlüklü Kamera (HRC)

HRC, görüntüleme için optimize edilen HRC-I ve tayf için kullanılan HRC-S olmak üzere iki dedektörden oluşan bir mikrokanal levha aracıdır. 0,08-10 keV enerji aralığı ile ACIS'ten daha düşük bir aralığa sahip olmakla birlikte $\Delta E/E \sim 1$ ile daha düşük tayfsal çözünürlüğe sahiptir. (<https://asc.harvard.edu/cal/Hrc/>). HRC-I'nın görüş alanı $30' \times 30'$ olup *Chandra*'daki enstrümanlar içinde en büyük görüş alanına sahiptir. HRC-S'nin görüş alanı ise $6' \times 99'$ dır.

Gelişmiş CCD Tayfölçeri (ACIS)

ACIS, kameraya gelen X-ışın fotonlarının sayısını, konumunu, enerjisini ve varış zamanını kaydeder. Yüksek çözünürlüklü ($\sim 1''$) görüntüleme, orta çözünürlüklü tayf ölçümü ve zamanlama çalışmaları için kullanılır. Ayrıca HETG ve daha az yaygın olarak LETG ile yüksek çözünürlüklü tayf ölçümü için de kullanılır. ACIS, 4 çipli ACIS-I ve 6 çipli ACIS-S olmak üzere iki CCD dizisinden oluşur. ACIS'nin şeması Şekil 3.4.'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. ACIS çiplerinin enstrüman düzeni

ACIS-I, 4 ön aydınlatmalı çipten oluşur. ACIS-S ise 4 ön ve 2 arka aydınlatmalı çipten oluşur. Arka aydınlatmalı S3 çipi en iyi odak konumunda bulunur ve ACIS-S genellikle görüntüleme gözlemleri için kullanılır. ACIS-I, daha geniş alan ($16' \times 16'$) veya daha yüksek enerji yanıtı (response) gerektiğinde tercih edilir. Ancak ACIS-S, daha küçük ($8' \times 8'$) bir görüş alanının ve/veya düşük enerji yanıtının yeterli olduğu durumlarda tercih edilir.

Yüksek ve Düşük Enerji İletim Izgaraları (HETG ve LETG)

HETG, HRMA ve bir odak düzlemi görüntüleyici (HRC ya da ACIS) ile kullanıldığında bu sisteme HETG tayfölçeri (HETGS) adı verilir. HETGS nokta ve birkaç açısı saniyesi genişliğindeki kaynaklar için 0,4-10 keV enerji aralığında yüksek çözünürlüklü tayflar sağlar ($\Delta E/E$ oranı 1000'e kadar). Ayrıca O'dan Fe-K'ye kadar olan çizgileri net bir şekilde çözebilir.

Benzer şekilde LETG (Düşük İletim Izgarası) de HRMA ve bir odak düzlemi görüntüleme dedektörüyle birlikte LETG tayfölçeri (LETGS) olarak kullanılır. LETG ile kullanılmak üzere tasarlanan birincil dedektör HRC-S'dir. 0,6 keV'nin altında daha düşük kuantum verimliliği ve HRC-S'den daha küçük bir tespit aralığı ile ACIS-S de kullanılabilir. LETGS 0,07-0,15 keV (80-175 Å) enerji aralığında yüksek çözünürlüklü tayf ölçümü ($\Delta E/E > 1000$) yapabilir ve daha yüksek enerjilerde orta dereceli çözünürlük sunar. *Chandra*'da kullanılan bilimsel enstrümanlar hakkında ayrıntılı bilgi için "The *Chandra* Proposers' Guide"³ adlı çalışmaya bakılabilir.

³ <https://cxc.harvard.edu/proposer/POG/pdf/MPOG.pdf>

3.3.2. Hubble Uzay Teleskobu (HST)

HST, yapılan uzun tasarım ve yapım çalışmaların ardından 24 Nisan 1990'da Discovery Uzay Mekiği ile fırlatıldı ve görev yapacağı yörüngeye yerleşti. NASA'nın dört büyük gözlemevi projesinden biri olan *HST*, adını Samanyolu dışında başka galaksilerin var olabileceğini gösteren ve galaksileri şekillerine göre sınıflandıran Amerikalı astronom Edwin Hubble'dan alır.

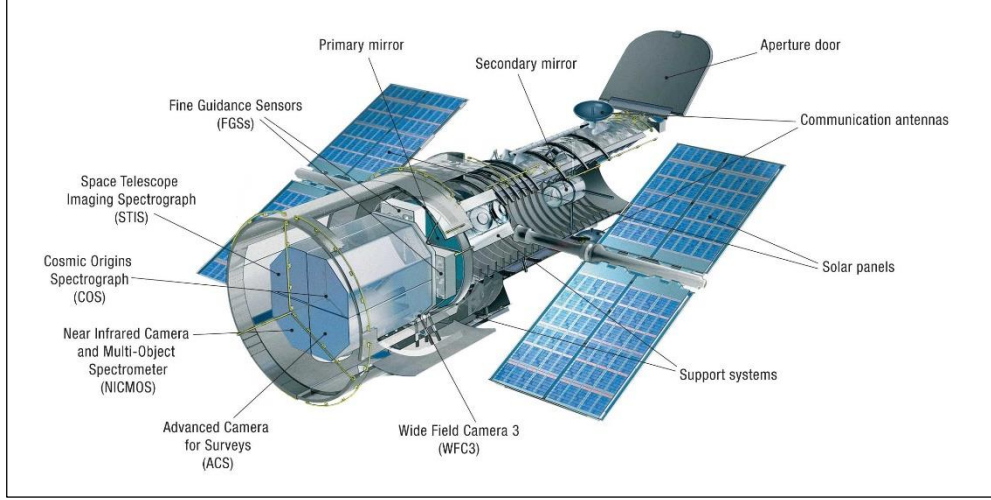
HST (bkz. Şekil 3.5.)⁴, 13 m uzunluğunda 4,3 m genişliğinde 12.200 kg ağırlığındadır. 515 km yörünge yüksekliğinde görev yapan *HST*, Alçak Dünya Yörüngesinde dolanır. Yörünge periyodu yaklaşık 95 dakikadır. Teleskop, özel bir Cassegrain türü olan Ritchey-Chrétien tipi bir optik yapıya sahiptir. Birincil ve ikincil ayna alüminyumla kaplı özel bir cam ve morötesi ışığı yansıtan özel bir alaşımdan yapılmıştır. Teleskobun birincil ayna çapı 2,4 m olup, sıkıştırılmış odak uzunluğu 6,4 m'dir. Gelen ışık birincil aynadan yansıyarak 30,5 cm çaplı ikincil aynaya gelir, oradan da odak düzlemi bilimsel enstrümanlara yansıtılır.



Şekil 3.5. *HST*'nin yörüngesinde dolanırken 1999'da alınan görüntüsü

Yerinde bakım onarım yapılmak üzere tasarlanan *HST*'ye 1993'ten 2009'a kadar 5 kez (Servicing Mission 1-2-3A-3B-4) bakım servisi yapılmıştır. Teleskopta son servisin yapılmasıyla birlikte mevcut olarak altı bilimsel enstrüman görev yapmaktadır (bkz Şekil 3.6.). Bunlar ACS (Advanced Camera for Surveys), COS (Cosmic Origin Spectograph), STIS (Space Telescope Imaging Spectograph), WFC3 (Wide Field Camera 3), FGS (Fine Guidance Sensor) ve NICMOS (Near Infrared Camera and Multi-Object Spectrometer) şeklindedir.

⁴ Bu bölümde verilen şekiller <https://science.nasa.gov/mission/hubble/> adresinden alınmıştır.



Şekil 3.6. *HST*'de konuşlu araçların konumları

Bu çalışmada WFC3 gözlem verileri kullanıldı. Aşağıda WFC3'ün özellikleri ile ilgili bilgiler verilmektedir. Diğer enstrümanlar hakkında www.nasa.gov/mission/hubble adresinden ayrıntılı bilgi edinilebilir.

Geniş Alan Kamerası 3 (WFC3)

WFC3, *HST*'nin ilk bakım ve onarım görevi (Servicing Mission 1) ile 1993'te göreve başlayan WFPC2'nin (Wide-Field and Planetary Camera 2) yerine beşinci ve son servis görevinde 2009 yılında teleskoba eklendi. Morötesinden yakın kızıl ötesine kadar görüntü alabilen WFC3, görünür bölge gözlemleri için geliştirilen ACS'yi tamamlayıcı niteliğe sahiptir. ACS morötesi ışığı algılayabilir ancak görüş alanı küçüktür. WFC3 iki kanallı bir cihaz olarak tasarlanmıştır. Gözlenen kaynaktan WFC3'e gelen ışık, ya 200-1000 nm dalgaboylarını algılayabilen morötesi-görünür (Ultraviolet-Visible, UVIS) kanalına ya da 800-1700 nm dalgaboylarını algılayabilen yakın kızılötesi (Near-Infrared, NIR) kanalına yönlendirilir. Dolayısıyla aynı anda tek bir kanal çalışabilir.

UVIS kanalı, piksel başına 0,04" çözünürlüğe ve 162" × 162" görüş alanına sahip iki 2k × 4k CCD içerir. IR kanalı ise piksel başına 0,13" çözünürlüğe, 136" × 123" görüş alanına ve ışığa duyarlı yüzeyi HgCdTe alaşımı ile kaplı bir dedektöre sahiptir. WFC3, 16 megapikselli UVIS CCD'sinin ışığa karşı yüksek hassasiyeti ve geniş görüş alanıyla birlikte, ACS'nin Yüksek Çözünürlüklü Kanalı'nın (High Resolution Channel) keşif gücünün 35 katına ulaşır. WFC3/NIR'deki HgCdTe dedektörü, NICMOS'taki dedektörlerin daha gelişmiş bir versiyonudur. WFC3/NIR, NICMOS'tan 6 kat daha fazla görüş alanına ve 16 kat daha fazla piksele sahiptir. Şekil 3.7.'de⁵ WFC3 kamerasının bir fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 3.7. *HST/WFC3*

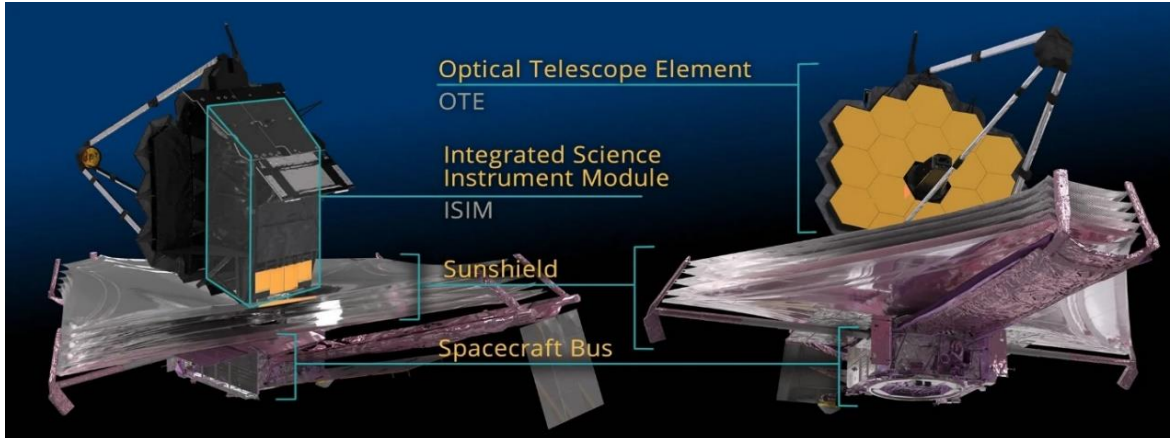
3.3.3. *James Webb Uzay Teleskobu (JWST)*

NASA, ESA ve Kanada Uzay Ajansı (CSA) tarafından ortak geliştirilen *JWST* şimdiye kadar yapılmış en güçlü uzay teleskobudur. 25 Aralık 2021 tarihinde bir Arian 5 roketiyle uzaya fırlatıldı⁶. *JWST*'nin yörüngesi *HST* gibi Dünya'nın etrafında değil, Dünya'ya yaklaşık 1,5 milyon km uzaklıktaki L₂ noktasındadır. Bu sayede, Güneş etrafında dolanırken Dünya ile aynı hizada kalarak üzerindeki Güneş kalkanı sayesinde Güneş, Dünya ve Ay'dan gelen ışık ve ısıdan korunabilmektedir. Kızılötesi bölgede gözlem yapmak üzere tasarlanan *JWST*, adını NASA'nın 1961-1968 yılları arasında yöneticiliğini yapan Amerikalı bürokrat James Edwin Webb'den alır.

JWST (bkz. Şekil 3.8.)⁷, Optik Teleskop Elemanı (Optical Telescope Element, OTE), Entegre Bilim Enstrüman Modülü (Integrated Science Instrument Module, ISIM), Güneş kalkanı (Sunshield) ve uzay aracını çalıştırmak için gerekli alt sistemleri barındıran "Spacecraft Bus" adlı birim olmak üzere dört ana kısımdan oluşur. OTE'de 6,5 m çaplı içbükey birincil ayna, 0,74 m çaplı dışbükey ikincil ayna, dışbükey dikdörtgen üçüncül ayna ve düz ince yönlendirme (fine steering) aynası olmak üzere dört ayna bulunur. Ayrıca teleskobun optik sistemi ile tüm bilimsel enstrüman modülünü de taşıyan arka panel (backplane) adlı yapı mevcuttur. Birincil her birinin genişliği 1,32 m olan altıgen şeklindeki 18 aynadan oluşur. Bu çaptaki bir aynayı yörüngesine fırlatmak çok zor olacağından, aynanın hafif olması gerekiyordu. Bunun için aynanın yapımında güçlü ve hafif bir element olan berilyum (Be) kullanıldı. Altıgen parçaların her birinin ağırlığı yaklaşık 20 kg'dır.

⁶ <https://science.nasa.gov/mission/webb/spacecraftoverview/>

⁷ <https://science.nasa.gov/mission/webb/>



Şekil 3.8. *JWST* ve ana bileşenleri

Gözlem sırasında teleskoba gelen kızılötesi ışınlar, aynalar tarafından odaklanarak ISIM’e yönlendirilir. ISIM’de Yakın-Kızılöte Kamerası (Near-Infrared Camera, NIRCam), Yakın-Kızılöte Tayfçeker (Near-Infrared Spectrograph, NIRSpec), Orta-Kızılöte Enstrümanı (Mid-Infrared Instrument, MIRI) ve İnce Kılavuz Sensörü/Yakın Kızılöte Görüntüleyici ve Yarıksız Tayfçeker (Fine Guidance Sensor/Near InfraRed Imager and Slitless Spectrograph, FGS/NIRISS) olmak üzere dört ana bilimsel enstrüman bulunur.

JWST bir kızılötesi teleskop olduğundan üzerindeki aynalar ve dedektörler, uzak nesnelerden gelen zayıf ısı sinyallerini tespit edebilmeleri için çok düşük sıcaklıklarda tutulmalıdır. Güneş kalkanı, teleskobu dış kaynaklardan gelen ısı ve ışığın yanı sıra teleskobun kendi yaydığı ısıdan da korumak üzere tasarlanmıştır. Güneş kalkanı, Kapton adı verilen özel termal özelliklere sahip hafif bir malzemeden üretilen ve alüminyumla kaplanan beş katmandan oluşur. Teleskobun, çalışabilmesi için 50 K’nin (-223°C) altındaki sıcaklıklara ihtiyacı vardır. Kalkanın Güneş’e bakan tarafındaki iki katman, Güneş ısını uzaya geri yansıtmak için işlenmiş silikonla kaplanmıştır. En dıştaki (Güneş’e bakan) katmanda modellenen maksimum sıcaklık yaklaşık 230°C , diğer taraftaki katmanda modellenen minimum sıcaklık ise yaklaşık 36 K’dir. Yakın kızılötesi enstrümanlar (NIRCam, NIRSpec, FGS/NIRISS), pasif bir soğutma sistemi ile yaklaşık 39 K’de çalışır. Orta kızıl ötesi enstrümanın (MIRI) çalışabilmesi için helyum soğutucu veya kriyo soğutucu sistem kullanılarak 7 K’ye kadar düşük sıcaklıklara ulaşılır.

Bu tez çalışmasında ISIM’de bulunan yakın kızılötesi enstrümanlardan olan NIRCam ile alınan görüntüler kullanıldı. Aşağıda bu cihaz ile ilgili bilgiler verilmektedir. *JWST*’de bulunan diğer bilimsel enstrümanlar ve sistemler hakkında daha ayrıntılı bilgi için <https://science.nasa.gov/mission/webb/> adresi ziyaret edilebilir.

Yakın Kızılöte Kamerası (NIRCam)

JWST'nin birincil yakın-kızılötesi görüntüleyicisi olan NIRCam (Şekil 3.9.), 0,6-5 μm dalgaboyu aralığında yüksek çözünürlüklü görüntü ve tayf sağlar⁸. NIRCam, gökyüzündeki bitişik görüş alanlarına işaret eden ve aynı anda kullanılabilen iki modülden oluşur. Her iki modül de özellikleri Çizelge 3.1.'de⁹ verilen kısa (0,6-2,3 μm) ve uzun (2,4-5 μm) dalgaboyu kanallarında aynı anda gözlem yapmak için bir dikroik (dichroic) kullanır.



Şekil 3.9. NIRCam'ın bir fotoğrafı

NIRCam, bilimsel amaçlı beş gözlem moduna sahiptir, bunlar; görüntüleme, koronografik görüntüleme, geniş alan yarıksız spektroskopi, zaman serisi görüntüleme ve grizm zaman serisi şeklindedir.

Çizelge 3.1. NIRCam'ın kısa ve uzun dalgaboyu kanallarının bazı özellikleri

Özellik	Kısa Dalga Boyu Kanalı	Uzun Dalga Boyu Kanalı
Dalga Boyu Aralığı	0.6–2.3 μm	2.4–5.0 μm
Görüş Alanı	$2 \times 2.2' \times 2.2'$ ($4''$ – $5''$ aralıklı boşluklarla)	$2 \times 2.2' \times 2.2'$
Görüntüleme Pikseli	$8 \times 2040 \times 2040$ piksel	$2 \times 2040 \times 2040$ piksel
Piksel Ölçeği	0.031"/piksel	0.063"/piksel

3.4. Gözlemler ve Veri Analizi

Bu tez çalışmasında, NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerindeki X-ışın çiftleri araştırıldı. *Chandra*¹⁰, *HST* ve *JWST*¹¹ arşiv verileri ilgili sitelerden indirildi. Her iki galakside

⁸ <https://webbtelescope.org/contents/media/images/01FA0SZSEW1TZ51BHG0EGW2EZP>

⁹ <https://jwst-docs.stsci.edu/jwst-near-infrared-camera/#gsc.tab=0>

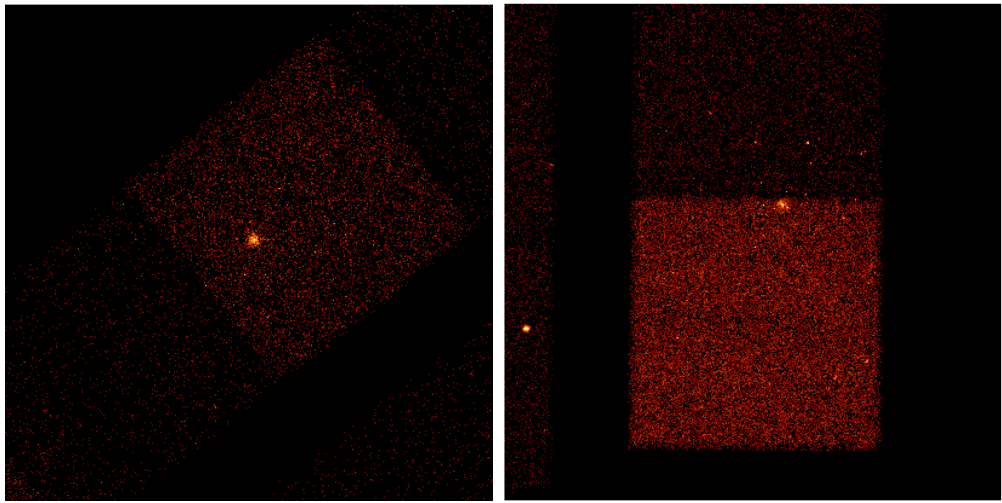
¹⁰ <https://cda.harvard.edu/chaser/>

¹¹ <https://mast.stsci.edu/portal/Mashup/Clients/Mast/Portal.html>

Chandra verilerinden tespit edilen XRB'lerin, olası optik ve yakın kızılötesi karşılıklarını belirlemek için *HST* ve *JWST* verileri kullanıldı. *Chandra* veri analizi sonucu X-ışın kaynakları belirlendi ve bu kaynaklar arasından potansiyel XRB'ler tespit edilerek onların X-ışın sayım oranları, akı ve ısıtma değerleri hesaplandı. *Chandra* ile *HST* ve *JWST* görüntüleri arasında astrometrik düzeltme yapılarak belirlenen hata alanı içerisinde XRB'lerin, optik ve yakın kızılötesi karşılıkları araştırıldı. XRB'lerin, *HST* ve *JWST* gözlemlerinde tespit edilen potansiyel karşılıklarının farklı filtrelerdeki görünür parlaklık (kadir) değerleri bu filtrelerdeki ve akıları hesaplandı. Her bir teleskop için arşivlerinden indirilen verilerin analiz adımları aşağıda özetlenmektedir.

3.4.1. *Chandra* Analizleri

Seçilen galaksilerde, XRB'leri belirlemek ve X-ışın özelliklerini incelemek için mevcut *Chandra* gözlem verileri kullanıldı. NGC 1365 için 2002-2006 yılları arasında ACIS enstrümanı ile yapılan yedi gözlem mevcuttur. Gözlem tarihlerine dikkat edildiğinde bir gözlem 2002 yılında diğer 6 gözlem ise 2006 yılının Nisan ayında gerçekleştirilmiştir. Bu gözlemlerden 2002 hariç diğerlerinde hedef kaynak bir süpernova olduğundan görüntülerin görüş alanı daha dardır. NGC4321 için de 2006-2020 yılları arasında yine ACIS ile yapılan altı veri seti analiz edildi. Benzer şekilde gözlem tarihleri incelendiğinde yakın tarih olarak yalnızca 2020'de Şubat ve Mart aylarında yapılan gözlem verileri bulunmaktadır. Şekil 3.10.'da solda NGC 1365'in görüş alanı en büyük gözlemi (ObsID:3554), sağda NGC 4321'in en büyük poz süreli gözleminin (ObsID:14230) *Chandra* görüntüleri verilmektedir. Çizelge 3.2.'de ise iki galaksinin *Chandra* gözlem bilgileri verilmektedir.



Şekil 3.10. Şekil solda NGC 1365 (ObsID:3554) ve sağda NGC 4321 (ObsID:14230) *Chandra* görüntüleri

Chandra verilerinin analizi için *ciao* 4.16 (*Chandra* Interactive Analysis of Observations) ve CALDB 4.10 yazılımları kullanıldı. *Chandra* verilerini yeniden işlemek (reprocessing) için *ciao_repro* komutu kullanıldı, ardından *wavdetect* komutu ile kaynak tespiti yapıldı. Kaynakların akı değerleri tek bir güç yasası modeli kullanan *srcflux* komutuyla yapıldı.

Çizelge 3.2. Seçilen galaksilerin *Chandra* gözlem bilgileri

Galaksi	ObsID	Poz Süresi (ks)	Enstrüman	Gözlem Tarihi
NGC 1365	3554	15	ACIS-S	2002-12-24 14:56:37
	6871	15	ACIS-S	2006-04-10 07:01:01
	6872	15	ACIS-S	2006-04-12 12:30:26
	6873	15	ACIS-S	2006-04-14 23:25:13
	6868	15	ACIS-S	2006-04-17 19:03:11
	6869	15	ACIS-S	2006-04-20 09:59:22
	6870	15	ACIS-S	2006-04-23 10:04:21
NGC 4321	6727	40	ACIS-S	2006-02-18 17:27:17
	9121	15	ACIS-S	2008-04-20 07:11:46
	12696	15	ACIS-S	2011-02-24 12:51:30
	14230	80	ACIS-S	2012-02-16 12:22:04
	23140	10	ACIS-S	2020-02-15 01:08:25
	23141	10	ACIS-S	2020-03-13 09:34:07

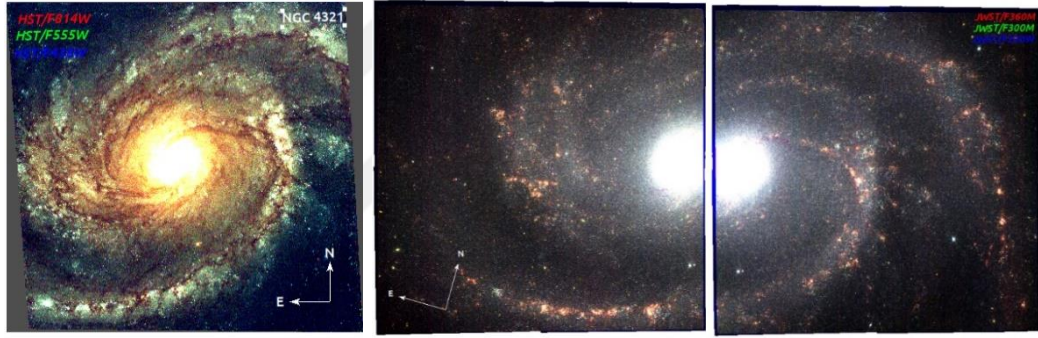
Yeterli foton sayısına sahip kaynakların, HEASOFT yazılımındaki XSPEC tayfsal modelleme paketi ile X-ışın tayfları elde edildi.

3.4.2. *HST* ve *JWST* Analizleri

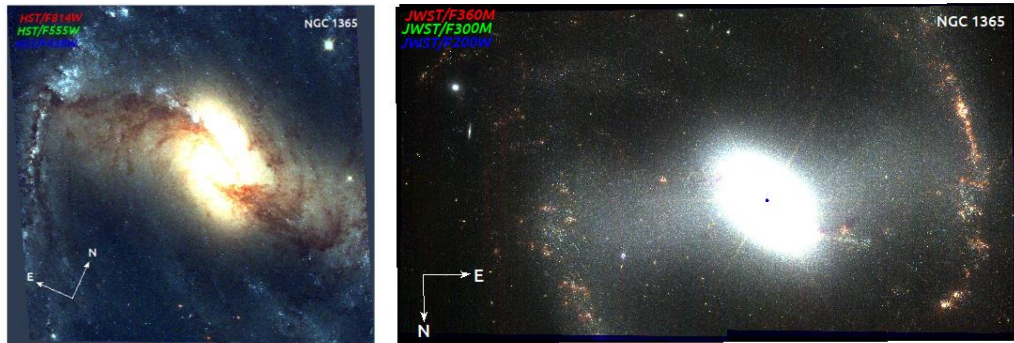
XRb'lerin potansiyel optik ve yakın kızılötesi karşılıklarını incelemek için *HST* ve *JWST* arşiv verileri analiz edildi. Çizelge 3.3.'te seçilen galaksilerin *HST* ve *JWST* gözlem bilgileri verilmektedir. *HST* ve *JWST* verilerinin analizinde IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) *daophot* paketi ve ilgili komutlar kullanıldı. Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.'de sırasıyla NGC 1365 ve NGC 4321'in *HST* ve *JWST* görüntüleriyle oluşturulan üç renk (RGB) görüntüleri verilmektedir. Bu görüntüler, *HST* için F814W (Red, kırmızı), F555W (yeşil) ve F438W (mavi) filtreli görüntülerinden elde edildi. *JWST* için F360M (kırmızı), F300M (yeşil) ve F200M) filtreli gözlem verileri kullanıldı. Kaynakların belirlenmesi *daophot* paketindeki *daofind* komutu ile yapıldı. Fotometri için yine *daophot* paketindeki *photpars*, *datapars* ve *phot* rutinleri kullanıldı. *HST* ve *JWST* görüntülerinde tespit edilen ve kadir değerleri (Vegamag) belirlenen kaynaklar için açıklık (aperture) düzeltmesi, *photcal*'daki *mkapfile* komutu kullanılarak yapıldı.

Çizelge 3.3. Seçilen galaksilerin *HST* ve *JWST* gözlem bilgileri

Galaksi	ObsID	Enstrüman	Filtre	Poz Süresi (s)	Gözlem Tarihi
NGC 1365	idxr09030	HST/WFC3/UVIS	F814W	836	2019-07-20 20:47:49
	idxr09040	HST/WFC3/UVIS	F438W	1050	2019-07-20 20:54:53
	idxr09070	HST/WFC3/UVIS	F555W	664	2019-07-20 21:27:06
	jw02107-o021.t003_nircam_clear-f200w	JWST/NIRCam	F200W	2405.04	2022-08-13 17:08:51
	jw02107-o021.t003_nircam_clear-f360m	JWST/NIRCam	F360M	858.944	2022-08-13 17:08:51
	jw02107-o021.t003_nircam_clear-f300m	JWST/NIRCam	F300M	773.048	2022-08-13 17:34:37
	jw02107-o021.t003_nircam_clear-f335m	JWST/NIRCam	F335M	773.048	2022-08-13 17:50:32
NGC 4321	idxr02040	HST/WFC3/UVIS	F814W	836	2020-03-15 12:00:52
	idxr02030	HST/WFC3/UVIS	F438W	1050	2020-03-15 12:07:56
	idxr02070	HST/WFC3/UVIS	F555W	670	2020-03-15 12:40:09
	jw02107-o032.t014_nircam_clear-f200w	JWST/NIRCam	F200W	1202.52	2023-01-17 10:50:25
	jw02107-o032.t014_nircam_clear-f360m	JWST/NIRCam	F360M	429.472	2023-01-17 10:50:25
	jw02107-o032.t014_nircam_clear-f300m	JWST/NIRCam	F300M	386.524	2023-01-17 11:16:01
	jw02107-o032.t014_nircam_clear-f335m	JWST/NIRCam	F335M	386.524	2023-01-17 11:31:56
	jw02107-o043.t014_nircam_clear-f200w	JWST/NIRCam	F200W	1202.52	2024-01-10 12:21:18
	jw02107-o043.t014_nircam_clear-f360m	JWST/NIRCam	F360M	429.472	2024-01-10 12:21:18
	jw02107-o043.t014_nircam_clear-f300m	JWST/NIRCam	F300M	386.524	2024-01-10 12:46:54
	jw02107-o043.t014_nircam_clear-f335m	JWST/NIRCam	F335M	386.524	2024-01-10 13:02:49



Şekil 3.11. Galaksi NGC 4321'in *HST* ve *JWST* üç renk (RGB) görüntüleri



Şekil 3.12. Galaksi NGC 1365'in *HST* ve *JWST* üç renk (RGB) görüntüleri

Chandra, gözlemlerinden belirlenen aday XRB'lerin, olası optik ve yakın kızılötesi karşılıklarını belirlemek için astrometrik düzeltme yapıldı. Astrometrik düzeltme için Allak ve ark., (2022) çalışmasında kullanılan yöntem takip edildi. Belirtilen yönteme göre önce *Gaia* DR2 kataloğundan *Chandra* ve *Gaia*'da bulunan ortak referans kaynaklar bulunarak bir hata yarıçapı belirlendi. Daha sonra aynı işlem *Gaia-HST* ve *Gaia-JWST* arasında yapılarak, *HST* ve *JWST* için ayrı ayrı hata yarıçapları belirlendi. Yapılan hesaplamalarda kullanılan bağıntılar aşağıda verilmektedir.

