



MAXI J1820+070'IN 2018 PARLAMASININ TAYFSAL OLARAK İNCELENMESİ

Sedanur Eroğlu¹, Tuğçe Kocabiyik², Can Güngör¹, Ersin Göğüş³, Eda Sonbaş⁴

UAK
2026

¹Istanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fatih/İstanbul

²Istanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fatih/İstanbul

³Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, 34956, İstanbul Türkiye

⁴George Washington Üniversitesi, Fizik Bölümü, Washington DC 20052, ABD



THE GEORGE
WASHINGTON
UNIVERSITY
WASHINGTON, DC

Sabancı
Üniversitesi

ÖZET

MAXI J1820+070, en bilinen karadelik bileşenli düşük kütleli X-ışın çifti kaynaklarından biridir. Kaynak, yaklaşık 20 yıllık bir gözlem takibinde sadece 2018 yılında yaklaşık 250 gün süren çift tepeli kuvvetli bir parlama gerçekleştirmiştir. Bu parlama, çıkış ve iniş kolları ve sakin evreyi kapsayacak şekilde toplam 211 NICER gözlemleri (~492 ks) ile takip edilmiştir. Çalışmada, karadelik bileşenli sistemlere bir örnek olarak MAXI J1820+070 kaynağına ait NICER verisi kullanılarak parlama sürecindeki bu çift sistemi tayfsal olarak en iyi temsil edilen modelin belirlenmesi ve fizik parametrelerin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

1. Giriş

MAXI J1820+070, yaklaşık 2,96 kpc uzaklıkta bulunan ve ayrıntılı olarak incelenen geçici kaynaklardan biridir. Kaynak, 2018 yılında yaklaşık 250 gün süren güçlü bir parlama gerçekleştirmiş ve parlama boyunca X-ışını akısı, tayfsal sertlik ve foton indeksinde belirgin değişimler meydana gelmiş; kaynak sert, ara ve yumuşak tayfsal durumlar arasında geçiş yapmıştır. Bu tayfsal değişimler, kara delik çevresindeki yığılma disk ile Compton saçılmasının gerçekleştiği sıcak korona arasındaki etkileşimler çerçevesinde sistem geometrisinin parlama boyunca değiştiğine işaret etmektedir. Bu nedenle MAXI J1820+070'in 2018 parlaması, yığılma süreçleri ile tayfsal durum geçişleri arasındaki ilişkinin araştırılması açısından önemli bir çalışma alanı sunmaktadır. MJD ≈ 58303'te akıda hızlı bir yükseliş gözlenmiş ve kaynak sert-yumuşak durum geçişi sırasında en yüksek akı seviyesine ulaşmıştır. Yumuşak durum boyunca akı düzenli biçimde azalmış; MJD ≈ 58380 sonrasındaki hızlı düşüş ise yumuşak–sert durum geçişi sergilemiştir (Şekil 1/2).

2. Yöntem ve Modeller

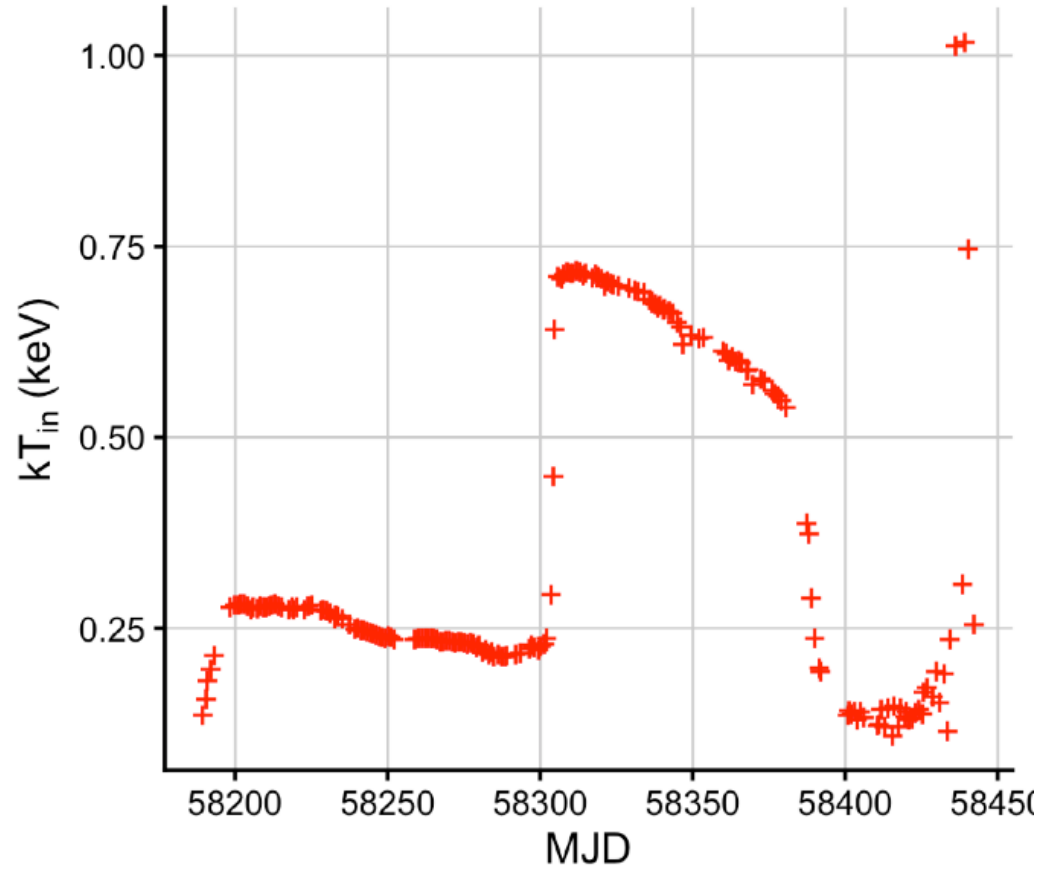
Kaynağın MAXI/GSC 2.0–20.0 keV bandındaki verisi kullanılarak uzun dönem ışık eğrisi ve 4.0–10.0 keV ve 10.0–20.0 keV aralığındaki verisi kullanılarak sertlik oranı evrimi elde edilmiş ve NICER verisinin 2018 yılı parlamasını iyi bir şekilde kapsadığı belirlenmiştir. Bu veri kullanılarak HEASoft'un en güncel versiyonu ile tayflar oluşturulmuş, elde edilen tayflara XSPEC ortamında 0.3–7.5 keV enerji aralığında tayf analizi yapılmıştır. Elde edilen tayflar XSPEC paket programı ile yıldızlararası soğurma ve sisteme ait fizik dikkate alınarak farklı bileşen kombinasyonlarıyla modellenmiştir. Literatür taraması çerçevesinde, bu kaynağa uygunlanmış ve en iyi sonuçları veren modeller belirlenmiş, sırasıyla Model 1 (tbabs*(diskbb+powerlaw+gaussian)) ve Model 2 (tbabs*(diskbb+nthcomp+relxill)) olarak isimlendirilmiştir. Böylece, sistemi en iyi temsil edilen model ile model parametrelerinin nasıl evrimleştiği belirlenmiştir.

3. Model Çıktıları