Önce *Chandra-Gaia* arasında eşleşen referans kaynakların derece cinsinden sağ açıklık ve dik açıklık farkları alınarak açısaniyesine çevrilir daha sonra standart sapmaları Denklem 3.1 ve 3.2'de verildiği gibi hesaplanır.

$$S_{RA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta RA_i - \overline{\Delta RA})^2}{N}} \quad (3.1)$$

$$S_{Dec} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\Delta Dec_i - \overline{\Delta Dec})^2}{N}} \quad (3.2)$$

Burada ΔRA_i ve ΔDec_i , eşleşen her bir referans kaynağın açısaniyesi cinsinden sağ açıklık ve dik açıklık farklarını $\overline{\Delta RA}$ ve $\overline{\Delta Dec}$ farkların ortalamalarını ve N, referans sayısını göstermektedir. Aynı işlemler *Gaia-HST* arasında da yapıldı. Sonuç olarak Denklem 3.3 ile astrometrik hata yarıçapı hesaplanır. Hata yarıçapı hesaplanırken *Chandra* ve *Gaia* arasında varsayılan ortalama 0,1" fark hesaba katıldı. *Chandra-HST* görüntüleri arasında yapılan işlemler, *Chandra-JWST* için tekrar edildi. Son olarak koordinatlar, *HST* ve *JWST* için, *Chandra* koordinatlarından belirlenen $\overline{\Delta RA}$ ve $\overline{\Delta Dec}$ değerleri çıkarılarak düzeltildi. Çizelge 3.4. ve Çizelge 3.5.'te sırasıyla *Chandra-HST* ve *Chandra-JWST* arasında yapılan astrometrik düzeltmeler için seçilen referans kaynaklar ve astrometrik hata yarıçapları verilmektedir.

$$\text{Hata Yarıçapı} = \sqrt{S_{RA}^2 + S_{Dec}^2 + (0.1)^2} \quad (3.3)$$

Çizelge 3.4. *Chandra-HST* görüntüleri arasındaki astrometrik düzeltme için kullanılan referans kaynakların konumları ve 1σ güvenilirlikle hesaplanan açisaniyesi cinsinden hata yarıçapları

Galaksi	Chandra-Gaia				Gaia-HST				Astrometrik Hata (1σ)	
	Chandra RA	Chandra Dec	Gaia RA	Gaia Dec	Gaia RA	Gaia Dec	HST RA	HST Dec		
NGC 1365	1	53.4015218	-36.1404661	53.4015421	-36.1404117	53.4040872	-36.1300229	53.4040887	-36.1300311	0.124″
	2	53.3923070	-36.1840688	53.3923387	-36.1840540	53.3987737	-36.1616219	53.3987774	-36.1616305	
	3					53.3966058	-36.1276552	53.3966103	-36.1276699	
NGC 4321	1	185.7536561	15.7772144	185.7535728	15.7773565	185.7063024	15.8250241	185.7063059	15.8250226	0.224″
	2	185.7922937	15.7831466	185.7922950	15.7832125	185.7107643	15.8279125	185.7107665	15.8279087	
	3					185.7265781	15.8228432	185.7265810	15.8228407	
	4					185.7327365	15.8400748	185.7327372	15.8400704	

Çizelge 3.5. *Chandra-JWST* görüntüleri arasındaki astrometrik düzeltme için kullanılan referans kaynakların konumları ve 1σ güvenilirlikle hesaplanan açisaniyesi cinsinden hata yarıçapları.

Galaksi	Chandra-Gaia				Gaia-JWST				Astrometrik Hata (1σ)	
	Chandra RA	Chandra Dec	Gaia RA	Gaia Dec	Gaia RA	Gaia Dec	JWST RA	JWST Dec		
NGC 1365	1	53.4015218	-36.1404661	53.4015421	-36.1404117	53.3987737	-36.1616219	53.3987951	-36.1616055	0.127 ^{''}
	2	53.3923070	-36.1840688	53.3923387	-36.1840540	53.4040872	-36.1300229	53.4041124	-36.1300063	
	3					53.3989749	-36.1447675	53.3990004	-36.1447510	
	4					53.4286637	-36.1355073	53.4286799	-36.1354990	
NGC 4321	1	185.7536561	15.7772144	185.7535728	15.7773565	185.7265781	15.8228432	185.7265826	15.8228264	0.225 ^{''}
	2	185.7922937	15.7831466	185.7922950	15.7832125	185.7270059	15.8232476	185.7270087	15.8232408	
	3					185.7296157	15.8234091	185.7296237	15.8234007	
	4					185.7288829	15.8223040	185.7289020	15.8223110	0.225 ^{''}
	5					185.7297924	15.8258068	185.7298022	15.8258109	
						185.7299893	15.8235953	185.7300089	15.8236021	
	6									

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerindeki XRB popülasyonu incelenerek belirlenen aday XRB'lerin X-ışın özelliklerinin yanı sıra olası optik ve yakın kızılötesi karşılıkları araştırıldı. Belirlenen potansiyel karşılıkların parlaklıklarının ölçüsü olan kadir değerleri hesaplandı. Bu bölümde *Chandra*, *HST* ve *JWST* verilerinin analizleri ile tespit edilen XRB'ler hakkında elde edilen bulgular verilmektedir.

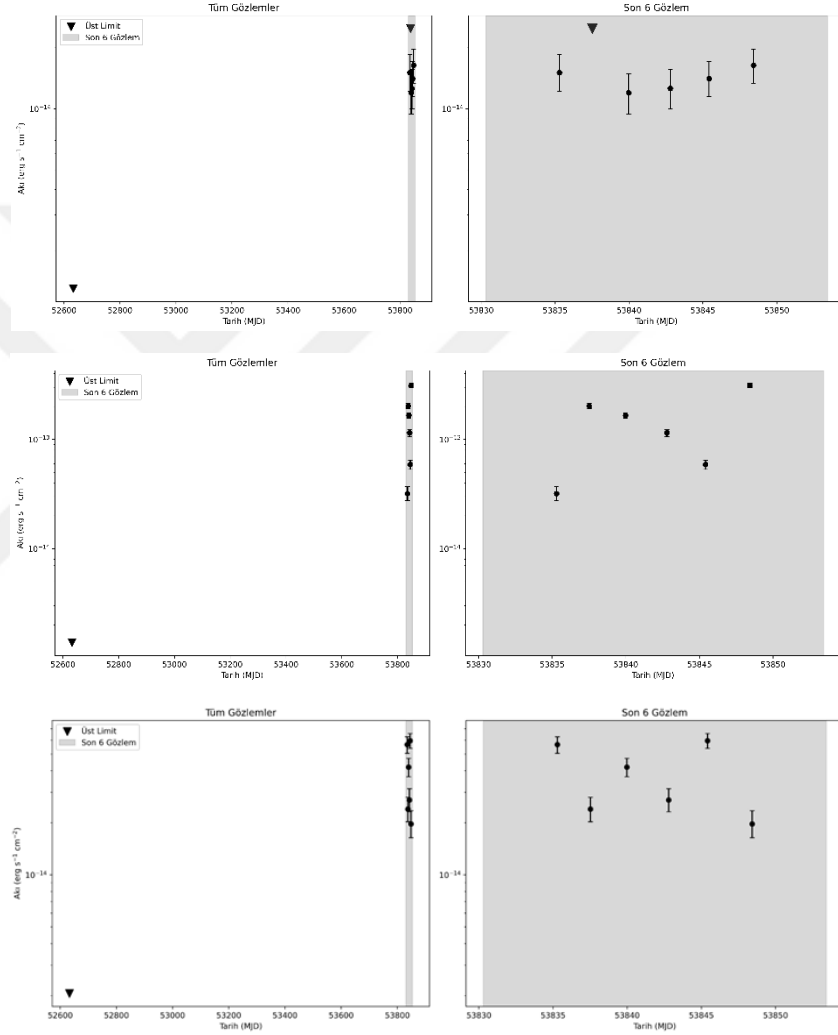
NGC 1365 için 2002-2006 yılları arasındaki yedi *Chandra* gözleminden D₂₅ alanı içinde toplam 66 X-ışın kaynağı tespit edildi. Merkezdeki AGN (X-41), kaynak listesinden çıkarıldı. Daha sonra X-16 ve X-25 de optik ve kızılötesi görüntülerinde yaygın kaynaklarla eşleştiğinden listeden çıkarıldı. Kalan 63 kaynak potansiyel XRB olarak tanımlandı. Her gözlem için kaynakların akıları, *srcflux* ile 0,3-10 keV enerji aralığında, tayfsal foton indisi, $\Gamma = 1,7$ olan bir güç yasası modeli varsayılarak hesaplandı. Kaynakların tespit edilmediği gözlemlerde ise yine *srcflux* kullanılarak, aynı parametrelerle %90 güven aralığında üst limit akıları elde edildi. Ayrıca her bir kaynağın değişkenlik faktörleri ($V_f = F_{maks}/F_{min}$) hesaplandı. Çizelge 4.1.'de 10 kaynağın (devamı Ek 1.'de) derece cinsinden koordinatları, 0,3-10 keV enerji aralığında akıları ve değişkenlik faktörleri gösterilmektedir. Çizelge 4.1.'de gözlem sütunlarındaki alan dışı anlamında 'ad' kısaltması, kaynağın o gözlemlerde teleskobun görüş alanı dışında olduğunu gösterir.

Çizelge 4.1. NGC 1365'te D₂₅ alanda tespit edilen X-ışın kaynaklarının konumları, 0,3-10 keV bandındaki akıları ve değişkenlik faktörleri. (*) 1, kaynağın tek gözlemlerde görüldüğü durumları gösterir.

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)							V_f
			3554	6871	6872	6873	6868	6869	6870	
X-2	53.297084	-36.194164	ad	4.27	4.39	$4.08^{+0.68}_{-0.61}$	4.72	$4.38^{+0.68}_{-0.61}$	5.47	1.34
X-3	53.300263	-36.193137	ad	$10.7^{+1.00}_{-1.06}$	$12.4^{+0.38}_{-0.324}$	$5.83^{+0.74}_{-0.73}$	$5.54^{+0.72}_{-0.71}$	$7.07^{+0.79}_{-0.78}$	$6.39^{+0.79}_{-0.78}$	8.63
X-4	53.300347	-36.141452	$0.62^{+0.25}_{-0.21}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1*
X-6	53.303528	-36.198287	ad	$3.08^{+0.76}_{-0.66}$	$10.6^{+1.00}_{-0.97}$	$12.1^{+1.0}_{-1.1}$	$12.5^{+1.0}_{-1.1}$	$13.0^{+1.1}_{-1.1}$	$11.7^{+1.4}_{-1.3}$	4.22
X-7	53.338242	-36.137558	$1.44^{+0.32}_{-0.27}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-8	53.343207	-36.151154	< 0.74	ad	ad	< 1.41	$4.36^{+0.71}_{-0.64}$	$0.71^{+0.27}_{-0.22}$	< 0.32	13.5
X-9	53.346355	-36.131394	$2.45^{+0.41}_{-0.36}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-10	53.346569	-36.200705	ad	$1.17^{+0.42}_{-0.33}$	< 1.96	ad	ad	ad	ad	1.68
X-11	53.348841	-36.180657	$0.46^{+0.20}_{-0.16}$	< 0.76	$0.48^{+0.25}_{-0.18}$	< 0.82	< 0.44	< 0.64	< 1.05	2.4
X-12	53.354222	-36.179344	$0.51^{+0.21}_{-0.17}$	< 0.46	< 0.42	< 0.69	$0.55^{+0.27}_{-0.21}$	< 0.67	< 1.02	2.45

NGC 1365'te yedi gözlem boyunca en çok akı değişkenliği gösteren kaynakların uzun ve kısa dönem (1 ay içinde) değişkenlikleri incelendi. Bu kaynakların değişken olanları ($V_f > 10$) X-8, X-20, X-23, X-43, X-47, X-59 ve X-63'tür. Bunlardan X-43 hariç diğerleri en az bir gözlemlerde gözlenmediğinden geçici (transient) kaynak olarak tanımlandı. $5 < V_f < 10$ olan X-17, X-38 ve X-39 kaynaklarından X-17 ve X-38 geçici aday (transient candidate) olarak belirlendi. NGC 1365'te X-ışın ısıtması, $L_X > 10^{39}$ erg s $^{-1}$ olan 5 kaynak (merkezdeki AGN hariç) bulunmaktadır (Kovlakas

ve ark. 2020). Bunlar bu çalışmada *Chandra* gözlemlerinde tespit edilerek X-34, X-35 (Soria ve ark. 2007; Strateva ve ark. 2009 X-1), X-50, X-58 ve X-59 (Strateva ve ark. 2009 X-2) olarak adlandırıldı. X-35 ve X-58 kaynakları bütün gözlemlerde tespit edildi. Öte yandan X-50 sadece 2002'deki (ObsId:3554) gözleminde, X-59 ise 2006'daki 6 gözlemlerde görüldü. En çok değişkenlik gösteren X-59 (ULX-4)'un uzun dönemde ~ 200 kat akı değişkenliği gösterdiği belirlendi. Şekil 4.1'de en çok akı değişkenliği gösteren üç kaynağın (X-47, X-59, X-63) uzun (2002-2006) ve 2006'de bir ay içindeki kısa dönem akı değişkenlikleri verilmektedir.



Şekil 4.1. X-47, X59 ve X-63'un zamanla akı değişkenliği

Ayrıca tespit edilen X-ışın kaynaklarından yeterli foton sayımına ≥ 100 sahip olanların X-ışın tayfları elde edilerek verilere en uygun model parametreleri belirlenmiştir. NGC 1365'teki X-35 için uygulanan güç yasası (*po*) ve disk kara cisim (disk blackbody, *diskbb*) modelleri için en uygun model parametreleri Çizelge 4.2.'de verilmektedir. Bu çizelgede 7 *Chandra* gözlemi için, sütun (1) gözlem numarası, (2) net foton sayımı (3) 10^{22} cm^{-2} biriminde hidrojen kolon yoğunluğu, (4) *po* modeli için tayfsal foton indisi (Γ), (5) *diskbb* modeli için keV biriminde sıcaklık, (6) ve (7)

sırasıyla χ^2 (Ki-kare) ve C-stat (Cash istatistiği) istatistiklerinin serbestlik derecelerine (dof) oranı, (8) 0,3-10 keV enerji bandında $10^{-13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ biriminde soğurulmamış akı, (9) galaksi uzaklığı kullanılarak hesaplanan $10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ biriminde ısıtma değerlerini göstermektedir.

Çizelge 4.2. X-35 (ULX-1) için bütün *Chandra* gözlemlerde uygulanan modeller ve parametreleri. Sütun (3), (5), (8) ve (9)'daki N_H , kT , F_X ve L_X değerleri sırasıyla 10^{22} cm^{-2} , keV, $10^{-13} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ve $10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ birimlerinde gösterilmektedir. Tüm hata değerleri 1σ güven aralığındadır.

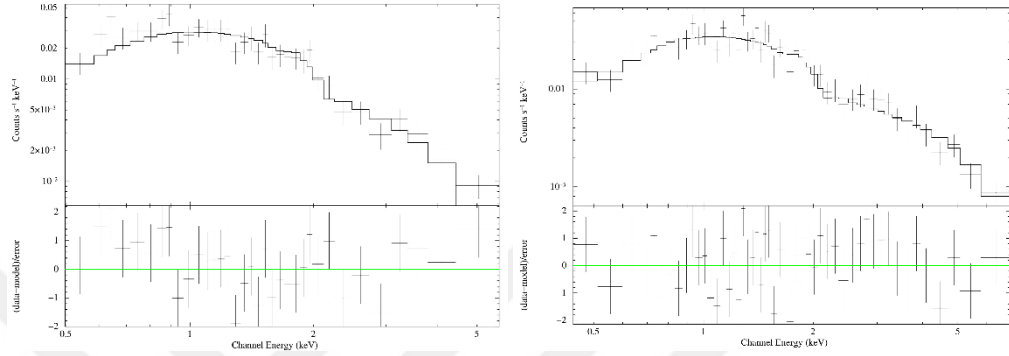
ObsID	Net foton sayımı	N_H	Γ	kT	χ^2/dof	C-stat/dof	F_X (0.3-10 keV)	L_X
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>po</i>								
3554	232	$0.21^{+0.08}_{-0.08}$	$2.41^{+0.35}_{-0.31}$	...	...	88.89/128 (0.69)	$1.83^{+0.56}_{-0.32}$	$6.62^{+2.02}_{-1.16}$
6871	639	$0.08^{+0.04}_{-0.04}$	$1.96^{+0.15}_{-0.14}$	...	25.04/32 (0.78)	...	$4.69^{+0.33}_{-0.30}$	$16.92^{+1.20}_{-1.07}$
6872	910	$0.17^{+0.04}_{-0.03}$	$1.83^{+0.12}_{-0.12}$	...	35.01/48 (0.73)	...	$7.40^{+0.37}_{-0.35}$	$26.70^{+1.32}_{-1.25}$
6873	925	$0.10^{+0.03}_{-0.03}$	$1.57^{+0.10}_{-0.10}$	...	44.98/49 (0.92)	...	$7.29^{+0.34}_{-0.33}$	$26.31^{+1.22}_{-1.21}$
6868	781	$0.16^{+0.04}_{-0.04}$	$1.70^{+0.11}_{-0.11}$	...	34.69/43 (0.81)	...	$7.54^{+0.40}_{-0.38}$	$27.20^{+1.43}_{-1.38}$
6869	573	$0.11^{+0.05}_{-0.05}$	$1.78^{+0.16}_{-0.15}$	...	19.4/30 (0.65)	...	$5.92^{+0.39}_{-0.37}$	$21.37^{+1.40}_{-1.33}$
6870	190	$0.11^{+0.08}_{-0.07}$	$2.03^{+0.32}_{-0.29}$	...	...	84.09/123 (0.68)	$2.58^{+0.44}_{-0.31}$	$9.31^{+1.58}_{-1.13}$
<i>diskbb</i>								
3554	232	...	...	$0.86^{+0.14}_{-0.16}$	...	96.18/101.75 (0.95)	$0.86^{+0.12}_{-0.07}$	$3.10^{+0.44}_{-0.25}$
6871	639	...	...	$0.99^{+0.08}_{-0.07}$	31.55/33(0.96)	...	$2.98^{+0.18}_{-0.17}$	$10.75^{+0.65}_{-0.62}$
6872	910	...	...	$1.28^{+0.12}_{-0.10}$	41.08/48 (0.86)	...	$4.69^{+0.27}_{-0.26}$	$16.94^{+0.97}_{-0.92}$
6873	925	...	...	$1.56^{+0.12}_{-0.10}$	44.30/49 (0.90)	...	$5.29^{+0.34}_{-0.42}$	$19.09^{+1.21}_{-1.52}$
6868	781	...	...	$1.54^{+0.13}_{-0.12}$	30.83/43 (0.72)	...	$5.34^{+0.32}_{-0.31}$	$19.28^{+1.17}_{-1.13}$
6869	573	...	...	$1.34^{+0.11}_{-0.10}$	19.76/30 (0.66)	...	$3.92^{+0.24}_{-0.27}$	$14.16^{+0.86}_{-0.97}$
6870	190	...	...	$1.25^{+0.20}_{-0.09}$	...	90.54/123 (0.74)	$1.66^{+0.27}_{-0.21}$	$5.98^{+0.98}_{-0.78}$

Şekil 4.2. ve 4.3.'te X-35'in en uygun istatistiğe sahip ObsID:6873 (*po*) ve ObsID:6871 (*diskbb*) gözlemlerine ait tayflar gösterilmektedir. X-ışın tayf modelleri, kaynaktan gelen X-ışın yayınının doğasını yorumlayabilmek için önemlidir. Tayfın, *diskbb* modeline uyum göstermesi durumunda, ışımanın tipik olarak iç bölgelerden dış bölgelere doğru azalan bir sıcaklık gradyanına sahip bir yığılma diskinden kaynaklandığı kabul edilir. Bunun yanı sıra *po* modeline göre ışımanın kaynağı, genellikle yüksek enerjili fotonların saçılmasıyla oluşan bir korona veya jet yapıları ile ilişkilendirilebilir.

X-35'in *diskbb* modeline göre disk sıcaklığı $0,86 < kT < 1,56$ (keV) aralığında belirlenmiştir. Elde edilen kT değerleri ayrıca termal durumlarında yüksek yığılma oranlarına sahip Galaktik karadelik içeren çiftler (GBHB) 'ler için $\sim 0,7-1,5$ keV aralığıyla tutarlıdır. Bunun yanı sıra kaynak için gözlenen *po* foton indeksi değerlerinin $1,4 < \Gamma < 2,4$ aralığında olduğu ve bunun ışımanın sert durumunda yine GBHB'ler için verilen $(1,4 < \Gamma < 2,1)$ aralığında uyumlu olduğu ve daha yumuşak (düşük enerjili fotonların) yayınığını temsil eden dik güç yasası (*steep power-law*) durumunun ($\Gamma > 2,4$) alt limitinde kaldığı görülmektedir (Remillard ve McClintock, 2006).

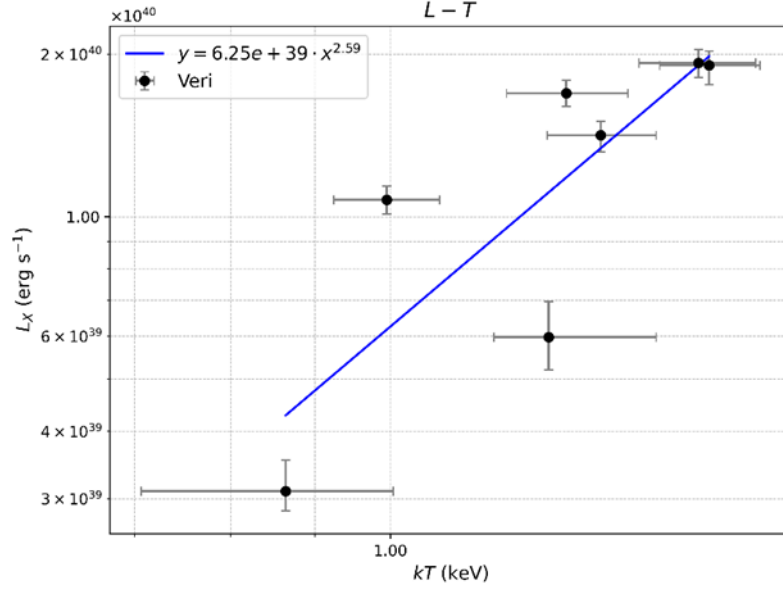
7 *Chandra* gözleminde X-35 için yapılan tayf analizi sonucunda *diskbb* ve *po* modelleri arasında C-stat/Ki-kare istatistiklerinin belirgin bir fark göstermemesine karşın *diskbb* modelinin

istatistiklerinin genel olarak biraz daha iyi olduğu görülmektedir. *diskbb* model uyumunda Galaktik hidrojen kolon yoğunluğu, N_H , 'nin üzerinde ($1,39 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$) bir soğurma olmadığı varsayıldı, bu yüzden tek bir *tbabs* parametresi kullanıldı. Aynı verileri kullanan için Strateva ve ark. (2009) çalışmasında, X-35 için *po* ve *diskbb+po* modelleri uygulandığı, *po* modeli için $N_H = 1,3 - 2,0 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$, $\Gamma = 1,6 - 2,2$ olarak belirlendi. Çizelge 4.2.'de, verilen sonuçların Strateva ve ark. (2009) ile uyumlu olduğu görüldü.



Şekil 4.2. Obs ID 6873 gözlemi için X35'in Obs ID 6871 ve 6873 gözlemlerinde X-ışın tayfları ve uygulanan *diskbb* ve *po* modelleri

Disk in baskın olduğu durumlarda ısıtma ve sıcaklık arasındaki ilişkinin $L_X \propto T^4$ bağıntısının sağlanması beklenir. Grafik, bir güç yasası (*power-law*) modeli ile uyumlandırıldı ve $L_X \propto T_{in}^{(2.59 \pm 0.81)}$ şeklinde bir bağıntı bulundu. Bu ilişki için belirleme katsayısı $R^2 = 0,67$ olarak hesaplandı. Bu durum, $L_X \propto T_{in}^4$ bağıntısını veren optik olarak kalın standart bir yığılma diski modelini doğrudan işaret etmemektedir (Makishima ve ark. 2000). Strateva ve ark. (2009) tarafından, *Chandra* ve *XMM-Newton* verilerinden X-35 için ısıtma ve sıcaklık arasındaki ilişki incelenmiş $L_X \propto T_{in}^\alpha$ ve $\alpha = 2,8_{-0,6}^{+1,1}$ değerleri belirlendi. Bu eğimi (α) veren *po* model uyumunu kapsayan 20, 40 ve 60 $M_\odot$ kütleli karadelikler için önerilen Eddington-altı (sub Eddington) ve Eddington-üstü (super-Eddington) yığılma durumlarını dikkate alan teorik model çıktıların oluşturduğu $L_X - T_{in}$ ilişkisi ile çalışmalarında karşılaştırdıklarında karadelik kütesinin 40-60 $M_\odot$ arasında olabileceğini, bununla birlikte kaynağın 2006 Nisan ayındaki *Chandra* gözleminde belirlenen parlaması sırasında gözlenen maksimum parlaklıklar ($L_X > 10^{40} \text{ erg s}^{-1}$) süper Eddington birikme oranları ve/veya hüzmelenmenin gerektiğini önerdiler.



Şekil 4.3. X-35 için L-T grafiği ve uygulanan p_0 (güç-yasası) modeli

Bu çalışmada, kaynak için olası karadelik kütle hesabı, ışımadaki yığılma diskinin baskın olduğu durumlarda *diskbb* modelinin normalizasyon parametresi (N) ile yapıldı. Modelde N , aşağıdaki denklem ile verilir

$$N = \left(\frac{r_{in}}{D_{10}} \right) \cos \theta \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'den diskin görünen (apparent) yarıçapı (r_{in}) belirlenir. Burada, D_{10} 10 kpc biriminde galaksi uzaklığı, θ ise diskin eğim açısıdır, *diskbb* modelinin en iyi uyum verdiği gözlemde (ObsID:6871) $N = 1,5 \times 10^{-2}$, $D_{10} = 1,74 \times 10^3$, (Burada D_{10} , 10 kpc biriminde galaksiye olan uzaklıktır). Ortalama $\theta = 60^\circ$ alınarak, $r_{in} \sim 300$ km elde edildi. Daha sonra r_{in} , düzeltme faktörü ($\xi = 0,41$; Kubota ve ark., 1998), tayfsal sertleşme faktörü ($\kappa = 1,7$; Shimura ve Takahara, 1995) kullanılarak diskin gerçek yarıçapı (R_{in}) denklem 4.2 ile hesaplanır.

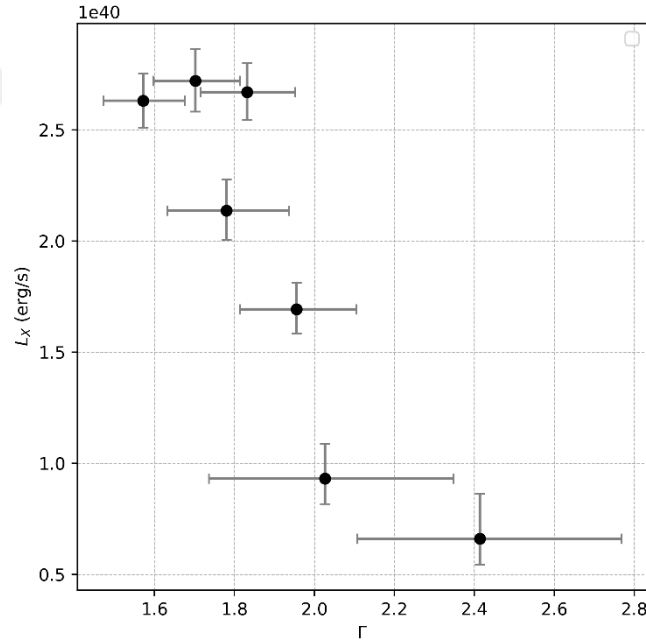
$$R_{in} = \xi \kappa^2 r_{in} \quad (4.2)$$

Buradan $R_{in} = 356$ km olarak belirlendi. Elde edilen R_{in} değerinden, spin parametresine bağlı olarak denklem 4.3 ile karadelik kütlesi (M_{BH}) hesaplanabilir.

$$R_{in} \approx \alpha \frac{G M_{BH}}{c^2} \quad (4.3)$$

Böylece dönmeyen bir karadelik (Schwarzschild karadeliği) için $\alpha = 6$ (Soria ve ark., 2015) alınarak X-35'teki olası karadelik kütlesi $M_{BH} \approx 40 M_{\odot}$ olarak hesaplandı. Bu değer yıldız kütleli bir karadeliğe işaret edip, X-35 için Strateva ve ark. (2009) tarafından önerilen kütle aralığının alt sınırı (40-60 $M_{\odot}$) ile uyumludur.

Ayrıca X-35 için uygulanan güç yasası modelinden elde edilen parametreler için tayfsal değişkenlik incelendi. Şekil 4.4.'te 2002'de ve Nisan 2006'daki *Chandra* parlaması sırasında X-ışını ısıtması (L_x) ile foton indisi (Γ) arasındaki ters korelasyonu göstermektedir. Parlaklık arttıkça spektrum sertleşmekte (yani Γ azalmaktadır), bu da daha yüksek ısıtma durumlarının daha enerjik X-ışını salınımlarıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Spektral sertleşme, büyük olasılıkla soğurma değişiminden ziyade salma mekanizmasındaki içsel değişiklikleri yansıtmaktadır; çünkü bu dönemdeki kolon yoğunluğu (N_H) yaklaşık sabit görünmektedir (bkz Çizelge 4.2.). Ancak bu durum, güç yasası uyumlamalarında Γ ile N_H arasındaki bilinen dejenerasyondan da (her ikisi de düşük enerjili tayfi etkiler) kaynaklanabilir. Bu nedenle, tayftaki yumuşama ya gerçek bir spektral değişimden ya da artan soğurmadan kaynaklanıyor olabilir. Özellikle *Chandra* gibi yüksek enerjide sınırlı duyarlılığa sahip teleskoplarla yapılan gözlemlerde bu ayrışma, parametrelerin güvenilirliğini azaltabilir ve dikkatli yorum gerektirir.



Şekil 4.4. X-35 için tayfsal foton indisine karşı ısıtma grafiği

NGC 1365'te X-ışın enerji tayfları elde edilebilen X-34, X-50, X-58 ve X-59 kaynakları için en yaygın kullanılan tayfsal modeller olan *po* ve *diskbb* ilgili verilere uygulandı. Aşağıda bu kaynakların tayflarına uygulanan modeller için 1σ güven aralığında elde edilen sonuçlar verilmektedir:

2002 gözleminde (ObsID:3554) görülen X-34'ün X-ışın enerji tayfına uygulanan *po* modeli için, $\Gamma = 2,28^{+0,43}_{-0,40}$, $N_H = 0,19^{+0,11}_{-0,11} \times 10^{22} \text{cm}^{-2}$ ve $\text{Cstat/dof} = 64,77/98 (= 0,66)$ değerleri belirlendi. Bunun yanı sıra *diskbb* modeli için, Galaktik soğurmanın üzerinde ek bir soğurma olmadığı varsayılarak $kT = 0,99^{+0,18}_{-0,15} \text{keV}$ ve $\text{Cstat/dof} = 65,46/99 (= 0,66)$ değerleri elde edildi. Kullanılan modellerden akı ve ısıtma değerleri *po* modeli için $F_X = 1,03^{+0,41}_{-0,21} \times 10^{-13} \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2}$, $L_X = 3,72^{+1,47}_{-0,77} \times 10^{39} \text{erg s}^{-1}$, *diskbb* modeli için $F_X = 0,56^{+0,09}_{-0,08} \times 10^{-13} \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2}$, $L_X = 2,03^{+0,32}_{-0,28} \times 10^{39} \text{erg s}^{-1}$ olarak hesaplandı. Burada *po* modelinden hesaplanan akı hatalarının büyüklüğü dikkat çekmektedir. Her iki model de aynı C-stat değeri verdiği için bu iki modeli istatistiksel olarak ayırt etmek zordur. Ancak X-34 için uygulanan *diskbb* modelini dikkate aldığımızda, bu modelden elde edilen normalizasyon parametresi ($N=2,91 \times 10^{-3}$) kullanılarak, karadelik kütlesi $M_{BH} \approx 18 M_\odot$ olarak hesaplandı.

X-50'nin tespit edildiği gözlemdeki (ObsID:3554) enerji tayfına uygulanan *po* modeli için, $\Gamma = 1,56^{+0,37}_{-0,25}$, $N_H = 3,55^{+12}_{-0} \times 10^{20} \text{cm}^{-2}$ ve $\text{Cstat/dof} = 71,81/90 (= 0,80)$ değerleri belirlendi. Bunun yanı sıra *diskbb* modeli için, Galaktik soğurmanın üzerinde ek bir soğurma olmadığı varsayılarak $kT = 1,39^{+0,34}_{-0,24} \text{keV}$ ve $\text{Cstat/dof} = 71,69/91 (= 0,79)$ değerleri elde edildi. Kullanılan modellerden hesaplanan akı ve ısıtma değerleri *po* modeli için $F_X = 0,78^{+0,14}_{-0,13} \times 10^{-13} \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2}$, $L_X = 2,83^{+0,51}_{-0,46} \times 10^{39} \text{erg s}^{-1}$, *diskbb* modeli için $F_X = 0,59^{+0,12}_{-0,10} \times 10^{-13} \text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2}$, $L_X = 2,15^{+0,42}_{-0,35} \times 10^{39} \text{erg s}^{-1}$ olarak hesaplandı. Yine iki model de benzer indirgenmiş C-stat değerine sahiptir. Bununla birlikte X-50 için uygulanan *diskbb* modelini dikkate aldığımızda, bu modelden elde edilen normalizasyon parametresi ($N=7,73 \times 10^{-4}$) kullanılarak, karadelik kütlesi $M_{BH} \approx 9 M_\odot$ olarak hesaplandı.

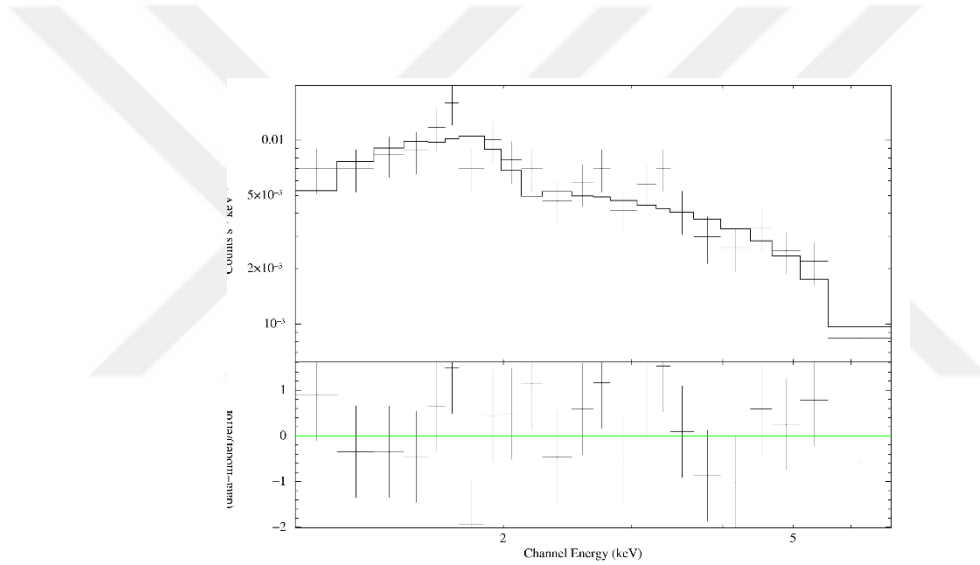
X-58 için bütün *Chandra* gözlemlerinde net foton sayımının < 100 olduğu görüldüğü halde tayfı incelendi. Düşük foton sayıları nedeniyle C-stat kullanıldı. Ancak istatistiksel uyumun en iyi olduğu gözlem (ObsID:6871) dışında diğer gözlemlerden kabul edilebilir C-stat değeri belirlenemedi. 6871 gözleminde *po* modeli için $\Gamma = 2,49^{+0,74}_{-0,69}$, $N_H = 0,48^{+0,26}_{-0,21} \times 10^{22} \text{cm}^{-2}$ ve $\text{Cstat/dof} = 36,53/42 (= 0,87)$ olarak belirlendi. *diskbb* modeli için $kT = 1,07^{+0,42}_{-0,29}$, $N_H = 0,19^{+0,17}_{-0,13} \times 10^{22} \text{cm}^{-2}$ ve $\text{Cstat/dof} = 37,18/42 (= 0,89)$ şeklinde elde edildi. X-58 için ışımada diskin baskın olduğu durum varsayıldığında $N=1,15 \times 10^{-2}$ için tahmin edilen karadelik kütlesi $M_{BH} \approx 35 M_\odot$ olarak hesaplandı.

X-59'un tespit edildiği 2006'daki 6 gözlemde uygulanan iki model arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark görülmedi. Bununla birlikte *diskbb* model parametrelerinin hata değerlerinin büyük olduğu görüldü. Çizelge 4.3.'te X-59 için uygulanan *po* modeli için en uygun parametreler verilmektedir. Net foton sayımının < 300 olduğu gözlemlerde C-stat kullanıldı. Ayrıca net foton sayımının < 200 olduğu gözlemlerdeki Γ değerleri, foton sayımının en yüksek olduğu ObsID:6870

ve 6872 gözlemlerindeki $\Gamma = 1,26$ değerine sabitlendi. X-59'un ObsID:6872 gözlemindeki tayfı ve en iyi uyum veren po modeli Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.

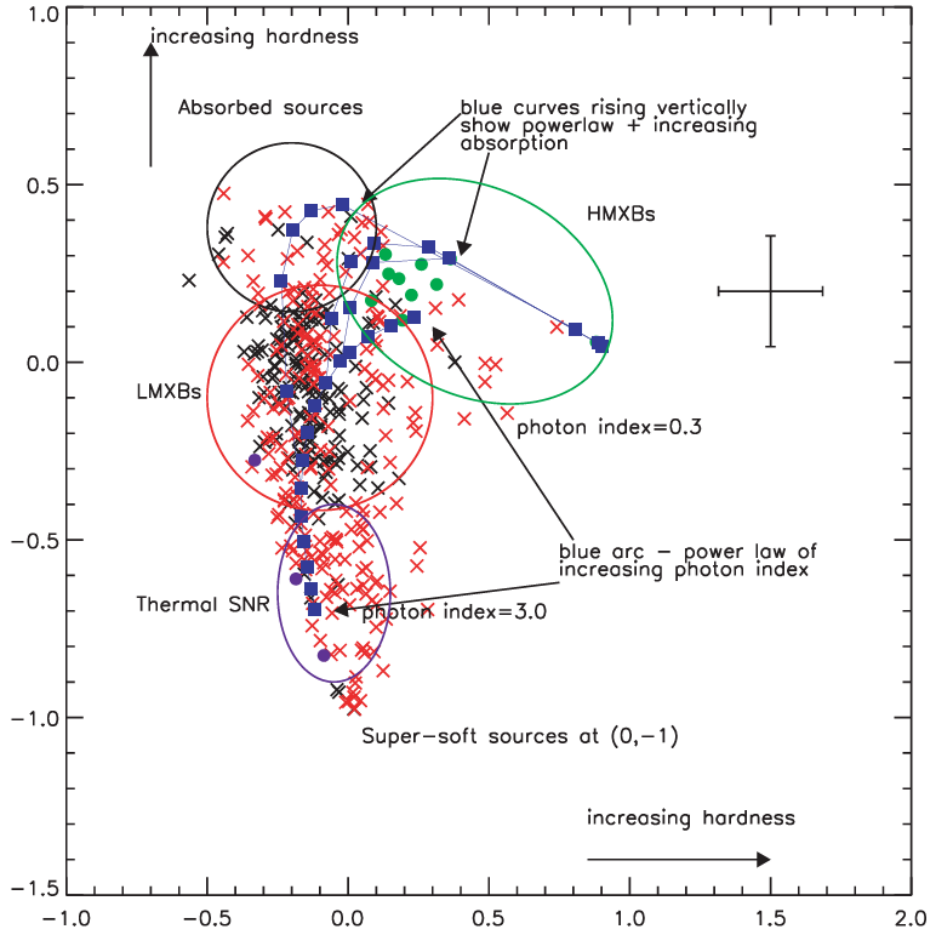
Çizelge 4.3. 6 gözlemde X-59'in tayfına uygulanan po modeli ve en uygun parametreler. Birimler Çizelge 4.2.'deki gibidir.

ObsID	Net sayım	Γ	N_H	χ^2/dof	C-stat/dof	F_X (0.3-10 keV)	L_X
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
6871	50	1.26	$0.61^{+0.29}_{-0.22}$	...	34.55/52 (0.66)	$0.67^{+0.18}_{-0.15}$	$2.44^{+0.66}_{-0.55}$
6872	366	$1.26^{+0.26}_{-0.25}$	$0.85^{+0.30}_{-0.27}$	17.95/20 (0.90)	...	$6.35^{+0.61}_{-0.51}$	$22.91^{+2.21}_{-1.84}$
6873	309	$1.63^{+0.34}_{-0.32}$	$1.29^{+0.37}_{-0.34}$	18.53/16 (1.16)	...	$6.06^{+1.43}_{-0.78}$	$21.88^{+5.17}_{-2.80}$
6868	214	$1.65^{+0.32}_{-0.30}$	$1.03^{+0.27}_{-0.23}$	...	106.93/152 (0.70)	$3.59^{+0.72}_{-0.46}$	$12.96^{+2.62}_{-1.67}$
6869	123	1.26	$0.61^{+0.23}_{-0.16}$	...	67.51/110 (0.61)	$1.51^{+0.27}_{-0.23}$	$5.46^{+0.99}_{-0.83}$
6870	578	$1.26^{+0.18}_{-0.17}$	$0.84^{+0.20}_{-0.19}$	24.9/33 (0.75)	...	$10.11^{+0.71}_{-0.63}$	$36.48^{+2.57}_{-2.29}$



Şekil 4.5. X-59'un ObsID:6872 gözlemindeki tayfı ve en iyi uyum veren po modeli

X-ışın kaynak spektrumunun tam modellenmesi yapılamadığında kaynağın zamanla değişen tayfsal durumunu anlamak için X-ışın renkleri ve onunla ilişkilendirilebilen sertlik oranı belirlenebilir. Prestwich ve ark. (2003), çeşitli galaksilerdeki X-ışın kaynak popülasyonlarını araştırdıkları çalışmada kaynakların X-ışını renklerini incelediler. Herhangi bir kaynağı sadece X-ışın renklerine göre kesin olarak sınıflandırmanın mümkün olmadığını, bununla birlikte X-ışın renklerinin kaynakları bir ya da iki türün hâkim olduğu gruplara ayırabildiği sonucuna vardılar. Buna göre her bir kaynak, 0.3-1 keV (Soft), 1-2 keV (Medium) ve 2-8 keV (Hard) olmak üzere üç enerji bandında belirlenen foton sayım oranlarından elde edilen $HR1 = (H-M)/(H+M+S)$ ve $HR2 = (M-S)/(H+M+S)$ değerlerine göre bir ön sınıflandırma yapılır. Bu sınıflandırmaya göre kaynaklar, soğurulmuş kaynaklar (ABS, Absorbed Sources), HMXB, LMXB, termal SNR ve SSS şeklinde sınıflandırılır. Şekil 4.6.'da Prestwich ve ark., (2003) tarafından önerilen X-ışın renk-renk diyagramı gösterilmektedir.



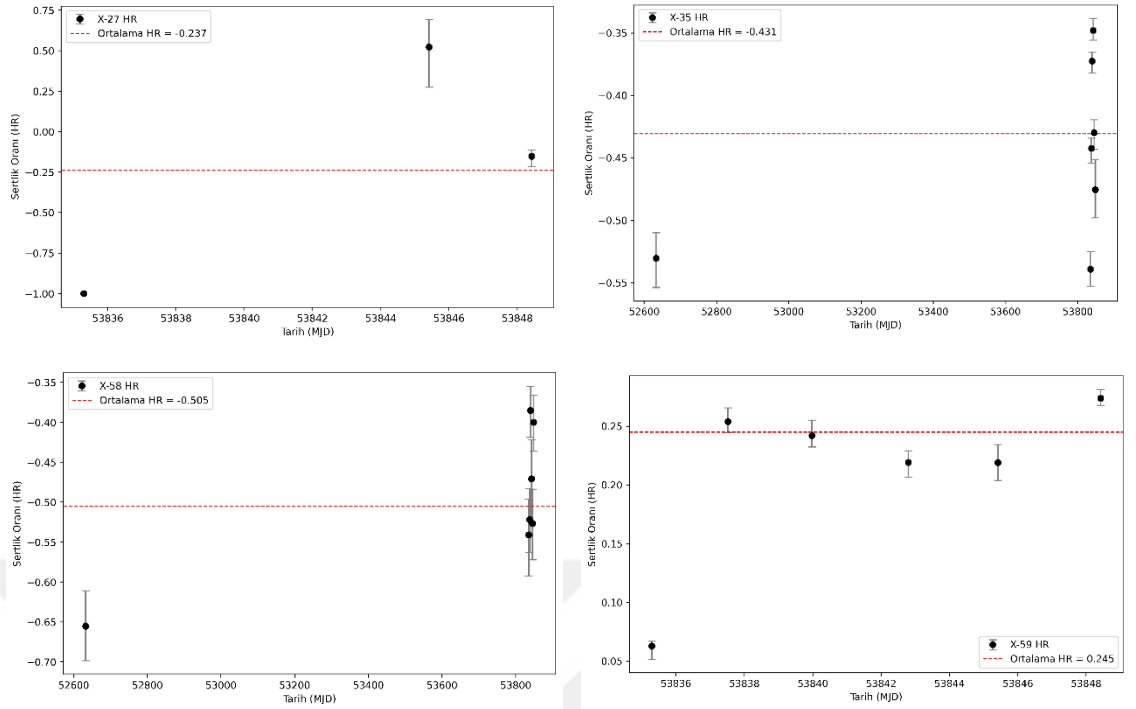
Şekil 4.6. Prestwich ve ark. (2003), tarafından kullanılan X-ışın renk-renk diyagramı.

NGC 1365 için bu sınıflandırma yöntemi tüm gözlemlerde ayrı ayrı uygulandı. Çizelge 4.4.'te 3554 gözleminde tespit edilen X-ışını kaynaklardan 10'u için HR1, HR2 değerleri ve sınıflandırma sonuçları verilmektedir. Çizelge 4.4.'ün devamı ve diğer gözlemlerdeki sınıflandırma sonuçları Ek 2.'de verilmektedir. Bazı kaynaklar diyagramda iki türün kesiştiği bölgeye düştüğünden, bu durumda her iki sınıf da çizelgede belirtildi (örneğin, ABS/LMXB). 63 aday XRB'nin 7 gözleminde hangi sınıfa düştüğü incelendiğinde: yaklaşık %26'sı LMXB, %8'i HMXB, %5'i ABS alanına düşmektedir ve %1'i herhangi bir sınıfa girmemektedir. Kalan kaynakların farklı gözlemlerde farklı sınıflara (örneğin; LMXB/ABS/- veya HMXB/LMXB/ABS gibi) düştüğü görüldü. X-59'un sertlik oranları tüm gözlemler için HMXB'e işaret etmektedir (Ek 2.).

Çizelge 4.4. NGC 1365'teki 3554 gözleminde tespit edilen X-ışın kaynaklarının HR1 ve HR2 değerleri ile ön sınıflandırması

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-4	53.3003465	-36.1414518	0.074589	-0.537295	-
X-7	53.3382425	-36.1375581	0.343649	-0.346882	ABS
X-9	53.3463548	-36.1313942	-0.069109	-0.199032	LMXB
X-11	53.3488409	-36.180657	0.639847	-0.279693	-
X-12	53.3542219	-36.1793441	-0.215152	-0.392424	LMXB
X-13	53.3585048	-36.1439857	0.245115	-0.207815	ABS
X-14	53.3594745	-36.1470929	0.122922	-0.211401	LMXB
X-15	53.360681	-36.05886	0.439266	0.035561	ABS/HMXB
X-16	53.3608668	-36.1372535	0.661403	-0.579432	-
X-20	53.3734287	-36.1416587	-0.270991	-0.165141	LMXB

Prestwich sınıflandırmasına göre kısa dönemde tayfsal değişkenlik (HMXB gösteren X-27 için, 0.3-2 keV (Soft) ve 2-8 keV (Hard) aralıkları için $HR = (H-S)/(H+S)$ alınarak kaynağın görüldüğü gözlemlerdeki değişimi incelendi. Şekil 4.7.'de X-27 ve birden fazla gözlenen X-35, X-58 ve X-59 ULX'leri için zamanla HR değişimi verilmektedir. X-27 ve X-59 için kısa dönem, X-35 ve X-58 için uzun dönem grafikleri gösterilmektedir. Buna göre X-27, 2002'de düşük enerjili (yumuşak), 2006'da yüksek enerjili (sert) ışımanın baskın olduğu görülmektedir. X-27 için ObsID: 6871 gözleminde H bandında (2-8 keV) foton sayımı olmadığından HR hataları hesaplanamadı. X-59 ise ortalama olarak sert durumda olup, ObsID:6871 gözleminde görece daha yumuşak durumdadır. X-35 ve X-58 ortalamada yumuşak durumda olup, kısa dönemde görece yumuşama göstermektedir.



Şekil 4.7. X-27, X-35, X-58 ve X-59'un zamanla HR değişimi

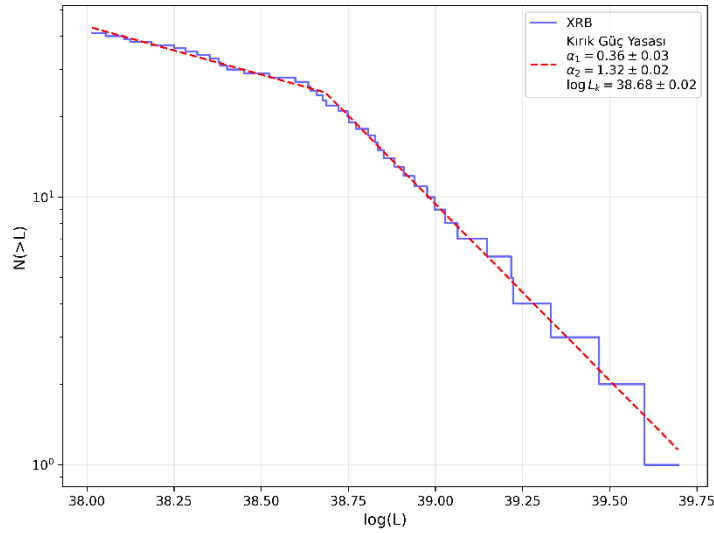
Birçok yakın galaksi için yapılan *Chandra* gözlemi, kompakt X-ışın kaynaklarının XLF'lerinin oldukça benzer şekillere sahip olduklarını göstermiştir (Gilfanov ve ark., 2022). Bununla birlikte galaksilerdeki XRB popülasyonunun XLF şekli, XRB'lerin türlerine göre karakteristik farklılıklar gösterir. HMXB ve LMXB'lerin XLF'leri barınak galaksilerinin sırasıyla yıldız oluşum oranı ve yıldız kütlesi ile bağlantılıdır. XLF'lerin şekilleri, normalizasyon parametreleri ve uyumlandığı modeller hakkında farklı çalışmalar mevcuttur. (Bkz. Grimm ve ark., 2003; Mineo ve ark., 2012; Lehmer ve ark., 2019).

Bu çalışmada NGC 1365 ve NGC 4321 galaksilerindeki XRB'ler için kümülatif XLF'ler X-ışını parlaklık fonksiyonu (XLF) oluşturuldu. Bu fonksiyon belirli bir X-ışını parlaklık değeri (L_X) üzerindeki kaynakların toplam sayısını verir ve bir galaksideki ya da bir örneklemdaki XRB popülasyonunun parlaklığa göre nasıl dağıldığını gösterir. XRB XLF'leri genellikle tek güç yasası ($N(>L_X) \propto L_X^{-\alpha}$) ya da kırık güç yasası ile modellenir. Kırık güç yasası

$$N(>L) = K \begin{cases} L^{-\alpha_1} & (L \leq L_k) \\ L^{-\alpha_2} & (L > L_k) \end{cases} \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $N(>L)$ kümülatif kırık güç yasası fonksiyonunu, L_k fonksiyonun eğiminin değiştiği kırılma parlaklığını, K normalizasyon parametresini, α_1 ve α_2 ise sırasıyla kırılmadan önce ve sonraki eğimi gösterir.

NGC 1365'in görüş alanı en büyük *Chandra* gözleminde (ObsID:3554) belirlenen XRB'ler için elde edilen kümülatif XLF grafiği Şekil 4.8.'de verilmektedir. Kaynakların X-ışın akıları, 0.3-10 keV bandında, foton indisi 1,7 olan bir güç yasası uygulanarak *srcflux* ile hesaplandı. Her iki galaksi için hidrojen sütun yoğunluğu değerleri kullanıldı¹². Işıtmalar ise Bölüm 3.2.'de verilen galaksi uzaklıkları kullanılarak hesaplandı. NGC 1365'te kırık güç yasası ile modellenen XLF'de $K = 24,69 \pm 0,91$ $\alpha_1 = 0,36 \pm 0,03$ ve $\alpha_2 = 1,32 \pm 0,02$ kırılma parlaklığı ise $L_k = 4,83 \pm 0,18 \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ olarak belirlendi. Modelin XLF'ye uyumunu test etmek amacıyla K-S (Kolmogorov-Smirnov) testi uygulandı ve $D = 0,0976$ ve $p = 0,9914 > 0,05$ olup, model ile gözlenen XLF arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görüldü. Sonuç olarak XRB sayısının beklendiği gibi yüksek parlaklıklarda belirgin şekilde düştüğü ve önceki XRB XLF çalışmalarıyla uyumlu olarak XLF'in birkaç $10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ parlaklıkta bir kırılma gösterdiği görülür (Fabbiano 2006).



Şekil 4.8. NGC 1365'in 3554 gözleminde belirlenen XRB'lerin kümülatif XLF'si ve kırık güç yasası modeli

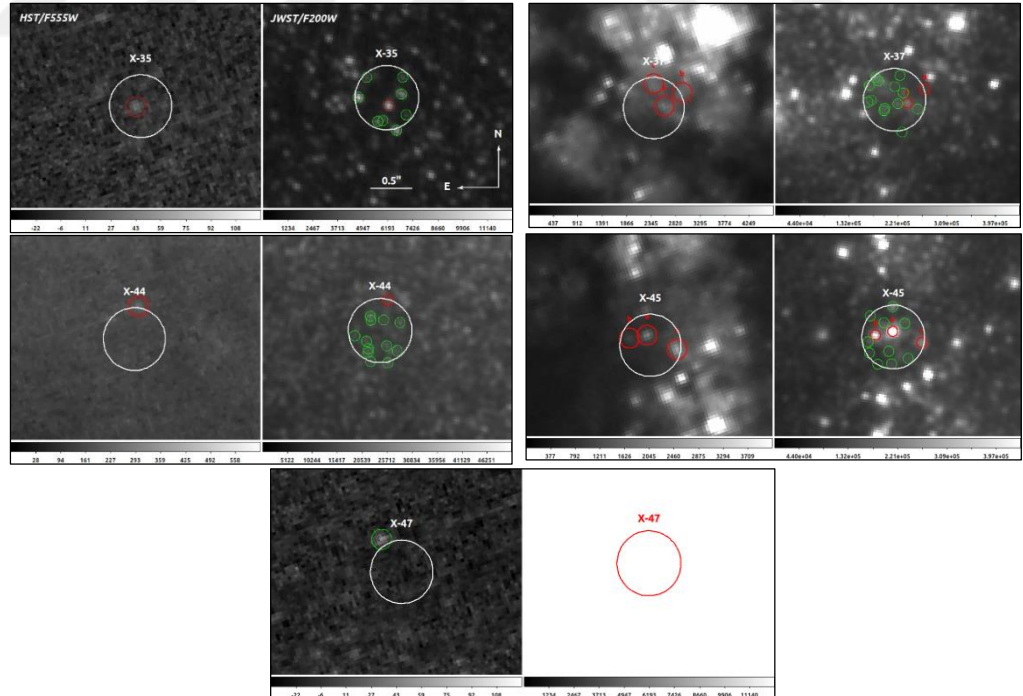
NGC 1365'te *Chandra* görüntülerinden tespit edilen 63 aday XRB'den 30'u *HST* görüş alanına, 34'ü *JWST* görüş alanına düşmektedir. Bu kaynaklar için 3σ ($0,37''$ ve $0,38''$) hata çemberi içinde potansiyel optik ve yakın kızılötesi karşılıklar araştırıldı. 27 kaynak hem *HST* hem de *JWST* görüntülerinde görüş alanındadır. Çizelge 4.5.'te NGC 1365'te *HST* filtrelerinde hata alanı içinde potansiyel optik karşılığı tespit edilen kaynakların *HST* ve *JWST* filtrelerindeki açıklık düzeltilmiş kadir değerleri verilmektedir. *HST* görüş alanına düşen tüm kaynaklar ve üç *HST* filterindeki görünür kadir değerleri Ek 5.'te verilmektedir.

¹² <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/Tools/w3nh/w3nh.pl>

Çizelge 4.5. NGC 1365'te üç *HST* filtresinde karşılık belirlenen kaynakların *HST* ve *JWST* filtrelerindeki açıklık düzeltilmiş kadir değerleri

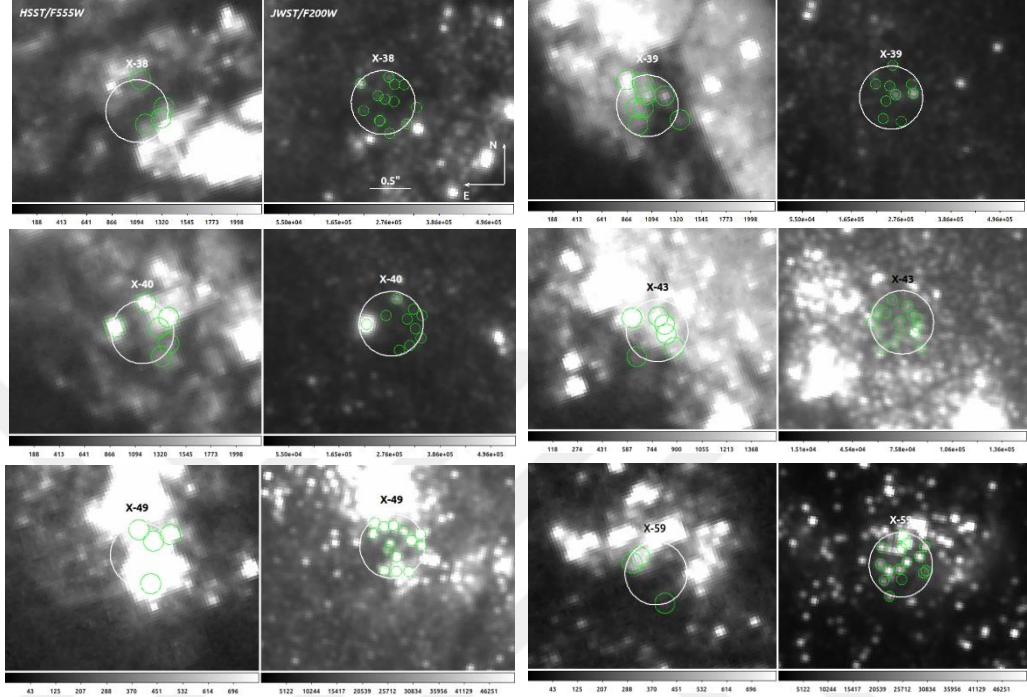
İsim	<i>HST</i>			<i>JWST</i>			
	F438W	F555W	F814W	F200W	F300M	F335M	F360M
X-35_a	26.08 ± 0.22	26.36 ± 0.14	24.95 ± 0.14	22.28 ± 0.03	23.00 ± 0.20	22.84 ± 0.08	22.68 ± 0.07
X-37_a	22.63 ± 0.19	23.02 ± 0.24	21.70 ± 0.16	19.47 ± 0.12	19.07 ± 0.16	19.29 ± 0.31	18.92 ± 0.21
X-37_c	23.24 ± 0.28	23.59 ± 0.30	22.50 ± 0.35	21.37 ± 0.32	20.17 ± 0.66		
X-39_b	22.98 ± 0.14	22.73 ± 0.11	20.62 ± 0.08	18.19 ± 0.03	18.30 ± 0.05	18.42 ± 0.04	18.28 ± 0.05
X-45_a	23.59 ± 0.14	22.73 ± 0.09	20.38 ± 0.07	17.04 ± 0.02	17.02 ± 0.03	16.94 ± 0.07	16.90 ± 0.08
X-45_b	24.27 ± 0.22	23.54 ± 0.12	21.14 ± 0.09	18.08 ± 0.06	17.73 ± 0.04	17.60 ± 0.05	17.62 ± 0.06
X-45_c	22.03 ± 0.11	22.12 ± 0.11	20.77 ± 0.10	18.80 ± 0.07	18.06 ± 0.06	16.85 ± 0.04	16.85 ± 0.03
X-47_a	25.71 ± 0.16	25.66 ± 0.10	24.87 ± 0.14			ad	

X-35, X-37, X-44, X-45 ve X-47 kaynakları için *HST* ve *JWST*'de kullanılan bütün filtrelerde hata alanı içinde potansiyel karşılıklar tespit edildi. Şekil 4.9'da bu kaynakların *HST*/F555W ve *JWST*/F200W görüntülerinde hata alanı içerisinde tespit edilen potansiyel karşılıkları gösterilmektedir. Şekil 4.9'da beyaz çemberler *HST* ve *JWST* için sırasıyla 0.37" ve 0.38" yarıçaplı 3 σ hata alanını göstermektedir (X-47'deki kırmızı çember, kaynağın *JWST*'de alan dışı olduğunu gösterir). Küçük yeşil çemberler tespit edilen potansiyel karşılıkları (küçük kırmızı çemberler ise her iki teleskop için ortak olan adayları) göstermektedir. Bu kaynaklardan X-40'ın *HST* ve *JWST* görünümlerinde tek bir kaynak olarak tanımlanamayacak şekilde parlak ve büyük bir kaynakla örtüştüğü görüldü (Şekil 4.10.).



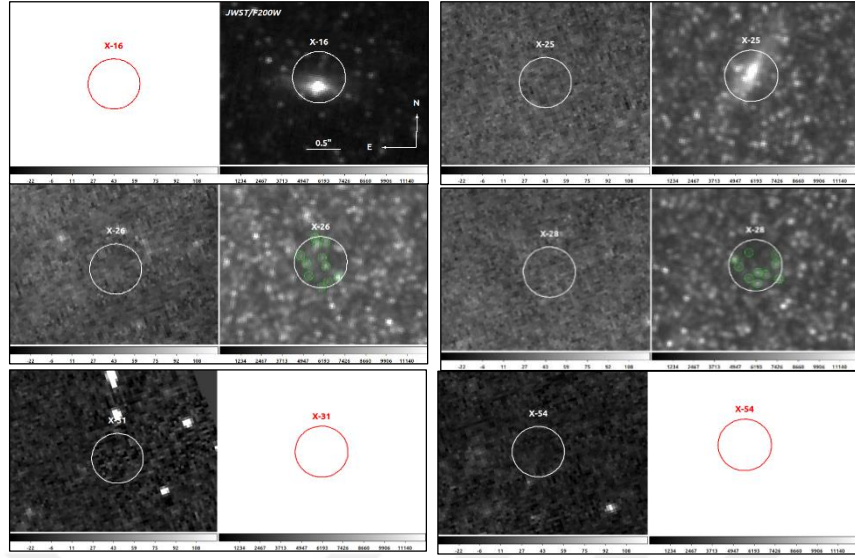
Şekil 4.9. Üç *HST* filtresinde de potansiyel karşılığı belirlenen adayların *HST* (F555W, sol) ve *JWST* (F200W, sağ) görüntüleri.

X-37, X-38, X-40, X-43, X-45 ve X-49'un uzaysal konumları SIMBAD veya NED kataloglarında bir HII bölgesi veya bir yıldız kümesi ile eşleştiği görüldü (Şekil 4.10). *HST*'nin üç filtresinde de hata alanı içerisinde bu yapıların büyük bir kısmı dahil olduğundan, bu kaynaklar için tamamen ayrık optik karşılık ya da karşılıklar (X-37 ve X-45 hariç) belirlenemedi.



Şekil 4.10. *HST* tekli karşılık belirlenemeyen kaynakların *HST* ve *JWST* görüntüleri

Bunların dışında X-25, *JWST* görüntülerinde yaygın bir kaynakla örtüştüğünden bir ardaalan AGN olabileceği değerlendirilerek aday XRB listesinden çıkarıldı (Şekil 4.11.). X-26, X-30, X-33, X-50 (ULX) ve X-54 için *HST*'nin sadece F814W filtresinde, X-27 ve X-31 için F438W ve F81W filtrelerinde karşılıklar tespit edildi. X-61 ise üç filtrenin bir veya ikisinde 4 ayrı karşılığa sahiptir. Bu kaynaklardan *JWST*'de hata alanı içinde X-30, X-33 ve X-50 için 3 potansiyel karşılık tespit edilirken, diğer kaynaklar için çoklu (> 4) kıızılöte karşılıklar tespit edildi. X-28 için *HST*'nin hiçbir filtresinde karşılık tespit edilemezken, *JWST*'de hata alanı içinde çoklu karşılığa sahiptir. *HST/WFC3/UVIS*'te sadece F81W filtresinde ve daha uzun dalgaboylarında *JWST/NIRCam*'in duyarlı olduğu aralıkta ($0,6-5 \mu\text{m}$) karşılık tespit edilen durumlarda, yıldızların yüzey sıcaklıkları düşük, sönük yıldızlar ya da yıldızları çevreleyen kalın toz ve gaz halkalarının varlığı nedeniyle optik bölgede görülmediği varsayılabilir.



Şekil 4.11. *HST*'de görüş alanında olup karşılığı bulunmayan kaynaklar ve X-16 (alan dışı) görüntüleri.

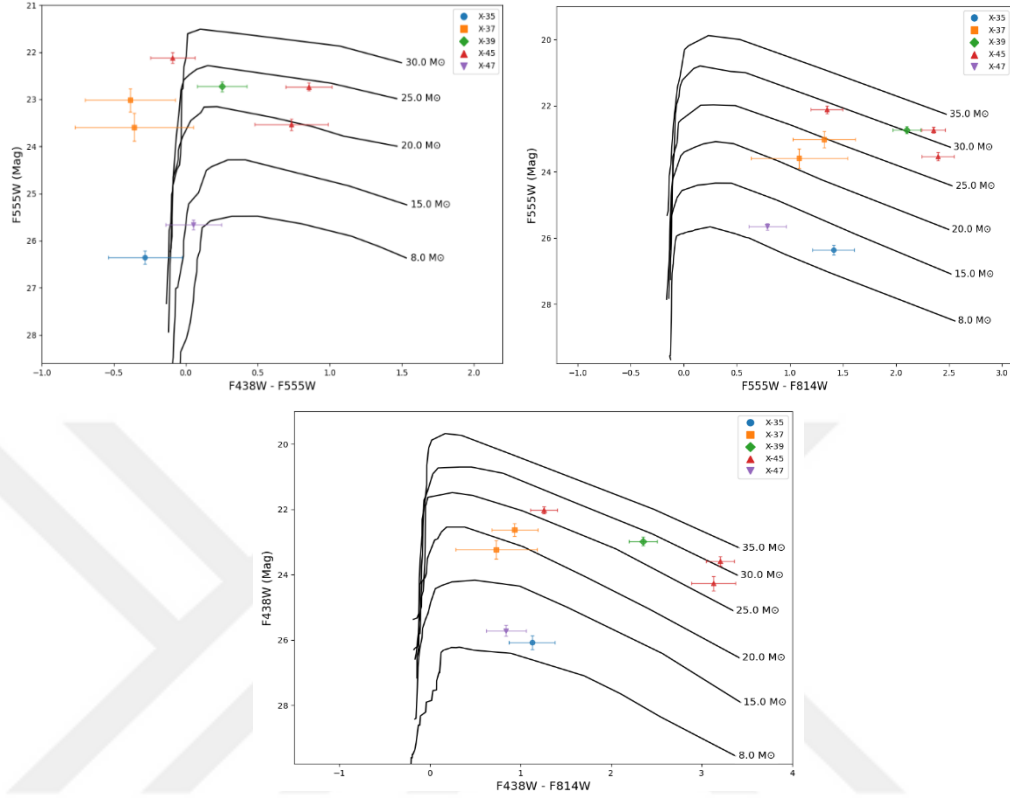
JWST görüntülerinde görüş alanında olan X-9, X-13, X-14, X-16, X-19, X-20 ve X-21 kaynakları *HST* görüntülerinde görüş alanı dışındadır. Bu kaynaklardan X-9 ve X-13 için 4, X-14 için de 3 potansiyel yakın kızılötesi karşılık belirlendi. X-16 hata çemberi içinde yaygın bir kaynakla eşleşti (Şekil 4.11.). Bir ardalan kaynağı olabileceği değerlendirilen X-16, aday XRB'lerin listesinden çıkarıldı. X-19, X-20 ve X-21 için hata çemberi içinde çoklu (> 4) yakın kızılötesi karşılık tespit edildi. Benzer şekilde X-31, X-47 ve X-54 kaynaklarının konumları *HST* görüntülerinde görüş alanında olup *JWST* görüntülerinde alan dışıdır.

NGC 1365'te Kovlakas ve ark. (2020) tarafından listelenen 5 ULX'ten, X-35, X-50, X-58 ve X-59 *HST* ve *JWST* görüntülerinde görüş alanına düşmektedir. Ancak X-34, *HST* ve *JWST* görüntülerinde alan dışına düşmektedir. Strateva ve ark. (2009)'nın çalışmasında *HST/WFPC2* ve *VLT* (Very Large Telescope) görüntüleri kullanılmış ancak X-35 için bir optik karşılık tespit edilememiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan 2019 yılı *HST/WFC3* ve 2022 *JWST* görüntülerinde X-35'in karşılığı olan bir kaynak tespit edildi. X-50 ve X-58 için *HST* görüntülerinde bir karşılık tespit edilmedi. Bir HII bölgesiyle örtüşen X-59 için herhangi bir ayrık kaynak karşılık olarak belirlenemedi.

HST'nin üç filtresinde de aynı optik karşılığı bulunan adayların renk-kadir diyagramı (color-magnitude diagram, CMD) oluşturuldu. Bu amaçla PARSEC¹³ (Padova and Trieste Stellar Evolution Code) izokronları kullanıldı (Bressan ve ark, 2012). Şekil 4.12.'de verilen CMD'ler incelendiğinde optik karşılıklarının kütle aralıklarının 8-30 $M_{\odot}$ aralığında dağıldıkları görülmektedir. Bu kaynaklar (X-35, X-37, X-39, X-45 ve X-47) 3 filtrede optik karşılıkları

¹³ <http://stev.oapd.inaf.it/cgi-bin/cmd>

belirlendiği için HMXB olarak sınıflandırılmış olup bu sınıflandırmaya uyumlu olarak CMD'den belirlenen kütleleri $\geq 8 M_{\odot}$ değerindedir.



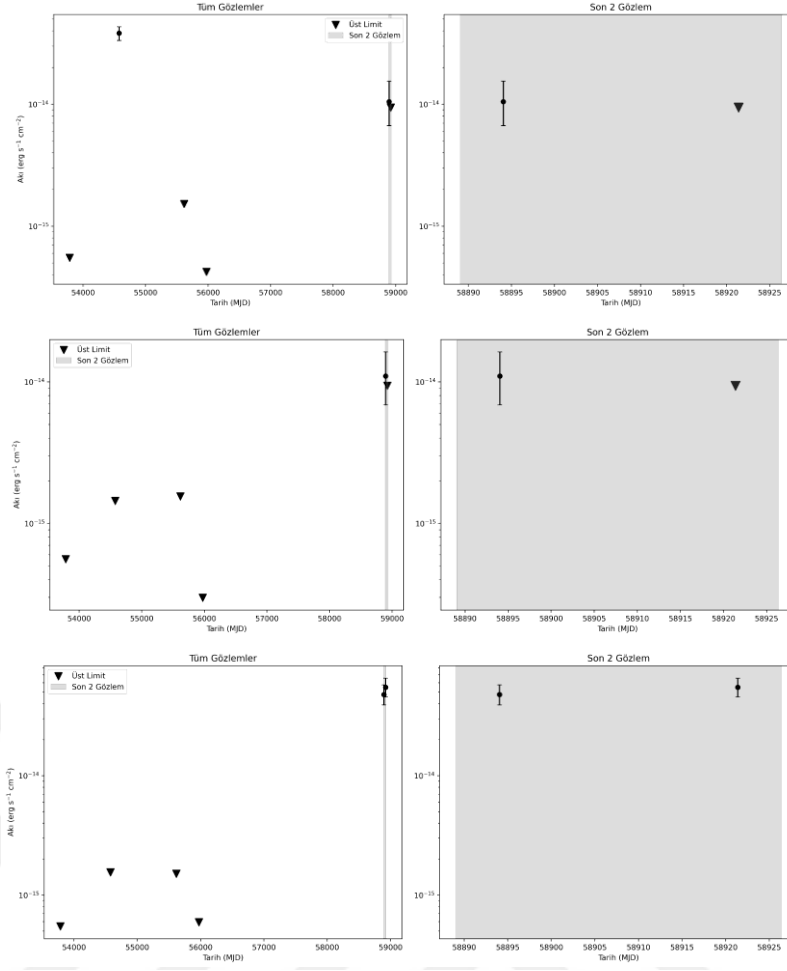
Şekil 4.12. NGC 1365'te üç *HST* filtresinde belirlenen potansiyel karşılıkların CMD'leri.

Bu tez çalışmasında incelenen diğer galaksi NGC 4321'deki XRB'lerin tespiti için altı *Chandra* gözlem verileri analiz edildi. D₂₅ alanı içinde toplam 104 ayrık kaynak belirlendi. Merkezdeki kaynak ve bilinen bir süpernova olan SN1979C (X-80) de listeden çıkarıldı. Ayrıca optik ve kızılötesi görüntülerinden bir ardalan kaynak olabileceği değerlendirilen X-24'te listeden çıkarıldı. Kalan 101 kaynak aday XRB olarak tanımlandı. Bu kaynakların 0,3-10 keV enerji aralığındaki akıları, tayfsal foton indisi 1,7 olan bir güç yasası uygulanarak hesaplandı. Kaynakların tespit edilmediği gözlemlerde ise yine *srcflux* kullanılarak, aynı parametrelerle %90 güven aralığında üst limit akıları belirlendi. Hesaplanan akı ve galaksinin uzaklığı kullanılarak ısıtma değerleri belirlendi. Çizelge 4.6.'da NGC 4321'de 6 *Chandra* gözleminde D₂₅ alanında tespit edilen kaynaklardan 10'unun akı ve V_f değerleri gösterilmektedir. Çizelge 4.6.'nın devamı Ek 3.'te verilmektedir.

Çizelge 4.6. NGC 4321’de 6 *Chandra* gözlemindeki kaynakların konumları, 0.3-10 keV bandındaki akı değerleri ve değişkenlik faktörleri. (*) 1, kaynağın tek gözlemde akısının hesaplandığını gösterir.

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)						
			6727	9121	12696	14230	23140	23141	V_f
X-1	185.651023	15.879779	ad	$1.77^{+0.57}_{-0.48}$	ad	ad	ad	ad	1*
X-2	185.673057	15.840108	< 0.87	ad	< 0.47	$0.14^{+0.09}_{-0.07}$	< 1.21	ad	8.64
X-3	185.673819	15.822319	< 0.5	< 1.04	< 1.03	$0.54^{+0.14}_{-0.12}$	< 0.96	ad	2.09
X-4	185.674419	15.783679	$0.37^{+0.27}_{-0.2}$	< 0.85	$1.24^{+0.49}_{-0.39}$	$0.42^{+0.1}_{-0.09}$	< 2.18	< 1.04	5.89
X-5	185.678150	15.776879	$2.04^{+0.26}_{-0.27}$	$1.95^{+0.46}_{-0.4}$	$1.56^{+0.4}_{-0.34}$	$1.57^{+0.16}_{-0.17}$	$5.02^{+1.1}_{-0.96}$	$4.83^{+1.2}_{-1.04}$	3.22
X-6	185.679204	15.733386	$5.17^{+0.53}_{-0.53}$	$3.95^{+0.67}_{-0.61}$	< 1.66	$5.96^{+0.33}_{-0.32}$	$2.54^{+0.91}_{-0.77}$	ad	3.59
X-7	185.679943	15.851388	$1.54^{+0.26}_{-0.24}$	ad	$2.54^{+0.54}_{-0.48}$	$2.11^{+0.22}_{-0.21}$	< 3.23	ad	2.1
X-8	185.682191	15.762396	$0.67^{+0.16}_{-0.14}$	< 0.61	< 0.54	$0.21^{+0.08}_{-0.07}$	< 1.09	ad	5.22
X-9	185.682273	15.850376	$1.51^{+0.25}_{-0.23}$	ad	$1.2^{+0.4}_{-0.33}$	$2.24^{+0.22}_{-0.21}$	$2.43^{+0.9}_{-0.73}$	ad	2.02
X-10	185.685584	15.824350	$1.59^{+0.34}_{-0.3}$	$0.78^{+0.27}_{-0.23}$	$1.84^{+0.48}_{-0.41}$	$1.8^{+0.25}_{-0.26}$	$3.1^{+0.83}_{-0.71}$	ad	3.98

NGC 4321’de altı *Chandra* gözleminde 19 kaynağın değişkenlik faktörü $V_f > 10$ ’dur. En az bir gözlemde tespit edilmeyen bu kaynaklar geçici kaynak olarak sınıflandırıldı. Bunlardan en çok değişkenlik gösteren, $V_f \sim 100$ değerinde X-68 kaynağıdır. 23 kaynağın ise değişkenlik faktörleri $5 < V_f < 10$ aralığında olduğundan bu kaynaklar geçici aday olarak tanımlandı. Şekil 4.13.’te NGC 4321’de en çok değişkenlik gösteren kaynaklardan X-43, X-62 ve X-68’in uzun ve kısa dönem ışıık eğrileri gösterilmektedir. X-68, X-43 ve X-62’nin V_f ’leri sırasıyla ~ 100 ve ~ 90 ve ~ 37 ’dir.



Şekil 4.13. NGC4321’de en çok değişkenlik gösteren kaynaklardan X-43, X-62 ve X-68’in ışık eğrileri

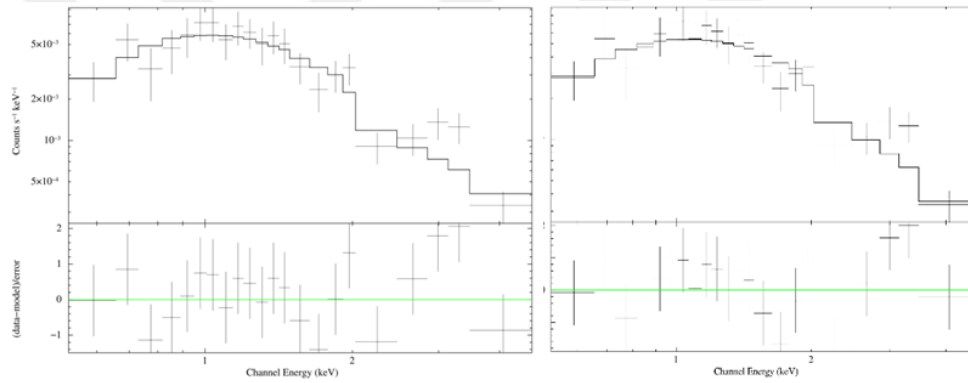
NGC 4321’de belirlenen aday XRB’ler arasında $L_X > 10^{39}$ erg/s ısıtma değerine sahip ve literatürde de ULX olarak sınıflandırılan X-33 ve X-51 kaynaklarının X-ışın tayfları incelendi (Kovlakas ve ark, 2020; Soria ve ark 2022). X-33 için yeterli foton sayımına sahip olduğu gözlemlerde *po* ve *diskbb* modelleri uygulandı. *po* modeli için, $\Gamma = 2,05^{+0,27}_{-0,25}$, $N_H = 3,53^{+0,15}_{-0,13} \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ ve $\chi^2/\text{dof} = 21,89/16 (= 1,37)$ değerleri belirlendi. Bunun yanı sıra *diskbb* modeli için, $N_H = 0,7^{+0,5}_{-0,7} \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ ve $kT = 1,26^{+0,21}_{-0,16} \text{ keV}$ ve $\chi^2/\text{dof} = 21,92/16 (= 1,37)$ değerleri elde edildi. Kullanılan modellerden hesaplanan akı ve ısıtma değerleri *po* modeli için $F_X = 0,85^{0,18}_{0,11} \times 10^{-13} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, $L_X = 2,09^{0,44}_{0,28} \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$, *diskbb* modeli için $F_X = 0,48^{0,04}_{0,04} \times 10^{-13} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, $L_X = 1,17^{0,11}_{0,10} \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ olarak hesaplandı. İstatistik olarak iki model neredeyse aynı sonuçları verdiği için bunlar arasında bir ayrım yapmak zordur. Işımada disk baskın durum dikkate alındığında *diskbb* normalizasyon parametresi $N = 9,19 \times 10^{-4}$ ile sistemdeki karadeli kütlesi, $M_{BH} \approx 8 M_\odot$ olarak bulunur.

X-51 için yeterli foton sayımına sahip üç *Chandra* gözleminde enerji tayflarına uygulanan *po* ve *diskbb* modellerine en iyi uyum veren parametreler Çizelge 4.7.’de verilmektedir. Net foton sayımının 300’den az olduğu 9121 gözleminde C-stat yöntemi kullanıldı. Çizelge 4.7.’de de görüleceği gibi iki model arasında istatistik olarak belirgin bir fark olmamakla birlikte *diskbb*

modelinin uyumu biraz daha iyidir. Işımada diskin baskın olduğu varsayılırsa, en uzun poz süreli gözlem (ObsID:14230) için uygulanan *diskbb* modelinin normalizasyon parametresi $N = 2,28 \times 10^{-3}$ kullanılarak sistemdeki olası karadelğin kütlesi, $M_{BH} \approx 13 M_{\odot}$ olarak hesaplanır.

Çizelge 4.7. NGC 4321 X-51 için uygulanan modeller ve en iyi uyum veren parametreler. 6727 gözleminde *diskbb* modeli için tek bir N_H kullanıldı. Birimler Çizelge 4.2.’deki gibidir.

ObsID	Net foton sayısı	N_H	Γ	kT	χ^2/dof	C-stat/dof	F_X (0.3-10 keV)	L_X
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>po</i>								
6727	344	$0.15^{+0.08}_{-0.07}$	$2.00^{+0.26}_{-0.24}$	...	18.4/19 (0.97)	...	$1.07^{+0.14}_{-0.10}$	$2.62^{+0.35}_{-0.25}$
9121	179	$0.37^{+0.12}_{-0.11}$	$2.38^{+0.34}_{-0.32}$	...	...	67.92/116 (0.58)	$2.11^{+0.75}_{-0.42}$	$5.18^{+1.85}_{-1.03}$
14230	541	$0.21^{+0.07}_{-0.06}$	$2.09^{+0.21}_{-0.20}$	...	21.2/29 (0.73)	...	$0.98^{+0.11}_{-0.08}$	$2.40^{+0.28}_{-0.20}$
<i>diskbb</i>								
6727	344	...	...	$1.07^{+0.13}_{-0.11}$	19.78/20 (0.99)	...	$0.63^{+0.06}_{-0.05}$	$1.54^{+0.14}_{-0.13}$
9121	179	$0.11^{+0.08}_{-0.07}$	...	$1.03^{+0.18}_{-0.15}$	...	69.58/116 (0.60)	$1.03^{+0.13}_{-0.12}$	$2.53^{+0.32}_{-0.29}$
14230	541	$0.02^{+0.04}_{-0.02}$	...	$1.04^{+0.13}_{-0.11}$	21.93/29 (0.75)	...	$0.54^{+0.04}_{-0.04}$	$1.32^{+0.09}_{-0.09}$



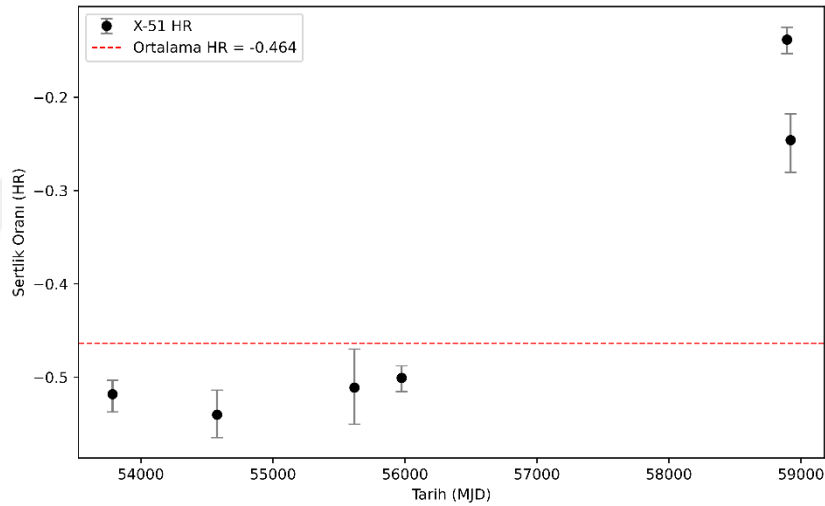
Şekil 4.14. X-51’in ObsID:6727 gözlemindeki tayfı ve uygulanan solda *po* ve sağda *diskbb* modelleri

NGC 4321’deki en uzun poz süreli gözlem (Obs ID 14230 80 ks) için X-ışın kaynaklarının Prestwich ve ark. (2003) çalışmasındaki renk-renk diyagramına göre ön sınıflandırması Çizelge 4.8.’da verilmektedir. Çizelge 4.8.’in devamı ve diğer gözlemler için tablolar Ek 4.’tedir. Bu sınıflandırmaya göre altı *Chandra* gözleminde 101 kaynağın %10’u LMXB, %10’u HMXB, %3’ü ABS ve %1’i SNR bölgesine düşmektedir, %23’ü herhangi bir sınıfa girmemektedir. Kalan %53’ü farklı gözlemlerde farklı sınıflara düşmektedir.

Çizelge 4.8. 14230 gözleminde tespit edilen kaynakların HR oranları ve ön sınıflandırması

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-2	185.6730574	15.8401076	0.621294	-0.242588	-
X-3	185.6738187	15.8223188	0.274117	-0.014561	ABS
X-4	185.6744193	15.7836794	0.429530	0.140940	HMXB
X-5	185.6781503	15.7768795	0.393262	-0.013867	ABS
X-6	185.6792039	15.7333858	0.274554	-0.232143	ABS
X-7	185.6799427	15.8513877	0.417058	-0.411581	-
X-8	185.6821915	15.7623965	0.543776	-0.275844	-
X-9	185.6822727	15.8503764	0.549000	-0.223253	-
X-10	185.6855835	15.8243495	0.248555	-0.160405	ABS
X-11	185.6858851	15.8106029	0.503459	-0.421983	-

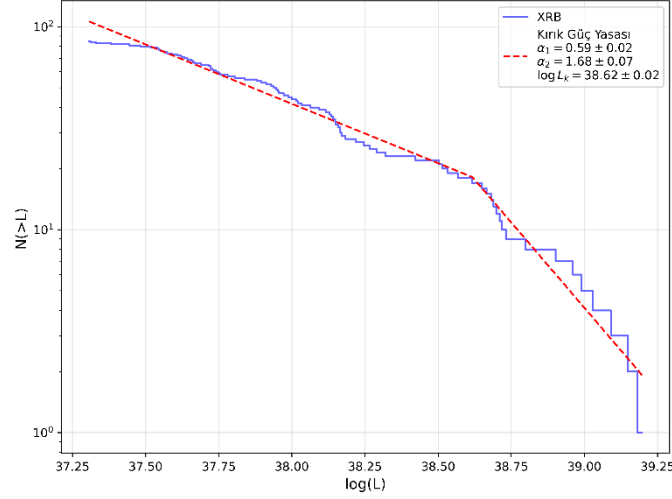
ULX X-51 için Şekil 4.15.'te verildiği gibi zamanla HR, ($HR = (H-S)/(H+S)$), değişimi incelendiğinde X-51'in ortalama olarak yumuşak (düşük enerjili) durumda olup, 2020'de görece sertleşmekte olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.15. X-51'in zamanla HR değişimi

NGC 4321'in yine en uzun poz süreli *Chandra* gözleminde tespit edilen 87 XRB'den Lehmer ve ark. (2019) çalışmasında bildirilen %90 tamlık sınırının ($\log(37,3) \text{ erg s}^{-1}$) altında kalan iki kaynak çıkarılarak 85 aday XRB için kümülatif XLF oluşturuldu. Elde edilen XRB XLF'e kırık güç yasası modeli uygulandı. XRB XLF ve uygulanan modelin grafikleri Şekil 4.16.'da verilmektedir. XLF için elde edilen en uygun model parametreleri $K = 18,15 \pm 1,17$, $\alpha_1 = 0,59 \pm 0,02$ ve $\alpha_2 = 1,68 \pm 0,07$ kırılma parlaklığı ise $L_k = 4,14 \pm 0,24 \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ olarak belirlendi. Model uyumu K-S testi ile değerlendirildi. Sonuç olarak $D = 0,20$ ve $p = 0,0666 > 0,05$ olup, model ile veri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı. Elde edilen kırık güç yasası eğimleri, Lehmer ve ark. (2019) çalışmasında NGC 4321 için bildirilen XLF parametrelerine ($\alpha_1 = 0,71$ ve $\alpha_2 = 2,04$) yakın olmakla birlikte her iki eğim için de

farklılık söz konusudur. Lehmer ve ark. (2019) çalışmasında galaksinin K_s bandı alanı içindeki kaynaklar incelendi ve uygulanan kırık güç yasası modeli için sabit bir kırılma parlaklığı (10^{38} erg s^{-1}) kullanıldı. Dolayısıyla eğimlerdeki farklılık bu nedenlerden kaynaklanabilir.



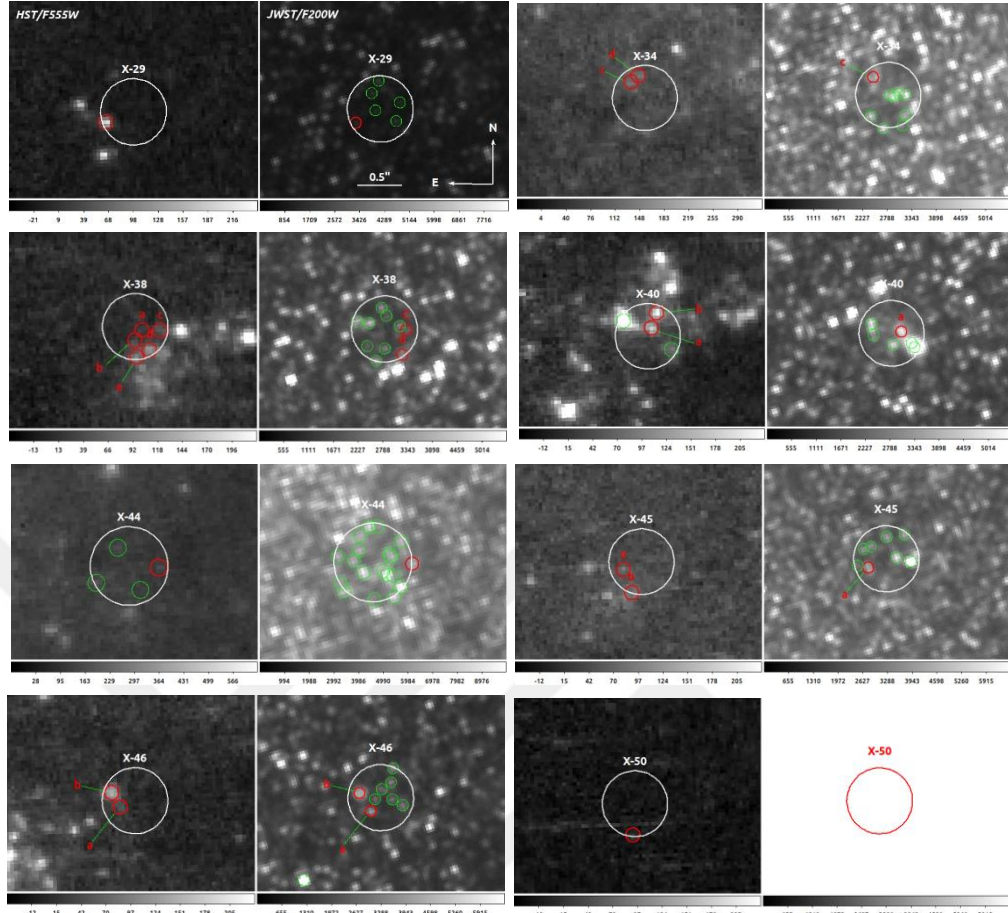
Şekil 4.16. NGC 4321'in 14230 gözleminde belirlenen XRB'lerin kümülatif XLF'i ve uygulanan kırık güç yasası modeli

NGC 4321'de *Chandra* görüntülerinden tespit edilen 101 aday XRB'den 40'ı *HST* görüş alanına, 42'si *JWST* görüş alanına düşmektedir. Bu kaynaklar için $1,6\sigma$ (%90) güven aralığında *HST* ve *JWST*'de $0.37''$ hata çemberi içinde potansiyel optik ve yakın kızılötesi karşılıklar araştırıldı. Çizelge 4.9.'da *HST*'nin üç filtresinde hata alanı içinde potansiyel optik karşılığı tespit edilen kaynakların *HST* ve *JWST* filtrelerindeki açıklık düzeltilmiş kadir değerleri verilmektedir. *HST* görüş alanına düşen tüm kaynakların *HST* filtrelerindeki kadir değerleri Ek 6.'da verilmektedir.

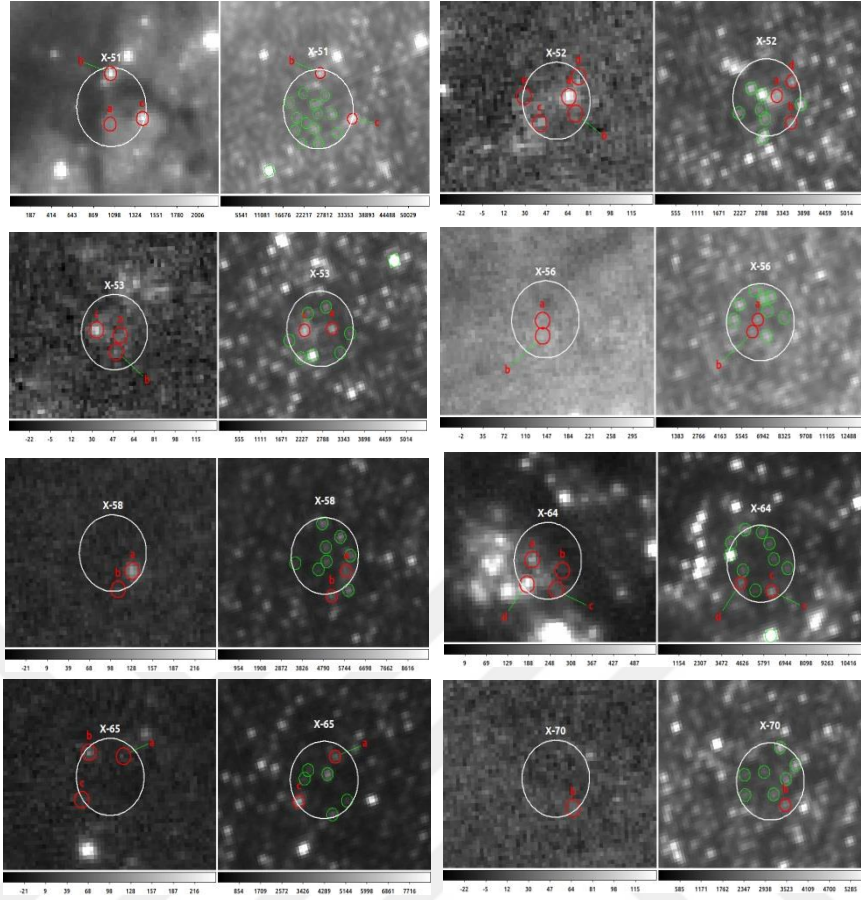
Çizelge 4.9. NGC 4321’de *HST*’de görüş alanına düşen kaynakların *HST* ve *JWST* filtrelerindeki düzeltilmiş kadir değerleri

Kaynak	<i>HST</i>			<i>JWST</i>			
	F438W	F555W	F814W	F200W	F300M	F335M	F360M
X-29.a	24.18 ± 0.08	24.31 ± 0.08	24.36 ± 0.13	24.17 ± 0.14			26.40 ± 2.23
X-34.c	25.19 ± 0.16	25.16 ± 0.15	24.46 ± 0.18	22.67 ± 0.06	22.87 ± 0.11	22.91 ± 0.17	22.89 ± 0.12
X-34.d	25.21 ± 0.14	25.49 ± 0.18	25.45 ± 0.39				
X-38.d	25.33 ± 0.22	24.71 ± 0.13	24.26 ± 0.18	23.21 ± 0.16	22.33 ± 0.15	22.20 ± 0.12	22.68 ± 0.20
X-40.a	24.27 ± 0.11	24.50 ± 0.11	23.75 ± 0.13	22.32 ± 0.08	21.36 ± 0.07	19.67 ± 0.04	20.08 ± 0.06
X-40.b	24.61 ± 0.13	24.43 ± 0.11	24.10 ± 0.14				
X-44.d	26.40 ± 0.39	25.60 ± 0.22	25.35 ± 0.59	22.47 ± 0.09		23.60 ± 1.77	23.54 ± 1.86
X-45.c	25.43 ± 0.17	25.38 ± 0.15	25.59 ± 0.46				
X-46.a	26.11 ± 0.26	25.46 ± 0.15	25.51 ± 0.34	22.48 ± 0.05	22.74 ± 0.08	22.37 ± 0.18	22.72 ± 0.24
X-46.b	25.97 ± 0.23	24.03 ± 0.07	23.56 ± 0.10	21.98 ± 0.04	22.59 ± 0.12	22.04 ± 0.07	22.36 ± 0.07
X-50.b	25.93 ± 0.17	26.27 ± 0.25	23.65 ± 0.10			ad	
X-51.a	22.57 ± 0.11	22.27 ± 0.14	22.41 ± 0.32	20.60 ± 0.09	22.48 ± 0.91	20.18 ± 0.09	21.02 ± 0.29
X-51.b	22.15 ± 0.07	21.73 ± 0.07	21.06 ± 0.09	20.41 ± 0.05	20.35 ± 0.11	20.29 ± 0.11	20.41 ± 0.16
X-51.c	22.09 ± 0.12	22.23 ± 0.14	21.47 ± 0.13	19.81 ± 0.05	20.37 ± 0.11	20.60 ± 0.18	20.48 ± 0.15
X-52.d	26.08 ± 0.23	26.25 ± 0.30	24.57 ± 0.17	23.10 ± 0.11	25.25 ± 2.01	24.51 ± 0.97	24.33 ± 0.65
X-53.a	25.48 ± 0.16	26.28 ± 0.29	25.29 ± 0.32	22.75 ± 0.07	24.16 ± 0.47	24.26 ± 1.09	25.71 ± 1.88
X-53.b	26.27 ± 0.34	26.03 ± 0.23	25.26 ± 0.40				
X-53.c	24.93 ± 0.12	24.79 ± 0.11	23.70 ± 0.12	22.42 ± 0.05	22.45 ± 0.07	22.34 ± 0.15	22.59 ± 0.13
X-56.b	25.63 ± 0.23	25.52 ± 0.25	25.21 ± 0.50	23.63 ± 0.32	23.30 ± 0.56	22.46 ± 0.28	22.81 ± 0.31
X-58.a	24.98 ± 0.10	24.48 ± 0.08	23.65 ± 0.10	22.93 ± 0.15	22.38 ± 0.13	22.31 ± 0.17	22.49 ± 0.12
X-58.b	26.17 ± 0.27	26.37 ± 0.26	24.92 ± 0.23	22.75 ± 0.06			
X-64.a	24.55 ± 0.27	24.34 ± 0.29	23.97 ± 0.30				
X-64.b	24.71 ± 0.16	24.51 ± 0.14	24.59 ± 0.28				
X-64.c	25.01 ± 0.28	24.75 ± 0.26	24.21 ± 0.25	22.25 ± 0.10	23.43 ± 0.90	21.29 ± 0.27	
X-64.d	23.20 ± 0.09	23.04 ± 0.09	22.62 ± 0.10	22.50 ± 0.13	22.87 ± 0.51	21.27 ± 0.15	23.27 ± 1.69
X-65.b	25.53 ± 0.13	25.32 ± 0.10	25.26 ± 0.25				
X-70.b	26.12 ± 0.21	26.07 ± 0.17	26.12 ± 0.66	23.25 ± 0.13	23.47 ± 0.37	23.58 ± 0.36	24.83 ± 1.12

NGC 4321’de 35 kaynak hem *HST* hem de *JWST* görüntülerinde görüş alanındadır. 16 kaynaktan (X-29, X-34, X-38, X-40, X-44, X-45, X-46, X-50, X-51, X-52, X-53, X-56, X-58, X-64, X-65 ve X-70) X-50 dışındaki 15’i için *HST* ve *JWST*’de kullanılan bütün filtrelerde hata alanı içinde potansiyel karşılıklar tespit edildi. Şekil 4.17. ve 4.18.’de bu kaynakların *HST*/F555W ve *JWST*/F200W görüntülerinde %90 ($1,6\sigma$) güven aralığında 0.37" yarıçaplı (X-51 için %95 güvenilirlikle 0,45" yarıçaplı) hata alanı içerisinde tespit edilen potansiyel karşılıkları gösterilmektedir.

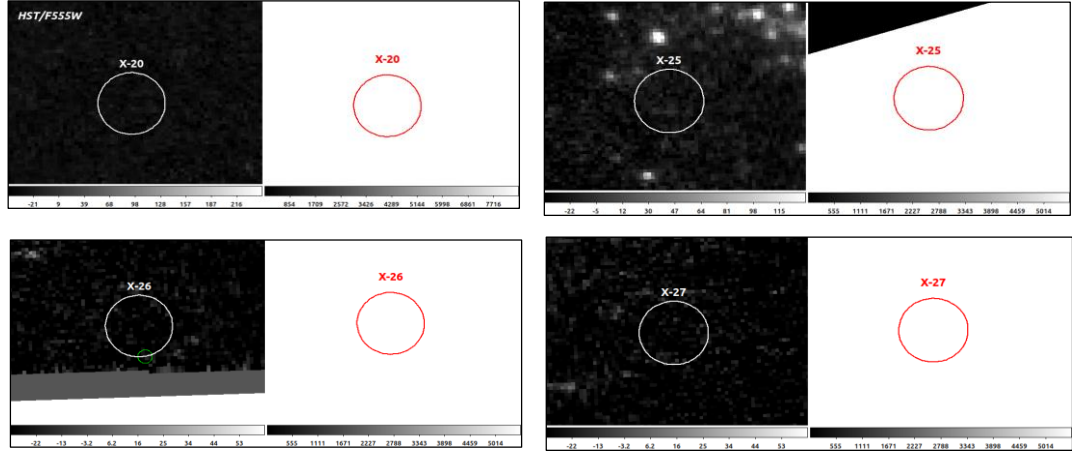


Şekil 4.17. NGC 4321'deki *HST*'de üç filtrede karşılığı belirlenen XRB'lerin *HST/F555W* ve *JWST/F200W* görüntüleri



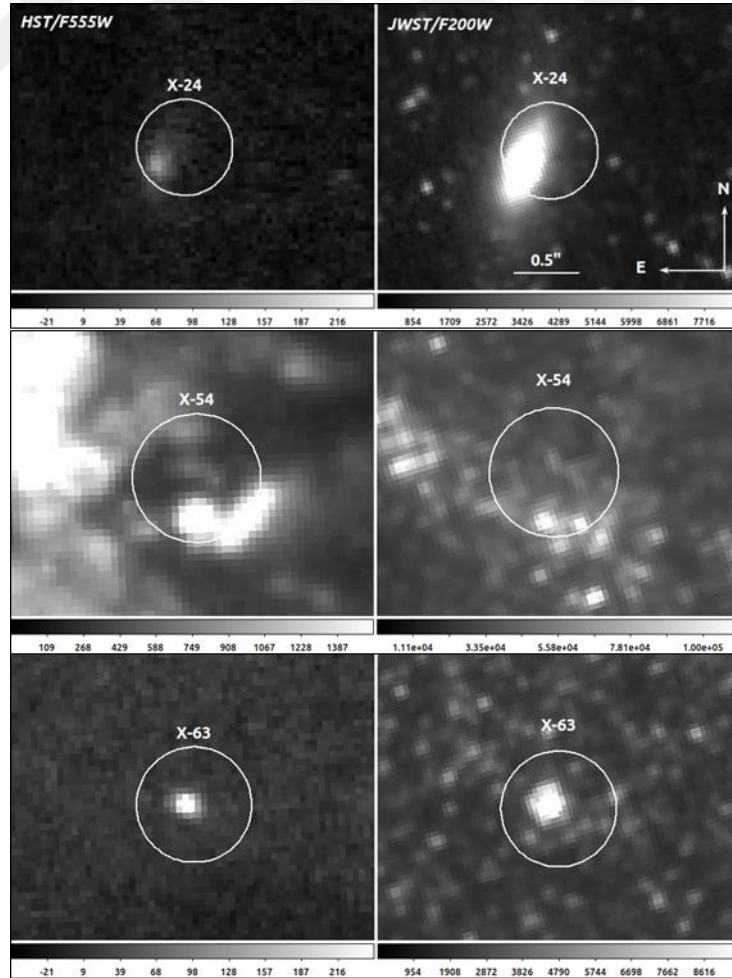
Şekil 4.18. NGC 4321'deki *HST*'de üç filtrede karşılığı belirlenen XRB'lerin *HST*/F555W ve *JWST*/F200W görüntüleri (devamı)

Ayrıca X-20, X-25, X-26, X-27 ve X-50 kaynakları *HST* görüş alanına düşerken, *JWST* görüş alanının dışında kalmaktadırlar. Şekil 4.19.'da (X-50 Şekil 4.18.'de) bu kaynakların *HST*/F555W görüntüleri verilmektedir. Bu kaynaklardan X-20 için *HST*'nin üç filtresinde de herhangi bir karşılık tespit edilemedi. X-50 için ise üç *HST* filtresinde de hata alanı içinde bir optik karşılık belirlendi. Benzer şekilde X-14, X-15, X-30, X-84, X-86, X-87 ve X-89 kaynakları *HST* görüş alanı dışına düşerken, *JWST* görüş alanıdır.



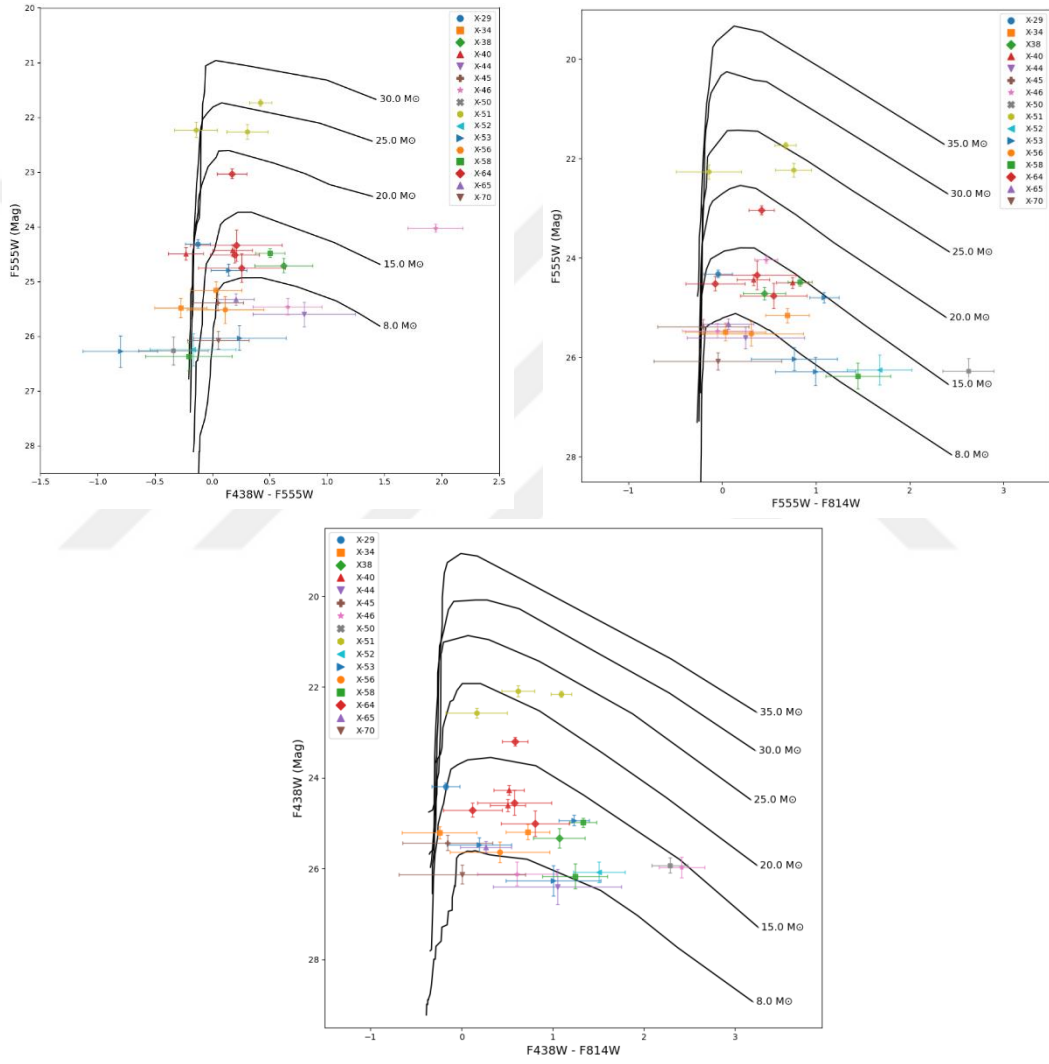
Şekil 4.19. *HST*’de görüş alanında olup *JWST*’de olmayan kaynakların *HST/F555W* görüntüleri

Bunun yanı sıra, X-24 kaynağı *HST* ve *JWST* görüş alanında olup hata çemberi içinde yaygın bir kaynakla örtüşmektedir. X-54 kalabalık bir bölgede olup, bu kaynak için tekli karşılık belirlenemedi. X-63 ise tek bir yıldız olamayacak kadar yaygın ve parlak bir kaynağa karşılık gelmektedir (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. NGC 4321’deki X-24, X-54 ve X-63’ün *HST/F555W* ve *JWST/F200W* görüntüleri.

NGC 4321 için *HST*'nin üç filtresinde de aynı optik karşılığı bulunan 16 XRB'nin potansiyel karşılıklarının renk-kadir diyagramları (color-magnitude diagram, CMD) elde edildi (Şekil 4.21.). Bir XRB'nin birden fazla optik karşılığının bulunduğu durumlarda adaylar aynı sembolle gösterilmektedir. Bir XRB'nin birden fazla optik karşılığının bulunduğu durumlarda adaylar aynı sembolle gösterilmektedir. Şekil 4.21.'de verilen CMD'ler incelendiğinde optik karşılıklarının kütlelerinin 8-25 $M_{\odot}$ aralığında dağıldıkları görülmektedir. CMD sonuçları bu kaynakların beklendiği gibi HMXB olduklarına işaret etmektedir.



Şekil 4.21. NGC 4321’de üç *HST* filtresinde karşılığı belirlenen XRB’lerin renk-kadir diyagramları

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında NGC 1365 ve NGC 4321 sarmal galaksilerinde bulun XRB'ler araştırıldı. *Chandra* arşiv verilerinin analiziyle belirlenen XRB'lerin olası optik ve yakın kızılötesi karşılıklarını araştırmak için *HST* ve *JWST* arşiv verileri kullanıldı. NGC 1365 için 2002-2006 yılları arasında yedi, NGC 4321 için 2006-2020 arasında yapılan altı *Chandra* gözleme ait veri seti kullanıldı. Bu altı gözlemden son ikisi 2020 yılında yapılan ve önceki XRB tespit çalışmalarında kullanılmayan gözlemlerdir. NGC 1365'te yedi gözlemden tespit edilen toplam 63 kaynak aday XRB olarak tanımlandı. Belirlenen 63 aday XRB için $F_X = (8,61 \times 10^{-16} - 7,54 \times 10^{-13}) \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, $L_X = (3,11 \times 10^{37} - 2,72 \times 10^{40}) \text{ erg s}^{-1}$ değerleri arasında değişmektedir. Bu kaynaklardan 7'si için yedi *Chandra* gözleminde $V_f > 10$ olarak belirlendi. Benzer şekilde NGC 4321'de 101 kaynak aday XRB olarak tanımlandı. Bu kaynaklar için $F_X = (2,94 \times 10^{-16} - 2,11 \times 10^{-13}) \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ ve $L_X = (7,22 \times 10^{36} - 5,18 \times 10^{39}) \text{ erg s}^{-1}$ aralığı ve 19 XRB için $V_f > 10$ olarak belirlendi. Bu çalışmada ilk kez XRB popülasyonu belirlemek için kullanılan 2020 *Chandra* görüntülerinde daha önceki *Chandra* gözlemlerinde görülmeyen iki kaynak X-62 ve X-68) tespit edildi. Bu iki kaynak akı değişkenlikleri $V_f > 10$ olup, bunlar geçici XRB olarak tanımlandı.

Her iki galaksideki kaynakların X-ışın renk-renk diyagramları oluşturularak Prestwich ve ark. (2003) tarafından önerilen yöntemle göre bir ön sınıflandırma yapıldı. NGC 1365'teki 63 aday XRB'nin 7 gözlemden hangi sınıfa düştüğü incelendiğinde: %26'sı LMXB, %8'i HMXB, %5'i ABS alanına düşmektedir ve %1'i herhangi bir sınıfa girmemektedir. Kalan %60'ının farklı gözlemlerde farklı sınıflara (örneğin; LMXB/ABS/- veya HMXB/LMXB/ABS gibi) düştüğü belirlendi. X-59'un sertlik oranları tüm gözlemler için HMXB'e işaret etmektedir (Ek 2.). NGC 4321'deki 101 kaynağın %10'u LMXB, %10'u HMXB, %3'ü ABS ve %1'i SNR sınıfına girmektedir, %23'ü herhangi bir sınıfa girmemektedir. Kalan %53'ü farklı gözlemlerde farklı sınıflara düşmektedir.

NGC 1365 ve NGC 4321'de görüş alanı en büyük *Chandra* gözleminde tespit edilen sırasıyla 41 ve 85 aday XRB için kümülatif XLF'ler oluşturuldu. Literatürde de sıkça görüldüğü gibi XLF'lerin kırık güç yasasına uyumlandığı belirlendi. Bu modele göre NGC 1365 ve NGC 4321 için oluşturulan XLF'lerin sırasıyla $\alpha_1 = 0,36 \pm 0,03$ ve $\alpha_1 = 0,59 \pm 0,02$ ile kırılma noktasına ($L_X = (4,83 \pm 0,18) \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$ ve $L_X = (4,14 \pm 0,24) \times 10^{38} \text{ erg s}^{-1}$) değerlerine ulaştıkları ve sonra hızlıca azalarak $\alpha_2 = 1,32 \pm 0,02$ ve $\alpha_2 = 1,68 \pm 0,07$ gibi eğime ve sonra yüksek bir parlaklıkta ($1,57 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$ ve $4,97 \times 10^{39} \text{ erg s}^{-1}$) kesildikleri gözlemlendi.

HST ve *JWST* arşiv verilerinden iki galakside belirlenen aday XRB'lerin olası karşılıkları araştırıldı. *HST* için WFC3/UVIS kamerası ile F438W, F555W, F814W filtrelerinde alınan görüntüler, *JWST* için NIRCам ile F200W, F300M, F335M ve F360M filtrelerinde alınan görüntüler kullanıldı. NGC 1365'te 23 aday XRB için *HST*'de en az bir filtrede 0.37" yarıçaplı hata alanı (3σ güven aralığında) içinde optik karşılık veya karşılıklar belirlendi. Bunlardan 20'si için

JWST'de en az bir filtrede $0.38''$ yarıçaplı hata alanı (3σ güven aralığında) içinde karşılıkları belirlendi. 5 XRB, üç *HST* filtresinde en az bir optik karşılığa sahip olduğu görüldü. Benzer şekilde NGC 4321'deki *HST* görüş alanına düşen 42 aday XRB'den 39'u için en az bir filtrede $1,6\sigma$ güven aralığında $0.37''$ yarıçaplı hata alanı içinde optik karşılık veya karşılıklar belirlendi. Bu 42 XRB'nin *JWST* görüş alanında olan 35'i için yine $1,6\sigma$ güven aralığında $0.37''$ yarıçaplı hata alanı içinde yakın kızılöte karşılıklar belirlendi. 16 XRB için, üç *HST* filtresinde de en az bir optik karşılık belirlendi.

Galaksi NGC1365'te Kovlakas ve ark. (2020) tarafından ULX olarak tanımlanan 5 kaynak (X-34, X-35, X-50, X-58 ve X-59) detaylı incelendi. X-35 ve X-59 daha önce farklı çalışmalarda incelenen ULX'lerdir (Soria ve ark. 2007; Strateva ve ark. 2009). Analizler sonucu X-35'in, Nisan 2006'daki altı *Chandra* gözleminde bir parlama yaptığı onaylandı. Ayrıca X-59'un yedi *Chandra* gözlemini kapsayan 4 yıllık bir dönemde en yüksek akı değişkenliği (~ 200 kat) gösterdiği belirlendi. İncelenen ULX'lerin optik ve kızılötesi karşılıkları araştırıldığında; X-34'ün *HST* ve *JWST* görüntülerinde görüş alanına düşmediği, X-35'in *HST* ve *JWST* görüntülerinde bir potansiyel karşılığı olduğu, X-50 ve X-58 'in *HST/F814W* ve *JWST*'de tekli karşılıkları olduğu, X-59'un kalabalık bir bölgede bulunduğundan *HST*'de ayrı bir karşılığının olmadığı belirlendi. Bu kaynaklar için yeterli foton sayımına sahip oldukları gözlemlerde X-ışın tayfları incelendi. ULX'lerin tayflarına *po* ve *diskbb* modelleri uygulandı ve genel olarak *po* ve *diskbb* modelleri arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark görülmedi. Bununla birlikte bu 5 ULX için disk baskın ışıma durumu varsayıldığında, *diskbb* normalizasyon parametresinden ULX'lerdeki olası karadeliklerin kütleleri $\sim 9-40 M_{\odot}$ olarak hesaplandı. X-35 için $\sim 40 M_{\odot}$ olarak hesaplanan karadelik kütlesi, Strateva ve ark. (2009) tarafından önerilen $40-60 M_{\odot}$ değerleriyle uyumlu olduğu belirlendi.

NGC 4321'de iki ULX (X-33 ve X-51) ayrıntılı incelendi. X-33 ve X-51'in X-ışın tayflarına uygulanan *po* ve *diskbb* modellerinde istatistik olarak belirgin farklar görülmedi. Disk baskın ışıma durumu varsayıldığında, *diskbb* normalizasyon parametresinden ULX çiftlerinde olası karadelik kütlesi; X-33 için $\sim 8 M_{\odot}$, X-51 için $\sim 13 M_{\odot}$ olarak hesaplandı. ULX'lerin optik ve kızılötesi karşılıkları araştırıldığında, X-33'ün *HST* ve *JWST* görüntülerinde alan dışında olup, X-51'in her iki teleskop görüntülerinde eşleşen üç aday karşılık belirlendi.

Her iki galakside belirlenen XRB'lerin üç *HST* filtresinde belirlenen potansiyel karşılıkları için CMD'ler oluşturuldu. Sonuç olarak NGC 1365'te 5 kaynağın optik karşılıklarının $8-30 M_{\odot}$, NGC 4321'de ise 16 kaynağın optik karşılıklarının $8-25 M_{\odot}$ arasında olduğu belirlenerek, bu kaynaklar HMXB olarak sınıflandı. NGC 1365'te HMXB olarak sınıflandırılan kaynaklardan X-47 için X-ışın akı değişkenlik faktörü $V_f = 19$, X-39 için $V_f = 6$, diğerleri için ise $V_f < 5$ 'tir. NGC 4321'de HMXB olarak tanımlanan 16 kaynaktan X-65, $V_f = 13$ ile en çok akı değişkenliği gösteren XRB'dir. X-38, X-58 ve X-64 için $5 < V_f < 10$, diğer kaynaklar için ise $V_f < 5$ 'tir.

Daha uzun poz süreli ve daha sık aralıklı yeni *Chandra* gözlemleri ile XRB'lerin X-ışın özellikleri daha ayrıntılı incelenebilir. Bu çalışmada kullanılan *HST* ve *JWST* gözlemlerinin görüş alanları, galaksilerin tamamını kapsamamaktadır. Galaksilerin diğer bölgelerini de içeren farklı gözlemler kullanılarak, daha fazla kaynağın optik ve kızılötesi özellikleri incelenebilir. Özetle bu galaksilerin çoklu dalgaboylarında daha fazla gözlem verileri elde edilerek XRB popülasyonları hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilebilir.





KAYNAKLAR

- Akyüz, A. ve ark., 2024. Exploring the relationship between X-ray binaries and compact star clusters (I): NGC 4490 and NGC 4214. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 529(2):1507-1523.
- Allak, S. ve ark., 2022. Detection of 125.5-day optical periodic modulation of the neutron star M51 ULX-8. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 517(3): 3495-3504.
- Avdan, Ş. ve ark., 2023. Investigation of the connection between X-ray binaries and compact star clusters in NGC 628. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 519(4):4826-4840.
- Bachetti, M. ve ark., 2014. An ultraluminous X-ray source powered by an accreting neutron star. *Nature*, 514(7521):202-204.
- Balmaverde, B. ve Capetti, A., 2013. Multi-band constraints on the nature of emission line galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, 549:id.A144, 6 pp, doi: 10.1051/0004-6361/201219426
- Binder, B. ve ark., 2015. The *Chandra* Local Volume Survey. I. The X-Ray Point Source Populations of NGC 55, NGC 2403, and NGC 4214. *The Astronomical Journal*, 150(3):article id. 94, 34 pp, doi:10.1088/0004-6256/150/3/94
- Chandar, R. ve ark., 2020. A New Window into the Nature of X-Ray Binaries in M101 from Their Optical Emission. *The Astrophysical Journal*, 890(2):150.
- Colbert, E. J. M. ve Mushotzky, R. F., 1999. The Nature of Accreting Black Holes in Nearby Galaxy Nuclei. *The Astrophysical Journal*, 519(1):89-107.
- Fabbiano, G., 2006. Populations of X-ray Sources in Galaxies. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 44(1):323-366.
- Giacconi, R. ve ark., 1979. A high-sensitivity X-ray survey using the Einstein Observatory and the discrete source contribution to the extragalactic X-ray background. *The Astrophysical Journal*, 234:L1-L7.
- Gilfanov, M. Ve ark., 2022. X-Ray Binaries in External Galaxies. *Handbook of X-ray and Gamma-ray Astrophysics*. Edited by Cosimo Bambi and Andrea Santangelo, Springer Living Reference Work, 105.
- Grimm H. J. ve ark., 2002. The Milky Way in X-rays for an outside observer. Log(N)-Log(S) and luminosity function of X-ray binaries from RXTE/ASM data. *Astronomy and Astrophysics*, 391:923-944.
- Grimm H. J. ve ark., 2003. High-mass X-ray binaries as a star formation rate indicator in distant galaxies. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, 339(3):793-809.

- Hunt, Q. Ve ark., 2023. Calibrating X-Ray Binary Luminosity Functions via Optical Reconnaissance. II. The High-mass XLF and Globular Cluster Population of X-Ray Binaries in the Low Star-forming Spiral M81. *The Astrophysical Journal*, 947(1):31-47.
- Kaaret, P. ve Alonso-Herrero, A., 2008. X-Ray Sources in the Star-Forming Galaxies NGC 4194 and NGC 7541. *The Astrophysical Journal*, 682(2):1020-1028.
- Komossa, S. ve Schulz, H. 1998. *Astronomy and Astrophysics*, 339:345-354.
- Kovlakas, K. ve ark., 2020. A census of ultraluminous X-ray sources in the local Universe. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 498(4): 4790-4810.
- Kubota ve ark., 1998. Evidence for a Black Hole in the X-Ray Transient GRS 1009-45. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 50: 667-673.
- Kuntz, K. D. ve ark., 2016. A Deep *Chandra* ACIS Survey of M51. *The Astrophysical Journal*, 827(1): article id. 46, 20 pp, doi: 10.3847/0004-637X/827/1/46
- Lehmer, B. ve ark., 2019. X-Ray Binary Luminosity Function Scaling Relations for Local Galaxies Based on Subgalactic Modeling. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 243 (1):article id. 3, 29 pp, doi: 10.3847/1538-4365/ab22a8
- Lindblad, P. O., 1999. NGC 1365. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 9(3-4):221-271.
- Liu, J. F. ve ark., 2007. Optical Studies of the Ultraluminous X-Ray Source NGC 1313 X-2. *The Astrophysical Journal*, 661 (1):165-172.
- Ma C. H. ve ark., 2023. *Chandra* Observation of NGC 1559: Eight Ultraluminous X-Ray Sources Including a Compact Binary Candidate. *The Astrophysical Journal*, 956(1): id.41, 14 pp, doi: 10.3847/1538-4357/aced04
- Mirabel, I. F. ve Rodrigues, I., 2003. The origin of Scorpius X-1. *Astronomy and Astrophysics*, 388:L25-L28. 10.1051/0004-6361:20021767
- Miller, J. M. ve ark., 2004. A Comparison of Intermediate-Mass Black Hole Candidate Ultraluminous X-Ray Sources and Stellar-Mass Black Holes. *The Astrophysical Journal*, 614(2):L117-L120.
- Mineo, S. ve ark., 2012. X-ray emission from star-forming galaxies - I. High-mass X-ray binaries. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 419(3):2095-2115.
- Pence, W. D. Ve ark., 2001. *Chandra* X-Ray Sources in M101. *The Astrophysical Journal*, 561(1):189-202.
- Perelmuter, J. M. ve Racine, R., 1995. The Globular Cluster System of M81. *Astronomical Journal*, doi:109:1055, 10.1086/117341
- Prestwich, A. H. Ve ark., 2003. Classifying X-Ray Sources in External Galaxies from X-Ray Colors. *The Astrophysical Journal*, 595(2):719-726.
- Rice, J. R. ve ark., 2021. X-Ray Binaries in M51 I: Catalog and Statistics. *The Astrophysical Journal*, 922(2): id.178, 7 pp, doi:10.3847/1538-4357/ac22ac

- Risaliti, G. ve ark., 2005. Rapid Compton-thick/Compton-thin Transitions in the Seyfert 2 Galaxy NGC 1365. *The Astrophysical Journal*, 623(2):L93-L96.
- Santangelo ve ark., 2023. A Chronological History of X-Ray Astronomy Missions. arXiv e-prints, 10.48550/arXiv.2307.06652
- Shimura, T. ve Takahara, F., 1995. On the Spectral Hardening Factor of the X-Ray Emission from Accretion Disks in Black Hole Candidates. *The Astrophysical Journal*, 445(6):780-788.
- Soria, R. ve ark., 2007. Newflaring of an ultraluminous X-ray source in NGC1365. *Monthly Notice of the Royal Astronomical Society*, 379(4):1313-1324.
- Soria, R. ve ark., 2015. The Slim-disk State of the Ultraluminous X-Ray Source in M83. *The Astrophysical Journal*, 799(2):140-148.
- Soria, R. ve ark., 2022. A Chandra Virgo cluster survey of spiral galaxies - I. Introduction to the survey and a new ULX sample. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 512(3): 3284-3311.
- Strateva I. V. ve Komossa, S., 2009. The X-Ray Point-Source Population of NGC 1365: The Puzzle of Two Highly-Variable Ultraluminous X-Ray Sources. *The Astrophysical Journal*, 692(1):443-458
- Swartz, D. A. Ve ark., 2003. *Chandra* X-Ray Observations of the Spiral Galaxy M81. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 144(2):213-242.
- Swain, S. ve ark., 2023. Multiwavelength study of NGC 1365: The obscured active nucleus and off-nuclear compact X-ray sources. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 520(3):3712-3724.
- Taniguchi, Y. Ve ark., 2000. Formation of Intermediate-Mass Black Holes in Circumnuclear Regions of Galaxies. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 52:533-537.
- Tauris T. M. ve van den Heuvel, E. P. J., 2006. Formation and evolution of compact stellar X-ray sources. Edited by Walter Lewin & Michiel van der Klis. *Cambridge Astrophysics Series*, No. 39. Cambridge, UK: Cambridge University Press, ISBN 978-0-521-82659-4, ISBN 0-521-82659-4, DOI: 10.2277/0521826594, p. 623 – 665.
- van den Heuvel, E. P. J., 1975. Modes of mass transfer and classes of binary X-ray sources. *Astrophysical Journal*, 198:L109-L112, doi: 10.1086/181824
- van den Heuvel, E. P. J., 2017. Forming short-period Wolf-Rayet X-ray binaries and double black holes through stable mass transfer. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 471(4):4256-4264.
- van den Heuvel, E. P. J., 2019. High-Mass X-ray Binaries: progenitors of double compact objects. High-mass X-ray Binaries: Illuminating the Passage from Massive Binaries to Merging Compact Objects. *Proceedings of the International Astronomical Union*, Volume 346, pp. 1-13, doi: 10.1017/S1743921319001315

- Vulic, N. ve ark. 2014. Faint X-Ray Binaries and their Optical Counterparts in M31. The Astrophysical Journal, 790(2):136, 10.1088/0004-637X/790/2/136
- Wang, S. ve ark., 2016. *Chandra* ACIS Survey of X-Ray Point Sources in Nearby Galaxies. II. X-Ray Luminosity Functions and Ultraluminous X-Ray Sources. The Astrophysical Journal, Volume 829(1):article id. 20, 32 pp, doi: 10.3847/0004-637X/829/1/20



ÖZGEÇMİŞ

Serkan ÖNER. 2013 yılında Dadaloğlu Lisesi'nden, 2021 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü'nden mezun oldu. 2022 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.







EKLER



Ek 1. Çizelge 4.1.'in devamı 1

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)							V_f
			3554	6871	6872	6873	6868	6869	6870	
X-13	53.358505	-36.143986	$1.42^{+0.31}_{-0.27}$	< 2.45	< 1.40	< 1.42	$0.98^{+0.53}_{-0.39}$	< 0.87	< 1.30	2.83
X-14	53.359474	-36.147093	$1.42^{+0.30}_{-0.27}$	$1.43^{+0.69}_{-0.52}$	< 0.97	$1.75^{+0.65}_{-0.53}$	$2.04^{+0.63}_{-0.52}$	$1.95^{+0.60}_{-0.50}$	$1.55^{+0.49}_{-0.40}$	2.11
X-15	53.360681	-36.058860	$1.71^{+0.39}_{-0.34}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-16	53.360867	-36.137253	$0.71^{+0.25}_{-0.2}$	ad	ad	ad	ad	$0.82^{+0.36}_{-0.28}$	< 0.62	1.32
X-17	53.365276	-36.178656	< 0.29	< 0.34	< 0.2	$0.57^{+0.26}_{-0.2}$	< 1.1	< -	ad	5.56
X-18	53.367897	-36.155316	< 0.54	< 0.8	$0.81^{+0.42}_{-0.32}$	< 0.82	< 0.79	< 0.96	< 0.75	1.78
X-19	53.370254	-36.140992	< 0.2	$0.39^{+0.19}_{-0.14}$	< 0.32	< 0.28	< 0.49	< 0.59	$0.77^{+0.24}_{-0.2}$	3.8
X-20	53.373429	-36.141659	$2.07^{+0.36}_{-0.32}$	< 0.15	< 0.14	< 0.22	< 0.14	< 0.13	< 0.14	15.8
X-21	53.373438	-36.132232	$0.6^{+0.21}_{-0.17}$	< -	< 0.42	< 0.33	< 0.42	< 0.2	< 0.14	4.32
X-22	53.376618	-36.139229	$0.54^{+0.2}_{-0.16}$	$1.18^{+0.3}_{-0.26}$	$0.3^{+0.16}_{-0.12}$	$0.34^{+0.17}_{-0.13}$	$0.59^{+0.21}_{-0.17}$	$0.5^{+0.19}_{-0.15}$	$0.94^{+0.26}_{-0.23}$	3.96
X-23	53.376624	-36.126193	< 0.2	ad	ad	ad	ad	ad	$3.34^{+1.07}_{-0.89}$	16.62
X-24	53.378242	-36.185176	$0.44^{+0.19}_{-0.15}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-25	53.379493	-36.135533	$0.71^{+0.22}_{-0.18}$	$0.65^{+0.24}_{-0.19}$	$0.71^{+0.23}_{-0.19}$	$0.7^{+0.23}_{-0.19}$	$0.77^{+0.24}_{-0.2}$	$0.61^{+0.21}_{-0.17}$	$0.77^{+0.24}_{-0.2}$	1.27
X-26	53.379843	-36.142706	< 0.37	< 0.45	$0.34^{+0.17}_{-0.13}$	< 0.4	$0.47^{+0.19}_{-0.15}$	< 0.21	< 0.4	2.24
X-27	53.381120	-36.154549	< 0.38	$0.26^{+0.16}_{-0.11}$	< 0.14	< 0.33	< 0.22	$0.27^{+0.15}_{-0.11}$	$0.47^{+0.2}_{-0.15}$	3.37
X-28	53.381630	-36.135774	$4.27^{+0.49}_{-0.49}$	$2.88^{+0.46}_{-0.42}$	$2.9^{+0.44}_{-0.4}$	$3.07^{+0.44}_{-0.42}$	$2.83^{+0.44}_{-0.39}$	$2.53^{+0.4}_{-0.36}$	$2.6^{+0.42}_{-0.38}$	1.69
X-29	53.3843904	-36.1118425	$2.59^{+0.40}_{-0.37}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-30	53.384787	-36.150796	$1.21^{+0.28}_{-0.24}$	$1.04^{+0.29}_{-0.25}$	$1.55^{+0.32}_{-0.29}$	$1.25^{+0.3}_{-0.25}$	$1.19^{+0.29}_{-0.25}$	$0.9^{+0.24}_{-0.21}$	$0.52^{+0.2}_{-0.16}$	2.99
X-31	53.385775	-36.120951	$0.31^{+0.16}_{-0.12}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-32	53.391847	-36.135304	< 0.45	< 0.34	$0.16^{+0.13}_{-0.09}$	$0.33^{+0.17}_{-0.13}$	< 0.49	$0.27^{+0.15}_{-0.11}$	$0.22^{+0.15}_{-0.1}$	3.05
X-33	53.391877	-36.155452	< 0.39	< 0.35	< 0.32	< 0.41	< 0.48	< 0.53	$0.35^{+0.17}_{-0.13}$	1.66
X-34	53.392307	-36.184069	$8.09^{+0.69}_{-0.67}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-35	53.394230	-36.160179	$12.6^{+0.9}_{-0.8}$	$38.3^{+1.6}_{-1.6}$	$50.7^{+1.8}_{-1.7}$	$51.1^{+1.8}_{-1.7}$	$53.6^{+2}_{-1.9}$	$44.2^{+2}_{-1.9}$	$22.9^{+1.7}_{-1.7}$	4.25
X-36	53.397126	-36.149531	< 0.3	< 0.24	< 0.21	< 0.49	$0.22^{+0.15}_{-0.1}$	< 0.37	< 0.57	2.69
X-37	53.400094	-36.142140	$1.1^{+0.33}_{-0.29}$	$0.68^{+0.33}_{-0.28}$	$0.78^{+0.32}_{-0.28}$	$0.8^{+0.32}_{-0.27}$	$1^{+0.36}_{-0.32}$	$1.39^{+0.38}_{-0.34}$	$1.03^{+0.36}_{-0.31}$	2.04
X-38	53.400155	-36.140984	$1.56^{+0.37}_{-0.34}$	$1^{+0.36}_{-0.32}$	< 1.15	< 0.62	< 0.29	$0.97^{+0.29}_{-0.25}$	< 0.58	5.29
X-39	53.400179	-36.139097	$2.04^{+0.38}_{-0.35}$	$0.65^{+0.28}_{-0.24}$	$2.61^{+0.45}_{-0.4}$	$2.43^{+0.43}_{-0.39}$	$0.38^{+0.23}_{-0.19}$	< 0.85	< 0.6	6.83

Ek 1. Çizelge 4.1.'in devamı 2

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)							V_f
			3554	6871	6872	6873	6868	6869	6870	
X-40	53.401263	-36.141798	$1.76^{+0.4}_{-0.37}$	< 1.66	< 1.89	$1.36^{+0.41}_{-0.37}$	< 1.61	< 1.07	< 1.62	1.77
X-42	53.401874	-36.166144	$0.66^{+0.21}_{-0.18}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-43	53.402154	-36.137520	$1.09^{+0.3}_{-0.26}$	$0.36^{+0.22}_{-0.18}$	$0.09^{+0.14}_{-0.09}$	$0.7^{+0.27}_{-0.23}$	$0.43^{+0.22}_{-0.18}$	$0.77^{+0.26}_{-0.21}$	$0.51^{+0.24}_{-0.2}$	12.66
X-44	53.402649	-36.145312	< 0.72	< 0.64	< 0.52	$0.58^{+0.22}_{-0.18}$	< 0.33	< 0.69	< 0.52	2.16
X-45	53.403291	-36.139925	$0.93^{+0.33}_{-0.29}$	< 0.92	$1.81^{+0.36}_{-0.31}$	< 0.76	< 0.51	< 0.54	< 0.39	4.63
X-46	53.405167	-36.173957	$1.12^{+0.27}_{-0.24}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-47	53.405397	-36.122993	< 0.13	$1.51^{+0.34}_{-0.29}$	< 2.49	$1.2^{+0.29}_{-0.26}$	$1.26^{+0.3}_{-0.26}$	$1.41^{+0.31}_{-0.26}$	$1.64^{+0.33}_{-0.3}$	19.15
X-48	53.407017	-36.144964	$0.34^{+0.17}_{-0.13}$	$0.36^{+0.19}_{-0.14}$	$0.38^{+0.18}_{-0.14}$	$0.82^{+0.24}_{-0.21}$	< 0.62	$0.63^{+0.22}_{-0.18}$	< 0.54	2.38
X-49	53.407263	-36.136006	< 0.49	< 0.34	$0.46^{+0.2}_{-0.16}$	< 0.35	< 0.28	< 0.4	< 0.21	2.35
X-50	53.408404	-36.159774	$6.91^{+0.62}_{-0.61}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-51	53.411586	-36.133621	$0.33^{+0.17}_{-0.13}$	< 0.54	< 0.32	< 0.32	< 0.3	< 0.21	< 0.14	3.84
X-52	53.412349	-36.072852	$1.7^{+0.36}_{-0.33}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-53	53.412657	-36.090062	$0.78^{+0.24}_{-0.21}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-54	53.413437	-36.167192	$1.2^{+0.28}_{-0.24}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-55	53.414819	-36.137862	< 0.29	< 0.44	$0.23^{+0.15}_{-0.1}$	$0.28^{+0.16}_{-0.12}$	< 0.57	$0.21^{+0.14}_{-0.1}$	< 0.41	2.65
X-56	53.415012	-36.118807	< 0.13	< 0.55	< 0.22	< 0.22	$0.42^{+0.19}_{-0.14}$	$0.33^{+0.16}_{-0.12}$	< 0.32	4.25
X-57	53.415647	-36.176979	$1.84^{+0.34}_{-0.31}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-58	53.417851	-36.124113	$4.2^{+0.49}_{-0.48}$	$3.19^{+0.48}_{-0.44}$	$4.07^{+0.5}_{-0.49}$	$4.14^{+0.5}_{-0.5}$	$2.05^{+0.38}_{-0.33}$	$3.38^{+0.44}_{-0.44}$	$3.67^{+0.47}_{-0.47}$	2.05
X-59	53.424273	-36.125382	< 0.14	$3.19^{+0.49}_{-0.44}$	$20.2^{+1.1}_{-1.1}$	16.6^{+1}_{-1}	$11.5^{+0.8}_{-0.8}$	$5.9^{+0.59}_{-0.58}$	$31.2^{+1.4}_{-1.3}$	226.09
X-60	53.424750	-36.128137	$1.26^{+0.28}_{-0.25}$	$0.98^{+0.29}_{-0.24}$	$1.47^{+0.32}_{-0.28}$	$0.42^{+0.19}_{-0.14}$	$1.26^{+0.3}_{-0.26}$	$0.91^{+0.25}_{-0.21}$	$1.1^{+0.28}_{-0.25}$	3.53
X-61	53.426333	-36.125712	$0.26^{+0.15}_{-0.11}$	< 0.24	< 0.29	< 0.3	< 0.22	< 0.2	< 0.47	2.31
X-62	53.428861	-36.233998	$4.16^{+0.67}_{-0.61}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-63	53.434409	-36.121654	< 0.21	$5.67^{+0.62}_{-0.62}$	$2.4^{+0.41}_{-0.37}$	$4.2^{+0.52}_{-0.5}$	$2.71^{+0.44}_{-0.39}$	$5.97^{+0.6}_{-0.58}$	$1.97^{+0.38}_{-0.33}$	28.98
X-64	53.435336	-36.166243	$2.82^{+0.53}_{-0.47}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-65	53.456836	-36.173902	$3.06^{+0.53}_{-0.48}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1
X-66	53.484788	-36.111080	$0.6^{+0.24}_{-0.2}$	ad	ad	ad	$1.65^{+0.53}_{-0.44}$	$0.81^{+0.25}_{-0.21}$	$0.86^{+0.28}_{-0.23}$	2.73
X-67	53.492063	-36.089936	ad	$1.36^{+0.51}_{-0.41}$	$1.6^{+0.36}_{-0.33}$	< 1.7	$1.62^{+0.37}_{-0.33}$	$1.78^{+0.38}_{-0.33}$	$1.57^{+0.36}_{-0.33}$	1.31
X-68	53.492520	-36.120409	$2.35^{+0.53}_{-0.46}$	ad	ad	ad	ad	ad	ad	1

Ek 2. Çizelge 4.4.'ün devamı (ObsID:3554)

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-21	53.3734377	-36.132232	-0.098361	0.086066	LMXB
X-22	53.376618	-36.1392287	0.220690	-0.134483	LMXB
X-24	53.3782418	-36.1851757	-0.271845	-0.017476	LMXB
X-25	53.3794933	-36.1355326	-0.168927	0.080148	LMXB
X-28	53.3816304	-36.1357744	0.106116	-0.277253	LMXB
X-29	53.3843904	-36.1118425	0.245234	-0.199031	ABS
X-30	53.3847871	-36.1507959	0.278866	-0.515868	-
X-31	53.3857753	-36.1209515	0.706186	-0.853093	-
X-34	53.392307	-36.1840688	0.093194	-0.260733	LMXB
X-35	53.3942301	-36.1601785	0.091969	-0.194301	LMXB
X-37	53.4000939	-36.14214	-0.273709	-0.292351	LMXB
X-38	53.4001551	-36.1409838	-0.191870	-0.274797	LMXB
X-39	53.400179	-36.1390973	-0.035971	-0.025180	LMXB
X-40	53.4012631	-36.1417983	0.451897	0.018555	ABS/HMXB
X-42	53.4018736	-36.1661444	0.385143	0.229714	HMXB
X-43	53.402154	-36.1375202	0.356824	-0.663693	-
X-45	53.4032914	-36.1399252	-0.194570	-0.393539	LMXB
X-46	53.4051675	-36.1739572	0.048601	-0.148748	LMXB
X-48	53.4070167	-36.1449644	0.717463	-0.649110	-
X-50	53.4084039	-36.1597739	0.176815	-0.193208	LMXB
X-51	53.4115855	-36.133621	0.346056	-0.173028	ABS
X-52	53.4123487	-36.0728523	0.087973	-0.246659	LMXB
X-53	53.4126572	-36.090062	-0.065702	0.042316	LMXB
X-54	53.4134365	-36.1671921	0.046527	-0.041807	LMXB
X-57	53.4156467	-36.1769792	0.245763	-0.493756	-
X-58	53.4178507	-36.1241135	0.376397	-0.429132	-
X-60	53.42475	-36.1281371	0.182935	0.523594	HMXB
X-61	53.4263326	-36.1257123	-0.618902	0.381098	-
X-62	53.4288609	-36.2339984	0.285364	-0.599319	-
X-64	53.435336	-36.1662432	0.129762	-0.330952	LMXB
X-65	53.4568357	-36.1739025	0.189758	-0.191743	LMXB
X-66	53.4847881	-36.1110805	0.249104	-0.170251	ABS
X-68	53.4925202	-36.1204093	0.121997	-0.389381	LMXB

Ek 2. ObsID:6871

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-10	53.3465689	-36.200705	-0.090677	-0.197957	LMXB
X-14	53.3594283	-36.147037	0.170262	0.165213	LMXB
X-19	53.3701654	-36.1409876	0.361958	-0.175439	ABS
X-22	53.3763323	-36.1392927	0.070308	-0.455029	-
X-25	53.3794438	-36.1354464	0.413548	-0.106528	-
X-27	53.3811203	-36.1545489	0.511232	-0.755616	-
X-28	53.3816265	-36.1357425	0.185662	-0.119485	LMXB
X-30	53.3846978	-36.1507348	0.283629	-0.564851	-
X-35	53.3942018	-36.160143	0.138249	-0.223502	LMXB
X-37	53.3998067	-36.1424345	0.087805	-0.543902	-
X-39	53.4000829	-36.1388206	-0.233352	-0.232260	LMXB
X-38	53.4000942	-36.1408516	0.138153	-0.451552	-
X-43	53.4024818	-36.137147	-0.105392	0.019608	LMXB
X-47	53.4053949	-36.123098	0.140082	-0.044732	LMXB
X-48	53.4071627	-36.1448097	0.222883	-0.344725	ABS
X-58	53.4177968	-36.1240911	0.483483	-0.397816	-
X-59	53.4242947	-36.1253932	0.427670	0.086004	HMXB
X-60	53.4246539	-36.1280782	0.407574	-0.201984	-
X-63	53.4344592	-36.1216324	0.120192	-0.024038	LMXB
X-67	53.492188	-36.0895013	0.090750	-0.535079	-

Ek 2. ObsID:6872

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-11	53.3490787	-36.1805818	-0.702073	0.297927	-
X-18	53.367897	-36.1553161	0.244511	0.510979	HMXB
X-22	53.3765763	-36.1392529	0.208333	-0.604167	-
X-25	53.3795105	-36.1354791	0.289748	0.175439	LMXB
X-26	53.3799601	-36.14262	0.174538	-0.357803	LMXB
X-28	53.3816251	-36.1357225	0.312748	-0.374809	LMXB
X-30	53.3847649	-36.1507296	0.195911	-0.074957	LMXB
X-32	53.3918995	-36.1352268	0.000000	0.000000	LMXB
X-35	53.3942228	-36.1601391	0.212544	-0.188153	ABS/LMXB
X-37	53.3999433	-36.1423587	0.409910	-0.468468	-
X-39	53.4000834	-36.1389373	0.182832	-0.236566	LMXB
X-43	53.4027728	-36.1368905	-0.767375	0.232625	-
X-45	53.4054072	-36.1230836	0.369715	-0.134710	ABS
X-48	53.4068794	-36.1450698	-0.122066	-0.438967	-
X-49	53.4072627	-36.1360058	-0.241650	-0.379175	LMXB
X-55	53.4148499	-36.1377915	0.268779	-0.268779	ABS
X-58	53.4178484	-36.1240801	0.254945	-0.268132	ABS
X-59	53.4243226	-36.1254085	0.318926	0.281039	HMXB
X-60	53.4247544	-36.1280913	0.210300	0.080932	ABS
X-63	53.4344857	-36.1216522	0.051078	-0.106697	LMXB
X-67	53.4924023	-36.0896153	0.217285	-0.608643	-

Ek 2. ObsID:6873

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Smiflandırma
X-14	53.3595912	-36.1470463	0.256983	-0.256983	ABS
X-17	53.3652757	-36.1786559	0.168811	0.662378	HMXB
X-22	53.3765532	-36.1392928	-0.007692	0.007692	LMXB
X-25	53.3795246	-36.1355179	0.423202	-0.080180	-
X-28	53.3815996	-36.1357556	0.121282	-0.238810	LMXB
X-30	53.3847541	-36.1507748	0.430780	-0.432888	-
X-32	53.3920712	-36.1353338	0.274448	-0.637224	-
X-35	53.3942072	-36.1601586	0.194107	-0.126516	LMXB
X-37	53.3997587	-36.1426432	0.371896	-0.622032	-
X-39	53.40013	-36.1390272	0.167513	-0.018129	LMXB
X-40	53.4011564	-36.1417619	0.551125	-0.306752	-
X-43	53.4022887	-36.1375277	0.573102	-0.778636	-
X-44	53.4026489	-36.1453121	0.259466	-0.500981	-
X-47	53.4054358	-36.1230826	-0.045892	-0.100666	LMXB
X-48	53.4069963	-36.1449693	0.012903	-0.080645	LMXB
X-55	53.414723	-36.1377148	0.404321	0.191358	HMXB
X-58	53.4178327	-36.1240823	0.400778	-0.239948	-
X-59	53.4243051	-36.1254104	0.335853	0.263499	HMXB
X-60	53.4247443	-36.1279772	-0.423656	0.576344	-
X-63	53.4344295	-36.1216845	0.338804	-0.293673	ABS

Ek 2. ObsID:6868

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-8	53.3432066	-36.1511543	-0.003517	-0.217024	LMXB
X-12	53.3539072	-36.1793261	0.303961	-0.024477	ABS
X-13	53.3584717	-36.1440848	0.009967	0.414678	HMXB
X-14	53.359384	-36.1470918	0.619590	-0.239180	-
X-22	53.3764166	-36.1393148	0.526475	-0.633888	-
X-25	53.379432	-36.1354289	0.074515	0.850970	HMXB
X-26	53.3798426	-36.1427064	0.255823	0.121110	ABS/HMXB
X-28	53.3815903	-36.1357196	0.068707	-0.214866	LMXB
X-30	53.3847363	-36.1507329	0.661458	-0.615327	-
X-35	53.394199	-36.1601299	0.199195	-0.110664	LMXB
X-36	53.3971257	-36.1495311	0.769231	-0.538462	-
X-39	53.3999666	-36.1386251	-0.836466	-0.067450	SNR
X-37	53.4004172	-36.1423139	-0.268170	-0.365915	LMXB
X-43	53.4025929	-36.1372925	0.694757	-0.389513	-
X-47	53.4053974	-36.1229924	-0.003524	-0.138830	LMXB
X-56	53.4150118	-36.1188074	0.000000	-0.300171	LMXB
X-58	53.417836	-36.1240242	0.335074	-0.270670	ABS
X-59	53.4242727	-36.1253821	0.369831	0.230263	ABS
X-60	53.4246936	-36.1280886	0.531391	-0.195136	-
X-63	53.4344088	-36.1216538	0.116518	-0.281700	LMXB
X-66	53.4845138	-36.1108808	-0.305159	0.052689	LMXB
X-67	53.4920632	-36.089936	0.113060	-0.076023	LMXB

Ek 2. ObsID:6869

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-8	53.3430154	-36.1511304	0.120996	-0.240214	LMXB
X-14	53.3592417	-36.1470838	0.592593	-0.185185	-
X-16	53.3609753	-36.1372151	0.568849	-0.137698	-
X-22	53.3765407	-36.1392257	0.005304	-0.347242	LMXB
X-25	53.3794937	-36.1354838	0.291173	0.171278	HMXB
X-27	53.3812379	-36.154518	0.248392	0.503215	HMXB
X-28	53.381583	-36.1357556	0.199372	-0.403282	-
X-30	53.3846944	-36.1507345	0.257651	-0.451135	-
X-32	53.3918468	-36.1353038	0.635833	-0.817916	-
X-35	53.3941655	-36.1601651	0.165199	-0.155785	LMXB
X-38	53.3997861	-36.1390077	-0.217391	-0.119565	LMXB
X-37	53.4003532	-36.1423214	-0.137973	-0.431013	-
X-43	53.4028039	-36.1367283	0.062857	-0.329143	LMXB
X-47	53.4053077	-36.1231047	0.044415	0.043109	LMXB
X-48	53.4069796	-36.1449309	0.286307	-0.269710	ABS
X-55	53.414819	-36.1378622	-0.013423	0.249161	LMXB
X-56	53.4149929	-36.1188484	0.000000	-0.216999	LMXB
X-58	53.417771	-36.1240973	0.255438	-0.272414	ABS
X-59	53.4242619	-36.1254132	0.335784	0.246630	HMXB
X-60	53.4246638	-36.1281477	0.324273	0.184506	HMXB
X-63	53.434422	-36.121646	0.246201	-0.130699	ABS
X-66	53.4847328	-36.1110121	0.432584	-0.448315	-
X-67	53.4921649	-36.0898746	0.000000	-0.028090	LMXB

Ek 2. ObsID:6870

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-14	53.3595013	-36.1471223	0.316820	-0.096774	ABS
X-19	53.3702538	-36.1409916	0.004981	0.000000	LMXB
X-22	53.3765006	-36.1392763	0.069904	-0.451207	-
X-23	53.3766239	-36.1261928	0.169742	-0.084871	LMXB
X-25	53.3794496	-36.1354645	0.612940	-0.225880	-
X-27	53.3813548	-36.1544908	0.006494	0.136364	LMXB
X-28	53.3816016	-36.13572	0.162933	-0.374745	LMXB
X-30	53.3847408	-36.1506564	0.126263	-0.232323	LMXB
X-33	53.3918772	-36.1554518	0.360163	-0.198675	ABS
X-32	53.3919682	-36.135276	0.045726	0.258449	LMXB
X-35	53.3942324	-36.1601085	0.055375	-0.134365	LMXB
X-37	53.3998334	-36.1422288	0.126927	-0.483091	-
X-43	53.4025211	-36.1373745	0.502742	-0.322138	-
X-47	53.4054542	-36.1230343	0.339499	-0.225789	ABS
X-58	53.4178309	-36.1240526	0.234478	-0.168006	ABS
X-59	53.4243118	-36.1253649	0.328454	0.291050	HMXB
X-60	53.4247244	-36.1281086	0.179756	-0.063700	LMXB
X-63	53.4344321	-36.1216335	0.441570	-0.442956	-
X-66	53.4846843	-36.1110255	-0.205550	0.214800	LMXB
X-67	53.4921454	-36.0901251	-0.157579	0.134212	LMXB

Ek 3. Çizelge 4.6.'nın devamı 1

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)						
			6727	9121	12696	14230	23140	23141	V_f
X-11	185.685885	15.810603	< 0.13	< 0.54	< 0.4	$0.14^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.43	< 0.43	4.12
X-12	185.686913	15.832052	< 0.41	< 0.63	< 0.36	$0.32^{+0.1}_{-0.08}$	< 0.96	ad	3
X-13	185.691121	15.788022	$0.28^{+0.1}_{-0.09}$	< 0.61	< 0.74	$0.35^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.68	< 0.97	3.41
X-14	185.692528	15.813863	$1.64^{+0.21}_{-0.21}$	$1.11^{+0.3}_{-0.26}$	$3.28^{+0.51}_{-0.46}$	$1.44^{+0.15}_{-0.14}$	$1.78^{+0.65}_{-0.52}$	$1.94^{+0.67}_{-0.54}$	2.95
X-15	185.696223	15.820376	$0.63^{+0.14}_{-0.12}$	$6.41^{+0.69}_{-0.67}$	< 1.59	$0.8^{+0.11}_{-0.11}$	< 0.66	< 0.41	15.56
X-16	185.697647	15.723936	$1.46^{+0.22}_{-0.21}$	$1.15^{+0.37}_{-0.32}$	$1.48^{+0.4}_{-0.35}$	$1.84^{+0.18}_{-0.17}$	< 3.44	ad	2.99
X-17	185.697909	15.767143	$0.36^{+0.11}_{-0.1}$	$0.66^{+0.29}_{-0.22}$	$0.59^{+0.25}_{-0.2}$	$0.37^{+0.08}_{-0.07}$	$1.11^{+0.57}_{-0.45}$	< 1.42	3.9
X-18	185.699097	15.794721	$0.22^{+0.09}_{-0.07}$	< 0.27	< 0.16	$0.16^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.43	< 0.43	2.66
X-19	185.701559	15.749819	< 0.16	< 0.71	< 0.43	$0.18^{+0.06}_{-0.05}$	$0.76^{+0.54}_{-0.41}$	< 2.95	18.67
X-20	185.704563	15.808553	$2.1^{+0.23}_{-0.23}$	$1.85^{+0.37}_{-0.33}$	$1.72^{+0.37}_{-0.32}$	$1.34^{+0.14}_{-0.13}$	< 1.69	< 1.2	1.75
X-21	185.705008	15.738183	< 0.21	< 0.7	< 0.37	$0.26^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.71	ad	3.3
X-22	185.706850	15.795610	$0.25^{+0.09}_{-0.07}$	< 0.64	< 0.54	$0.19^{+0.06}_{-0.05}$	< 1.24	< 0.42	6.6
X-23	185.707326	15.858681	$0.4^{+0.14}_{-0.12}$	< 1.41	< 0.79	$0.91^{+0.14}_{-0.13}$	ad	ad	3.49
X-24	185.707645	15.809434	< 0.2	< 0.51	$0.37^{+0.19}_{-0.14}$	$0.44^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.94	< 0.66	4.63
X-25	185.708202	15.807756	$0.36^{+0.11}_{-0.09}$	< 0.5	$0.45^{+0.2}_{-0.16}$	$0.3^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.41	< 0.41	1.64
X-26	185.709654	15.799489	< 0.06	< 0.23	$0.79^{+0.26}_{-0.21}$	< 0.04	< 0.41	< 0.42	19.02
X-27	185.709947	15.804833	$1.32^{+0.19}_{-0.18}$	$1.83^{+0.36}_{-0.32}$	$1.67^{+0.35}_{-0.32}$	$1.93^{+0.16}_{-0.16}$	$2.29^{+0.71}_{-0.6}$	$2.82^{+0.79}_{-0.66}$	2.14
X-28	185.711754	15.783608	$0.55^{+0.13}_{-0.11}$	$1.04^{+0.51}_{-0.37}$	$0.66^{+0.24}_{-0.19}$	$0.55^{+0.09}_{-0.08}$	< 1.61	< 0.69	2.94
X-29	185.711985	15.811147	$0.17^{+0.08}_{-0.06}$	< 0.23	< 0.45	$0.23^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.41	< 0.41	2.68
X-30	185.712082	15.845109	$1.28^{+0.23}_{-0.2}$	$0.76^{+0.27}_{-0.22}$	$0.77^{+0.32}_{-0.25}$	$1.27^{+0.15}_{-0.16}$	$1.71^{+0.63}_{-0.5}$	$1.03^{+0.62}_{-0.44}$	2.26
X-31	185.712712	15.830123	$0.39^{+0.14}_{-0.11}$	< 0.57	< 0.48	$0.19^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.65	< 0.65	3.44
X-32	185.712803	15.816545	$0.46^{+0.12}_{-0.1}$	$0.55^{+0.22}_{-0.17}$	$0.56^{+0.23}_{-0.18}$	$0.56^{+0.09}_{-0.08}$	$0.54^{+0.4}_{-0.27}$	< 1.46	3.15
X-33	185.713674	15.856452	< 0.15	< 0.24	$0.61^{+0.28}_{-0.22}$	$5.53^{+0.32}_{-0.32}$	ad	ad	36.38
X-34	185.714935	15.827239	$2.73^{+0.49}_{-0.45}$	$2.58^{+0.43}_{-0.4}$	< 1.36	$1.98^{+0.27}_{-0.27}$	$1.36^{+0.56}_{-0.45}$	$1.21^{+0.54}_{-0.41}$	2.26
X-35	185.716791	15.787484	$0.32^{+0.1}_{-0.08}$	$0.55^{+0.21}_{-0.17}$	$0.75^{+0.26}_{-0.21}$	$0.45^{+0.09}_{-0.08}$	$1.24^{+0.56}_{-0.43}$	< 0.68	3.92
X-36	185.717629	15.816652	$0.25^{+0.09}_{-0.07}$	$0.55^{+0.21}_{-0.17}$	$0.51^{+0.21}_{-0.17}$	$0.21^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.42	< 0.67	3.09
X-37	185.719419	15.809976	$0.15^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.15	< 0.42	$0.08^{+0.04}_{-0.03}$	< -	< 0.41	5.04
X-38	185.720995	15.810423	< 0.06	< 0.23	< 0.23	$0.26^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.41	< 0.41	7.36
X-39	185.721703	15.837556	$0.41^{+0.14}_{-0.11}$	$0.31^{+0.18}_{-0.13}$	< 0.21	$0.17^{+0.07}_{-0.05}$	< 0.66	< 0.41	3.81
X-40	185.721845	15.808947	$0.2^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.32	< 0.44	$0.11^{+0.04}_{-0.04}$	< 0.41	< 0.43	4.13
X-41	185.722291	15.745269	< 0.26	< 0.33	< 0.22	$0.15^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.8	< 0.67	5.3
X-42	185.722876	15.762495	$0.33^{+0.1}_{-0.08}$	$0.6^{+0.27}_{-0.21}$	< 0.64	$0.23^{+0.06}_{-0.05}$	$1.04^{+0.53}_{-0.4}$	< 1.54	6.72
X-43	185.723774	15.812836	< 0.06	$3.83^{+0.49}_{-0.49}$	< 0.15	< 0.04	$1.05^{+0.5}_{-0.38}$	< 0.94	90.76
X-44	185.725542	15.820053	$4.79^{+0.34}_{-0.34}$	$14.6^{+1}_{-0.9}$	$4.48^{+0.55}_{-0.55}$	$3.61^{+0.22}_{-0.22}$	$7.68^{+1.22}_{-1.11}$	$16.4^{+1.7}_{-1.7}$	4.54
X-45	185.726059	15.829002	$2.2^{+0.42}_{-0.39}$	$2.37^{+0.44}_{-0.4}$	$2.57^{+0.74}_{-0.62}$	$2.92^{+0.28}_{-0.27}$	$2.96^{+0.79}_{-0.67}$	$1.91^{+0.66}_{-0.53}$	1.55
X-46	185.727029	15.837540	< 0.43	< 0.38	< 0.73	$0.23^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.4	< 0.41	3.13
X-47	185.727105	15.817943	$0.7^{+0.14}_{-0.13}$	$0.34^{+0.18}_{-0.14}$	< 0.86	$0.37^{+0.08}_{-0.07}$	< 1.76	< 1.21	5.22
X-48	185.727793	15.784990	< 0.19	$0.29^{+0.17}_{-0.12}$	< 0.35	$0.13^{+0.05}_{-0.04}$	< 1.67	$0.51^{+0.39}_{-0.27}$	13.05
X-49	185.727831	15.834867	< 0.25	< 0.15	< 0.87	$0.49^{+0.1}_{-0.09}$	$0.67^{+0.42}_{-0.3}$	$0.67^{+0.43}_{-0.3}$	5.79
X-50	185.728024	15.801020	$0.3^{+0.1}_{-0.08}$	< 0.41	< 0.52	$0.39^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.41	< 0.96	3.22
X-51	185.728269	15.821298	$7.9^{+0.74}_{-0.74}$	$12^{+1.5}_{-1.5}$	$4.43^{+0.95}_{-0.96}$	$6.34^{+0.49}_{-0.49}$	$6.33^{+1.95}_{-1.64}$	$5.36^{+1.81}_{-1.5}$	2.70
X-52	185.728701	15.833215	$0.26^{+0.12}_{-0.09}$	< 0.42	< 0.37	$0.15^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.4	< 0.41	2.75
X-53	185.728766	15.838174	$0.4^{+0.14}_{-0.11}$	$0.68^{+0.24}_{-0.2}$	< 0.48	$0.42^{+0.09}_{-0.08}$	< 0.93	< 0.67	2.33
X-54	185.730665	15.821256	< 0.34	< 0.72	< 0.28	$0.22^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.4	< 0.64	3.34
X-55	185.731329	15.841194	< 0.12	$0.18^{+0.14}_{-0.1}$	< 0.21	< 0.04	< 0.41	< 0.64	15.85
X-56	185.731944	15.823624	$2.02^{+0.24}_{-0.24}$	$2.75^{+0.44}_{-0.4}$	$3.03^{+0.48}_{-0.43}$	$2.15^{+0.22}_{-0.21}$	$2.59^{+0.75}_{-0.62}$	$1.56^{+0.59}_{-0.48}$	1.94
X-57	185.733072	15.819373	$0.49^{+0.12}_{-0.1}$	< 0.42	$0.51^{+0.21}_{-0.17}$	$0.4^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.91	< 0.71	2.27
X-58	185.733119	15.811499	$0.41^{+0.11}_{-0.09}$	$0.36^{+0.18}_{-0.14}$	$0.78^{+0.25}_{-0.21}$	$0.32^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.41	< 1.72	5.41

Ek 3. Çizelge 4.6.'nın devamı 2

Kaynak	RA	Dec.	F_X (10^{-14} erg s $^{-1}$ cm $^{-2}$)						
			6727	9121	12696	14230	23140	23141	V_f
X-59	185.736114	15.720553	$0.72^{+0.16}_{-0.14}$	< 1.25	< 0.91	$0.57^{+0.11}_{-0.1}$	< 3.32	< 2.05	5.78
X-60	185.736747	15.775194	$0.23^{+0.09}_{-0.07}$	< 0.59	< 0.25	$0.22^{+0.06}_{-0.05}$	< 1.2	< 0.67	5.43
X-61	185.737839	15.735262	$1.29^{+0.19}_{-0.18}$	$2.53^{+0.52}_{-0.46}$	$0.73^{+0.27}_{-0.22}$	$1.32^{+0.14}_{-0.13}$	< 2.07	$2.38^{+0.88}_{-0.73}$	3.45
X-62	185.738012	15.772666	< 0.06	< 0.14	< 0.15	< 0.03	$1.1^{+0.53}_{-0.41}$	< 0.94	36.91
X-63	185.738069	15.815879	$0.63^{+0.13}_{-0.12}$	$0.51^{+0.21}_{-0.17}$	$0.45^{+0.2}_{-0.15}$	$0.36^{+0.07}_{-0.07}$	< 1.25	< 0.41	3.49
X-64	185.738203	15.802030	$0.05^{+0.05}_{-0.03}$	< 0.14	< 0.23	< 0.06	< 0.41	< 0.41	7.93
X-65	185.739156	15.805561	$0.28^{+0.09}_{-0.07}$	< 0.14	< 0.15	< 0.05	< 0.66	< 0.41	13.39
X-66	185.739450	15.821239	< 0.05	< 0.24	< 0.15	$4.57^{+0.24}_{-0.24}$	< 0.41	< -	83.09
X-67	185.739647	15.804499	$0.2^{+0.08}_{-0.06}$	< 0.14	$0.65^{+0.23}_{-0.19}$	$0.52^{+0.09}_{-0.08}$	< 0.41	< 0.41	4.55
X-68	185.739716	15.813156	< 0.05	< 0.15	< 0.15	< 0.06	$4.78^{+0.99}_{-0.86}$	$5.5^{+1.06}_{-0.94}$	100.55
X-69	185.740182	15.810950	$0.18^{+0.08}_{-0.06}$	< 0.44	< 0.44	$0.18^{+0.05}_{-0.04}$	< 0.68	< 0.41	3.84
X-70	185.740365	15.826681	$0.5^{+0.2}_{-0.16}$	< 0.52	$0.66^{+0.32}_{-0.24}$	$0.43^{+0.14}_{-0.12}$	< 0.93	$0.9^{+0.49}_{-0.36}$	2.16
X-71	185.740794	15.833836	< 0.09	< 0.15	$0.57^{+0.28}_{-0.21}$	$0.72^{+0.12}_{-0.11}$	< 0.65	< 0.68	8.3
X-72	185.742597	15.816422	$0.89^{+0.16}_{-0.14}$	$0.86^{+0.26}_{-0.21}$	$0.59^{+0.22}_{-0.18}$	$0.79^{+0.1}_{-0.1}$	$1.09^{+0.53}_{-0.39}$	$1.41^{+0.57}_{-0.45}$	2.41
X-73	185.742977	15.817832	< 0.05	< 0.15	< 0.24	$0.07^{+0.04}_{-0.03}$	< 0.43	< 0.41	7.78
X-74	185.743192	15.821862	$0.76^{+0.14}_{-0.13}$	$1.13^{+0.29}_{-0.25}$	$0.65^{+0.24}_{-0.19}$	$0.6^{+0.09}_{-0.09}$	< 0.95	$1.77^{+0.63}_{-0.51}$	2.96
X-75	185.743257	15.738143	< 0.31	< 0.58	< 0.31	$0.19^{+0.06}_{-0.05}$	< 1.06	< 1.22	6.56
X-76	185.743298	15.790672	$0.39^{+0.11}_{-0.09}$	$1.23^{+0.3}_{-0.26}$	$0.34^{+0.19}_{-0.14}$	$0.58^{+0.09}_{-0.08}$	$1.07^{+0.53}_{-0.4}$	$0.89^{+0.48}_{-0.36}$	3.62
X-77	185.743878	15.727410	$0.16^{+0.09}_{-0.07}$	< 0.33	< 0.36	< 0.06	< 0.99	< 0.82	17.48
X-78	185.743957	15.809616	$0.16^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.14	< 0.15	< 0.03	< 0.41	< 0.67	22.69
X-79	185.744320	15.856681	< 0.11	< 0.19	< 0.21	$3.82^{+0.26}_{-0.26}$	ad	< 0.43	33.51
X-81	185.745136	15.814187	< 0.18	< 0.41	< 0.15	$0.17^{+0.05}_{-0.04}$	< 0.66	< 0.69	4.53
X-82	185.751558	15.843972	$0.19^{+0.1}_{-0.07}$	< 0.19	< 0.21	< 0.08	< 0.42	< 0.42	5.36
X-83	185.753656	15.777214	$0.48^{+0.12}_{-0.1}$	$0.42^{+0.19}_{-0.15}$	< 0.64	$0.57^{+0.09}_{-0.08}$	< 1	< 0.88	2.38
X-84	185.754197	15.829327	< 0.19	< 0.15	$1.76^{+0.52}_{-0.44}$	< 0.06	< 0.42	< 0.42	28.71
X-85	185.754523	15.755206	< 0.06	< 0.31	< 0.34	$0.15^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.61	< 0.63	10.18
X-86	185.754997	15.831566	< 0.18	< 0.15	< 0.69	$0.12^{+0.06}_{-0.04}$	< 0.42	< 0.67	5.78
X-87	185.757000	15.796986	< 0.16	< 0.14	< 0.18	$0.08^{+0.04}_{-0.03}$	< 0.44	< 0.5	6.05
X-88	185.758271	15.859172	$0.5^{+0.15}_{-0.12}$	< 0.37	< 0.22	< 0.13	ad	< 0.99	7.44
X-89	185.762378	15.807412	$0.16^{+0.07}_{-0.06}$	< 0.15	< 0.15	$0.09^{+0.04}_{-0.03}$	< 0.43	< 0.99	11.07
X-90	185.765199	15.804349	$0.11^{+0.06}_{-0.05}$	< 0.15	< 0.15	< 0.11	< 0.99	< 0.48	8.65
X-91	185.769416	15.809760	< 0.16	$0.61^{+0.23}_{-0.18}$	< 0.26	$0.14^{+0.05}_{-0.04}$	< 0.44	< 0.53	4.22
X-92	185.770753	15.873442	$5.05^{+0.45}_{-0.45}$	$3.44^{+0.52}_{-0.47}$	$2.6^{+0.55}_{-0.48}$	$2.07^{+0.21}_{-0.2}$	ad	$3.72^{+1.04}_{-0.9}$	2.44
X-93	185.773509	15.814732	$0.2^{+0.08}_{-0.07}$	< 0.15	< 0.16	$0.07^{+0.04}_{-0.03}$	< 0.48	< 1.3	19.64
X-94	185.776006	15.829747	< 0.46	< 0.41	< 0.66	$0.64^{+0.14}_{-0.12}$	< 0.45	< 0.67	1.66
X-95	185.779932	15.836212	$0.25^{+0.12}_{-0.09}$	< 0.67	$0.88^{+0.53}_{-0.39}$	$0.72^{+0.12}_{-0.11}$	< 0.99	< 0.74	3.91
X-96	185.781987	15.730180	< 0.24	ad	< 0.68	$0.34^{+0.09}_{-0.08}$	< 0.73	< 0.88	3.74
X-97	185.789793	15.746485	$2.26^{+0.25}_{-0.24}$	$0.96^{+0.34}_{-0.28}$	$1.96^{+0.42}_{-0.36}$	$2^{+0.18}_{-0.17}$	< 4.44	< 2.21	4.63
X-98	185.792294	15.783147	$4.16^{+0.33}_{-0.32}$	$2.47^{+0.43}_{-0.39}$	$4.84^{+0.6}_{-0.6}$	$4.15^{+0.25}_{-0.24}$	$5.7^{+1.44}_{-1.22}$	$6.14^{+1.19}_{-1.04}$	2.49
X-99	185.796638	15.862849	< 0.11	< 0.24	< 1.34	$0.61^{+0.13}_{-0.11}$	ad	ad	12.29
X-100	185.797750	15.779878	$0.76^{+0.15}_{-0.14}$	$1.1^{+0.3}_{-0.26}$	$1.13^{+0.33}_{-0.28}$	$0.6^{+0.1}_{-0.09}$	< 2.07	< 3.65	6.12
X-101	185.803567	15.775653	< 0.1	< 0.3	< 0.37	$0.21^{+0.07}_{-0.06}$	ad	< 0.71	6.85
X-102	185.810936	15.803773	$2.19^{+0.25}_{-0.25}$	$1.11^{+0.31}_{-0.26}$	$1.18^{+0.37}_{-0.32}$	$0.59^{+0.11}_{-0.1}$	ad	< 1.44	3.68
X-103	185.814972	15.798288	$0.25^{+0.11}_{-0.09}$	< 0.42	< 1.03	$0.36^{+0.13}_{-0.11}$	ad	< 1	4.07

Ek 4. Çizelge 4.8.'in devamı (ObsID:14230) 1

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-12	185.6869126	15.8320522	0.064053	0.697861	HMXB
X-13	185.6911208	15.7880224	0.173261	-0.064802	LMXB
X-14	185.6925276	15.8138629	0.091190	0.108192	LMXB
X-15	185.6962234	15.8203758	0.275041	0.369518	HMXB
X-16	185.6976468	15.7239364	0.216077	-0.159486	ABS/LMXB
X-17	185.6979087	15.767143	0.230348	-0.367694	ABS
X-18	185.699097	15.7947209	0.321429	-0.361111	ABS
X-19	185.7015588	15.749819	0.244431	0.022274	ABS
X-20	185.7045631	15.8085533	0.564844	-0.619531	-
X-21	185.705008	15.7381826	0.143761	0.134622	LMXB
X-22	185.7068503	15.7956101	0.346756	-0.064318	ABS
X-23	185.7073263	15.8586815	0.222581	-0.020968	ABS/LMXB
X-24	185.707645	15.8094339	0.306463	0.097290	ABS/HMXB
X-25	185.7082025	15.8077565	-0.474326	-0.251940	-
X-27	185.7099471	15.8048329	0.287561	-0.038772	ABS
X-28	185.7117543	15.7836085	0.026515	-0.030303	LMXB
X-29	185.7119853	15.8111469	0.117647	-0.183494	LMXB
X-30	185.7120816	15.8451094	0.344433	-0.007928	ABS
X-31	185.7127118	15.8301235	0.240347	-0.218282	ABS
X-32	185.7128031	15.8165449	0.266376	-0.070961	ABS
X-33	185.7136737	15.8564517	0.421121	-0.174707	-
X-34	185.7149354	15.827239	0.328058	-0.234532	ABS
X-35	185.7167908	15.7874845	0.372981	0.080764	ABS/HMXB
X-36	185.7176287	15.8166522	0.193995	-0.184758	LMXB
X-37	185.7194194	15.8099763	0.488744	-0.621369	-
X-38	185.7209946	15.8104227	0.066096	-0.368585	LMXB
X-39	185.7217029	15.8375559	0.515223	-0.238208	-
X-40	185.7218452	15.808947	-0.734231	0.000000	SNR
X-41	185.722291	15.7452687	0.140806	0.485640	HMXB
X-42	185.7228763	15.7624945	0.336551	-0.466871	-
X-44	185.725542	15.8200528	-0.070701	-0.334842	LMXB
X-45	185.726059	15.8290016	0.228890	-0.010468	ABS/LMXB
X-46	185.7270293	15.8375403	-0.287303	-0.356349	LMXB
X-47	185.727105	15.8179432	0.336607	-0.242771	ABS
X-48	185.7277929	15.7849895	0.141167	0.190194	LMXB
X-49	185.7278309	15.8348672	0.406844	-0.119918	-
X-50	185.7280239	15.8010199	0.439095	-0.234149	-
X-52	185.7287009	15.8332154	-0.443182	-0.025350	LMXB/SNR

Ek 4. Çizelge 4.8.'in devamı (ObsID:14230) 2

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-53	185.7287655	15.8381738	0.412796	-0.165638	-
X-54	185.7306654	15.821256	-0.589816	-0.180610	SNR
X-56	185.7319442	15.8236242	0.205344	-0.074809	ABS/LMXB
X-57	185.7330717	15.8193732	0.246201	0.030395	ABS
X-58	185.7331192	15.8114991	0.091833	-0.256150	LMXB
X-59	185.7361139	15.7205527	0.279197	0.441606	HMXB
X-60	185.7367472	15.7751936	0.115560	0.438581	HMXB
X-61	185.7378389	15.7352615	0.324201	0.323712	HMXB
X-63	185.738069	15.8158789	0.459972	-0.431241	-
X-66	185.7394495	15.8212391	0.166113	-0.282392	LMXB
X-67	185.7396473	15.8044987	0.280032	0.098464	ABS/HMXB
X-69	185.740182	15.8109499	0.015099	-0.507549	-
X-70	185.7403651	15.8266808	0.008850	0.243022	LMXB
X-71	185.740794	15.8338359	0.469122	-0.349060	-
X-72	185.7425969	15.8164222	0.306456	0.158204	ABS/HMXB
X-73	185.7429774	15.8178317	0.548972	-0.362554	-
X-74	185.7431924	15.8218621	0.575931	-0.325299	-
X-75	185.7432569	15.7381433	0.239680	0.374656	HMXB
X-76	185.7432983	15.790672	0.114754	-0.114754	LMXB
X-79	185.7443204	15.8566812	0.656286	-0.375522	-
X-81	185.7451357	15.8141872	0.221297	0.154075	HMXB
X-83	185.7536561	15.7772144	-0.354755	-0.263001	LMXB
X-85	185.7545232	15.7552057	0.676478	-0.601002	-
X-86	185.7549966	15.8315665	0.511822	-0.023644	-
X-87	185.7570004	15.7969865	0.304183	-0.476757	-
X-89	185.7623781	15.8074119	0.023673	0.631283	HMXB
X-91	185.7694163	15.8097601	0.574174	-0.401998	-
X-93	185.7735088	15.8147322	0.613636	-0.227273	-
X-94	185.7760063	15.829747	0.483974	0.032051	HMXB
X-95	185.7799322	15.8362117	0.261186	0.412071	HMXB
X-96	185.7819868	15.7301799	0.547800	-0.330046	-
X-97	185.7897928	15.7464851	0.347107	-0.253837	ABS
X-98	185.7922937	15.7831466	0.156164	-0.208219	LMXB
X-99	185.7966384	15.8628493	0.336134	0.259642	HMXB
X-100	185.7977495	15.7798778	0.503478	-0.033498	-
X-101	185.8035669	15.7756527	0.055584	0.329351	LMXB
X-102	185.8109357	15.8037731	0.108515	0.567962	HMXB
X-103	185.8149719	15.7982876	0.590164	-0.180328	-

Ek 4. ObsID:6727

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-4	185.6745091	15.7841249	0.574288	-0.148576	-
X-5	185.6782018	15.7770751	0.466138	-0.254423	-
X-6	185.6792794	15.733387	-0.065839	-0.143717	LMXB
X-7	185.6800163	15.8512553	0.122330	-0.226214	LMXB
X-9	185.6822781	15.8502991	0.536947	-0.277569	-
X-8	185.6823718	15.762622	0.334375	-0.348438	ABS
X-10	185.6855497	15.8244427	0.199418	-0.049491	LMXB
X-13	185.6914148	15.7880393	0.099965	0.076114	LMXB
X-14	185.6924777	15.81393	0.310651	-0.269231	ABS
X-15	185.6962898	15.8204211	0.273844	0.153573	HMXB
X-16	185.6975168	15.7242339	0.112252	-0.134155	LMXB
X-17	185.6982581	15.7669117	0.235048	-0.119617	ABS/LMXB
X-18	185.6994757	15.7949902	-0.237693	-0.268636	LMXB
X-20	185.7046263	15.8086596	0.336981	-0.277246	ABS
X-22	185.7071877	15.7956403	0.378766	-0.299857	ABS
X-23	185.7073378	15.858682	0.177863	-0.300064	LMXB
X-25	185.7083335	15.8078598	-0.110334	-0.369752	LMXB
X-27	185.710015	15.8048822	0.167827	0.012535	LMXB
X-28	185.7118015	15.7836967	0.377119	-0.137712	ABS
X-29	185.7120114	15.8110773	0.430386	-0.586554	-
X-30	185.7121575	15.8451578	0.246926	-0.034836	ABS/LMXB
X-32	185.712747	15.8166728	0.080745	-0.161491	LMXB
X-31	185.7129628	15.829983	0.391144	-0.568266	-
X-34	185.7150152	15.82725	0.271715	-0.204900	ABS
X-35	185.7169253	15.7874107	0.291523	0.002864	ABS/HMXB
X-36	185.717624	15.8168011	0.024560	-0.097141	LMXB
X-37	185.7195081	15.8100611	-0.144476	-0.427762	-
X-39	185.7211141	15.809302	0.452646	-0.367374	-
X-40	185.7218749	15.8374646	0.018265	-0.117199	LMXB
X-42	185.7228601	15.7625213	-0.091603	-0.254962	LMXB
X-44	185.7255829	15.8201276	-0.183782	-0.269420	LMXB
X-45	185.7260644	15.8290107	0.199488	-0.400256	-

Ek 4. ObsID:6727 devamı

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-47	185.7271653	15.8178707	0.099612	-0.204398	LMXB
X-50	185.728066	15.8011114	0.543807	-0.087613	-
X-52	185.7286752	15.8333171	0.448945	-0.724472	-
X-53	185.7288073	15.8381304	-0.069686	-0.248020	LMXB
X-56	185.7320544	15.8236199	0.124540	-0.130321	LMXB
X-58	185.7332543	15.8115127	0.530746	-0.353249	-
X-57	185.7332562	15.8194713	-0.084533	0.323738	LMXB
X-59	185.7360032	15.7206706	0.077121	0.684662	HMXB
X-60	185.7368423	15.7753555	0.013666	0.723071	HMXB
X-61	185.737992	15.7352836	0.418116	0.163768	HMXB
X-63	185.7381352	15.8159719	-0.106990	-0.005706	LMXB
X-64	185.7382026	15.8020299	-0.462541	-0.268730	-
X-65	185.739156	15.805561	0.089109	-0.003536	LMXB
X-67	185.7397096	15.8045355	0.119000	0.400500	HMXB
X-69	185.7402538	15.8109437	-0.234084	-0.382958	LMXB
X-70	185.7404504	15.8268274	0.116370	-0.251411	LMXB
X-72	185.7426833	15.8164967	0.187311	-0.160121	LMXB
X-74	185.7432658	15.8219171	0.191847	0.252998	LMXB
X-76	185.74335	15.7907171	0.314980	-0.380139	ABS
X-77	185.743878	15.7274101	0.221553	0.325971	HMXB
X-78	185.743957	15.8096162	0.000000	1.000000	-
X-82	185.7515582	15.8439716	0.686608	-0.373215	-
X-83	185.7535954	15.7773329	-0.280356	-0.305236	LMXB
X-88	185.7582714	15.8591718	0.155050	0.045519	LMXB
X-89	185.7624829	15.8074205	0.000000	1.000000	-
X-90	185.7651992	15.8043491	0.186677	0.626646	HMXB
X-93	185.7736417	15.8147995	0.677519	-0.355037	-
X-95	185.7799722	15.8364983	0.439079	0.121842	HMXB
X-97	185.7899557	15.7464807	0.117086	-0.111015	LMXB
X-98	185.7923706	15.7831923	0.041322	-0.280992	LMXB
X-100	185.7977564	15.7799887	0.035714	-0.083333	LMXB
X-102	185.8109019	15.804301	-0.024091	-0.170524	LMXB
X-103	185.8150932	15.7980759	0.103076	0.620532	HMXB

Ek 4. ObsID:9121

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-1	185.6510234	15.8797792	0.613687	-0.305730	-
X-5	185.6777929	15.77699	0.417015	-0.095537	-
X-6	185.6791232	15.7334535	0.021822	0.043262	LMXB
X-10	185.6854327	15.8243657	0.041611	-0.299329	LMXB
X-14	185.6924522	15.8139226	0.067623	-0.149590	LMXB
X-15	185.6973291	15.8198883	0.388368	-0.013645	ABS
X-17	185.6978135	15.7671379	-0.011583	-0.494208	-
X-16	185.6980982	15.7237805	-0.417391	0.139130	-
X-20	185.7045487	15.8087303	0.519854	-0.455068	-
X-27	185.7098642	15.8048937	0.243763	-0.315489	ABS
X-28	185.7117397	15.7836485	0.675127	-0.350254	-
X-30	185.7120096	15.8453034	0.312878	0.179968	ABS
X-32	185.7128624	15.8165688	0.230322	0.208761	HMXB
X-34	185.7148659	15.8273079	0.285444	-0.306672	ABS
X-35	185.7167401	15.7875214	0.342726	0.003395	ABS
X-36	185.7175269	15.8167682	-0.108475	-0.445763	-
X-39	185.7217419	15.8374053	0.220435	-0.018921	ABS/LMXB
X-42	185.7225059	15.7625974	-0.008789	-0.294221	LMXB
X-43	185.723774	15.8128356	0.049322	-0.282367	LMXB
X-44	185.7254958	15.8201526	0.106727	-0.410737	-
X-45	185.7259768	15.8289861	0.031978	-0.246688	LMXB
X-47	185.7269452	15.8179535	-0.336146	0.220816	LMXB
X-48	185.7276875	15.7850454	-0.217125	-0.391437	LMXB
X-53	185.7287202	15.8381628	0.307471	-0.102011	ABS
X-55	185.7313287	15.8411936	-0.323109	0.676891	-
X-56	185.7319194	15.8236482	0.145273	-0.231539	LMXB
X-58	185.7330653	15.8115761	-0.667513	0.332487	-
X-61	185.7379297	15.7353072	0.247312	0.505376	HMXB
X-63	185.7379656	15.8159799	0.275862	-0.637931	-
X-72	185.7425554	15.8165817	0.369399	-0.378142	ABS
X-74	185.7431897	15.8219098	0.354958	0.119321	ABS/HMXB
X-76	185.7432709	15.7907346	0.251706	-0.410917	-
X-83	185.7535073	15.7774094	-0.140044	0.000000	LMXB
X-91	185.7693566	15.80988	-0.103032	0.625928	-
X-97	185.7895684	15.7465863	0.582798	-0.510350	-
X-98	185.7921722	15.7832871	0.084219	0.025756	LMXB
X-100	185.7977226	15.7798367	0.444015	-0.267375	-
X-102	185.8107198	15.8041402	0.313309	-0.136784	ABS

Ek 4. ObsID:12696

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-4	185.6743416	15.783724	0.618380	-0.236760	-
X-5	185.6780647	15.7771365	0.482486	-0.111705	-
X-7	185.6800835	15.8512737	0.002433	-0.092457	LMXB
X-9	185.682501	15.8507387	0.411950	-0.020604	-
X-10	185.6854878	15.8244353	0.628717	-0.591334	-
X-14	185.692426	15.814025	0.261177	-0.157285	ABS
X-16	185.6977926	15.7240409	-0.270025	-0.042940	LMXB
X-17	185.6978886	15.7672367	-0.172170	-0.021226	LMXB
X-20	185.7047015	15.8086913	0.507314	-0.353423	-
X-24	185.7078467	15.8094564	0.195102	0.173010	LMXB
X-25	185.7082849	15.8080044	-0.720524	-0.139738	SNR
X-26	185.709654	15.7994893	0.431856	-0.599136	-
X-27	185.7100189	15.8049373	0.119520	0.038438	LMXB
X-28	185.711812	15.7837777	0.300763	-0.201527	ABS
X-30	185.7120948	15.8450417	0.456942	0.086116	ABS/HMXB
X-32	185.7128653	15.8165903	0.355634	-0.345070	ABS
X-33	185.7134954	15.8564243	0.436559	-0.718280	-
X-35	185.7169371	15.7874933	0.183738	-0.465789	-
X-36	185.7177078	15.8166283	0.632576	-0.265152	-
X-44	185.7256041	15.8201752	0.004392	-0.438296	-
X-45	185.7261057	15.8291132	0.542880	-0.271087	-
X-56	185.7320255	15.8236424	0.251515	-0.152525	ABS
X-57	185.7330226	15.8194019	-0.005825	0.260194	LMXB
X-58	185.7332835	15.8115492	0.083750	-0.168750	LMXB
X-61	185.7377892	15.7353282	0.180617	0.638767	HMXB
X-63	185.7380958	15.8159342	0.307204	0.000000	ABS
X-67	185.7396708	15.8046046	0.408472	-0.411498	-
X-70	185.7404798	15.8267537	0.510853	-0.510853	-
X-71	185.7408585	15.8339287	0.674242	-0.348485	-
X-72	185.742656	15.8164686	0.233108	-0.119932	ABS/LMXB
X-74	185.7433015	15.8219601	0.721366	-0.726399	-
X-76	185.7434397	15.790651	0.000000	0.422787	-
X-84	185.7541974	15.8293275	0.358754	-0.358754	ABS
X-95	185.7799718	15.8363178	0.500000	0.000000	-
X-97	185.789889	15.7464986	0.181968	-0.228147	LMXB
X-98	185.7923333	15.7832642	0.138393	-0.167411	LMXB
X-100	185.7980116	15.7798543	0.265504	-0.272287	ABS
X-102	185.8108527	15.8040161	0.267987	0.464025	HMXB

Ek 4. ObsID:23140

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-5	185.6782482	15.7769445	0.569106	-0.138211	-
X-6	185.6792898	15.7333317	0.722590	-0.445180	-
X-9	185.6823523	15.8504237	0.593291	-0.186583	-
X-10	185.6856115	15.8243864	0.595566	-0.191132	-
X-14	185.6924887	15.8138811	0.303681	0.392638	HMXB
X-17	185.6978371	15.7671044	-0.020511	-0.364784	LMXB
X-19	185.7015318	15.7500729	-0.160057	0.839943	-
X-27	185.7100243	15.8049297	0.306390	0.387221	HMXB
X-30	185.7121611	15.8453193	0.097313	0.510993	HMXB
X-32	185.7129213	15.8163915	0.513039	-0.026078	-
X-34	185.7148349	15.8271045	0.296077	-0.444856	-
X-35	185.7169834	15.7874982	0.340346	-0.171361	ABS
X-42	185.7227458	15.762566	0.648472	-0.296943	-
X-43	185.7239477	15.8128901	0.670034	-0.340067	-
X-44	185.7256072	15.8201437	0.822075	-0.706686	-
X-45	185.726133	15.8290249	0.242487	0.351681	HMXB
X-49	185.7277292	15.8349789	0.505155	-0.010309	-
X-56	185.7319908	15.8236629	0.530557	-0.061115	-
X-62	185.7380119	15.7726657	0.166782	-0.355108	LMXB
X-68	185.7397158	15.813156	0.409286	0.074173	HMXB
X-72	185.7426205	15.8164945	0.504244	-0.008489	-
X-76	185.7432581	15.7907328	0.685026	-0.370052	-
X-98	185.7924787	15.783245	0.529101	-0.058201	-

Ek 4. ObsID:23141

Kaynak	R.A.	Dec.	HR1	HR2	Sınıflandırma
X-5	185.6778598	15.7771859	0.150081	0.699839	HMXB
X-14	185.6921874	15.8139027	0.732110	-0.464220	-
X-27	185.7097876	15.8050163	0.378851	0.058958	ABS/HMXB
X-30	185.7119372	15.8452106	0.500000	0.000000	-
X-34	185.7147977	15.8273929	0.726346	-0.452693	-
X-44	185.7254013	15.8202526	0.506438	-0.399142	-
X-45	185.7258518	15.8291294	0.186519	-0.181902	LMXB
X-48	185.7275063	15.7852034	0.000000	1.000000	-
X-49	185.727529	15.8349956	-0.242464	0.757536	-
X-56	185.731811	15.8237889	0.778281	-0.556561	-
X-61	185.7377486	15.7351974	0.232113	0.535774	HMXB
X-68	185.7395478	15.8132541	0.293468	0.123497	ABS/HMXB
X-70	185.7402144	15.8269048	0.010105	0.413694	HMXB
X-72	185.7425151	15.8166137	-0.139550	0.522830	-
X-74	185.7430552	15.822012	0.399598	0.200803	HMXB
X-76	185.7431832	15.7908129	0.203931	0.000000	ABS/LMXB
X-98	185.7920422	15.7833858	0.635966	-0.415236	-

Ek 5. NGC 1365 *HST* kadir çizelgesi

Kaynak	F438W	F555W	F814W
X-18_a	25.49 ± 0.20	25.96 ± 0.16	–
X-18_b	25.85 ± 0.26	–	24.11 ± 0.10
X-18_c	–	–	25.73 ± 0.18
X-22_a	–	–	24.97 ± 0.24
X-22_b	–	–	25.74 ± 0.49
X-22_c	–	–	24.83 ± 0.18
X-22_d	–	–	24.97 ± 0.22
X-26_a	–	–	26.07 ± 0.48
X-26_b	–	–	25.87 ± 0.34
X-27_a	–	–	25.27 ± 0.16
X-27_b	26.09 ± 0.20	–	–
X-28	–	–	–
X-30_a	–	–	26.32 ± 0.39
X-31_a	–	–	26.44 ± 0.64
X-31_b	–	–	25.72 ± 0.38
X-31_c	25.94 ± 0.30	–	–
X-32_a	–	–	25.26 ± 0.24
X-32_b	–	–	25.50 ± 0.31
X-32_c	–	–	25.15 ± 0.22
X-32_d	–	–	25.46 ± 0.26
X-32_e	26.22 ± 0.26	–	–
X-33_a	–	–	26.18 ± 0.33
X-35_a	26.08 ± 0.22	26.36 ± 0.14	24.95 ± 0.14

Ek 5. NGC 1365 *HST* kadir çizelgesi devamı

Kaynak	F438W	F555W	F814W
X-36_a	25.92 $\pm$ 0.20	–	25.68 $\pm$ 0.32
X-36_b	–	–	25.84 $\pm$ 0.34
X-37_a	22.63 $\pm$ 0.19	23.02 $\pm$ 0.24	21.70 $\pm$ 0.16
X-37_b	22.23 $\pm$ 0.12	22.93 $\pm$ 0.19	–
X-37_c	23.24 $\pm$ 0.28	23.59 $\pm$ 0.30	22.50 $\pm$ 0.35
X-39_a	22.16 $\pm$ 0.17	22.83 $\pm$ 0.25	–
X-39_h	22.98 $\pm$ 0.14	22.73 $\pm$ 0.11	20.62 $\pm$ 0.08
X-44_a	–	–	24.68 $\pm$ 0.19
X-44_b	–	–	24.84 $\pm$ 0.22
X-44_c	–	25.45 $\pm$ 0.12	25.04 $\pm$ 0.24
X-45_a	23.59 $\pm$ 0.14	22.73 $\pm$ 0.09	20.38 $\pm$ 0.07
X-45_b	24.27 $\pm$ 0.22	23.54 $\pm$ 0.12	21.14 $\pm$ 0.09
X-45_c	22.03 $\pm$ 0.11	22.20 $\pm$ 0.11	20.91 $\pm$ 0.10
X-48_a	26.23 $\pm$ 0.27	–	–
X-48_b	–	–	26.21 $\pm$ 0.60
X-48_c	–	–	26.12 $\pm$ 0.53
X-48_d	–	–	25.65 $\pm$ 0.38
X-50_a	–	–	25.62 $\pm$ 0.26
X-50_b	–	–	25.18 $\pm$ 0.19
X-51_a	–	–	24.88 $\pm$ 0.17
X-51_b	–	–	26.07 $\pm$ 0.46
X-54_a	–	–	26.46 $\pm$ 0.47
X-54_b	–	–	26.12 $\pm$ 0.32
X-55_a	25.93 $\pm$ 0.19	–	26.01 $\pm$ 0.46
X-55_b	–	–	26.37 $\pm$ 0.66
X-55_c	–	–	25.39 $\pm$ 0.25
X-55_d	–	–	25.06 $\pm$ 0.17
X-58_a	–	–	25.55 $\pm$ 0.24
X-60_a	–	–	26.12 $\pm$ 0.43
X-61_a	26.02 $\pm$ 0.24	–	–
X-61_b	–	26.23 $\pm$ 0.17	25.01 $\pm$ 0.20
X-61_c	–	–	24.18 $\pm$ 0.12
X-61_d	–	25.32 $\pm$ 0.10	23.83 $\pm$ 0.10
X-61_e	25.93 $\pm$ 0.23	–	–

Ek 6. NGC 4321 *HST* kadir çizelgesi

Kaynak	F438W	F555W	F814W
X-20	–	–	–
X-25_a	26.27 ± 0.21	–	–
X-26_a	–	–	25.98 ± 0.42
X-26_b	–	–	25.59 ± 0.36
X-27	–	–	–
X-29_a	24.18 ± 0.08	24.31 ± 0.08	24.36 ± 0.13
X-31_a	–	–	25.56 ± 0.34
X-31_b	–	–	25.53 ± 0.33
X-32_a	–	–	25.69 ± 0.47
X-32_b	–	–	25.90 ± 0.60
X-34_a	26.16 ± 0.26	–	24.82 ± 0.23
X-34_b	–	–	25.84 ± 0.51
X-34_c	25.19 ± 0.16	25.16 ± 0.15	24.46 ± 0.18
X-34_d	25.21 ± 0.14	25.49 ± 0.18	25.45 ± 0.39
X-36_a	–	25.98 ± 0.16	24.60 ± 0.16
X-37_a	–	–	25.35 ± 0.28
X-38_a	26.38 ± 0.36	26.03 ± 0.26	–
X-38_b	25.72 ± 0.21	25.65 ± 0.20	–
X-38_c	26.02 ± 0.33	25.48 ± 0.19	–
X-38_d	25.33 ± 0.22	24.71 ± 0.13	24.26 ± 0.18
X-38_e	24.73 ± 0.13	24.74 ± 0.14	24.40 ± 0.21
X-39_a	–	–	25.25 ± 0.30
X-39_b	–	25.78 ± 0.16	–
X-39_c	26.39 ± 0.30	–	25.44 ± 0.28
X-40_a	24.27 ± 0.11	24.50 ± 0.11	23.75 ± 0.13
X-40_b	24.61 ± 0.13	24.43 ± 0.11	24.10 ± 0.14
X-43_a	–	–	25.84 ± 0.39
X-44_a	25.69 ± 0.20	26.01 ± 0.30	–
X-44_b	–	26.44 ± 0.45	25.44 ± 0.50
X-44_c	26.14 ± 0.27	–	–
X-44_d	26.40 ± 0.39	25.60 ± 0.22	25.35 ± 0.59
X-44_e	–	25.33 ± 0.20	25.36 ± 0.51
X-45_a	–	26.44 ± 0.32	–
X-45_b	–	–	24.27 ± 0.14
X-45_c	25.43 ± 0.17	25.38 ± 0.15	25.59 ± 0.46
X-46_a	26.11 ± 0.26	25.46 ± 0.15	25.51 ± 0.34
X-46_b	25.97 ± 0.23	24.03 ± 0.07	23.56 ± 0.10
X-47_a	–	–	25.17 ± 0.35
X-47_b	26.34 ± 0.33	–	–
X-47_c	–	–	24.35 ± 0.19

Ek 6. NGC 4321 *HST* kadir çizelgesi devamı 1

Kaynak	F438W	F555W	F814W
X-47_d	26.11 ± 0.29	–	26.01 ± 0.91
X-47_e	–	–	25.98 ± 0.72
X-47_f	26.48 ± 0.45	–	25.48 ± 0.54
X-47_g	–	25.18 ± 0.20	24.91 ± 0.44
X-49_a	–	–	25.36 ± 0.30
X-50_a	–	–	25.09 ± 0.24
X-50_b	25.93 ± 0.17	26.27 ± 0.25	23.65 ± 0.10
X-51_a	22.57 ± 0.11	22.27 ± 0.14	22.41 ± 0.32
X-51_b	22.15 ± 0.07	21.73 ± 0.07	21.06 ± 0.09
X-51_c	22.09 ± 0.12	22.23 ± 0.14	21.47 ± 0.13
X-52_a	–	24.53 ± 0.08	23.87 ± 0.13
X-52_b	–	26.17 ± 0.33	–
X-52_c	–	26.10 ± 0.32	–
X-52_d	26.08 ± 0.06	26.25 ± 0.30	24.57 ± 0.17
X-52_e	–	25.92 ± 0.30	–
X-53_a	25.48 ± 0.34	26.28 ± 0.29	25.29 ± 0.32
X-53_b	26.27 ± 0.12	26.03 ± 0.23	25.26 ± 0.40
X-53_c	24.93 ± 0.06	24.79 ± 0.11	23.70 ± 0.12
X-55_a	–	–	25.56 ± 0.40
X-55_b	–	25.38 ± 0.13	25.58 ± 0.34
X-55_c	–	–	25.27 ± 0.30
X-55_d	26.40 ± 0.06	25.73 ± 0.16	–
X-55_e	–	26.17 ± 0.20	–
X-56_a	25.72 ± 0.23	26.17 ± 0.54	–
X-56_b	25.63 ± 0.06	25.52 ± 0.25	25.21 ± 0.50
X-56_d	–	26.01 ± 0.33	25.00 ± 0.39
X-57_a	–	–	25.55 ± 0.47
X-57_b	–	26.15 ± 0.29	25.29 ± 0.40
X-57_c	26.11 ± 0.10	26.13 ± 0.26	–
X-58_a	24.98 ± 0.27	24.48 ± 0.08	23.65 ± 0.10
X-58_b	26.17 ± 0.27	26.37 ± 0.26	24.92 ± 0.23
X-64_a	24.55 ± 0.16	24.34 ± 0.29	23.97 ± 0.30
X-64_b	24.71 ± 0.28	24.51 ± 0.14	24.59 ± 0.28
X-64_c	25.01 ± 0.09	24.75 ± 0.26	24.21 ± 0.25
X-64_d	23.20 ± 0.06	23.04 ± 0.09	22.62 ± 0.10
X-65_a	–	26.12 ± 0.20	–
X-65_b	25.53 ± 0.06	25.32 ± 0.10	25.26 ± 0.25
X-65_c	–	26.31 ± 0.23	23.90 ± 0.12

Ek 6. NGC 4321 *HST* kadir çizelgesi devamı 2

Kaynak	F438W	F555W	F814W
X-66_a	25.70 $\pm$ 0.06	–	–
X-66_b	–	26.11 $\pm$ 0.20	25.90 $\pm$ 0.43
X-66_c	–	–	25.21 $\pm$ 0.27
X-66_d	–	25.70 $\pm$ 0.15	25.99 $\pm$ 0.45
X-66_e	–	–	25.46 $\pm$ 0.30
X-67_a	–	26.44 $\pm$ 0.21	24.15 $\pm$ 0.12
X-68_a	–	–	26.22 $\pm$ 0.64
X-68_b	–	26.41 $\pm$ 0.35	25.76 $\pm$ 0.49
X-68_c	26.45 $\pm$ 0.06	–	25.89 $\pm$ 0.48
X-68_d	–	–	26.03 $\pm$ 0.54
X-68_e	–	26.38 $\pm$ 0.30	26.00 $\pm$ 0.56
X-69_a	–	–	26.03 $\pm$ 0.49
X-69_b	26.48 $\pm$ 0.06	–	25.92 $\pm$ 0.51
X-69_c	–	26.16 $\pm$ 0.17	26.24 $\pm$ 0.53
X-69_d	–	–	23.99 $\pm$ 0.11
X-69_e	–	25.92 $\pm$ 0.21	24.75 $\pm$ 0.19
X-70_a	–	–	25.98 $\pm$ 0.45
X-70_b	26.12 $\pm$ 0.06	26.07 $\pm$ 0.17	26.12 $\pm$ 0.66
X-71_a	–	–	25.90 $\pm$ 0.38
X-71_b	25.52 $\pm$ 0.06	–	25.05 $\pm$ 0.21
X-71_c	–	–	26.17 $\pm$ 0.52
X-71_d	–	–	26.12 $\pm$ 0.56
X-71_e	–	25.64 $\pm$ 0.12	–
X-72	–	–	–
X-73_a	–	25.99 $\pm$ 0.17	25.97 $\pm$ 0.53
X-74_a	26.43 $\pm$ 0.06	–	–
X-74_b	–	–	25.51 $\pm$ 0.33
X-78_a	–	–	24.57 $\pm$ 0.15
X-81_a	–	–	25.91 $\pm$ 0.46
X-81_b	–	–	24.78 $\pm$ 0.29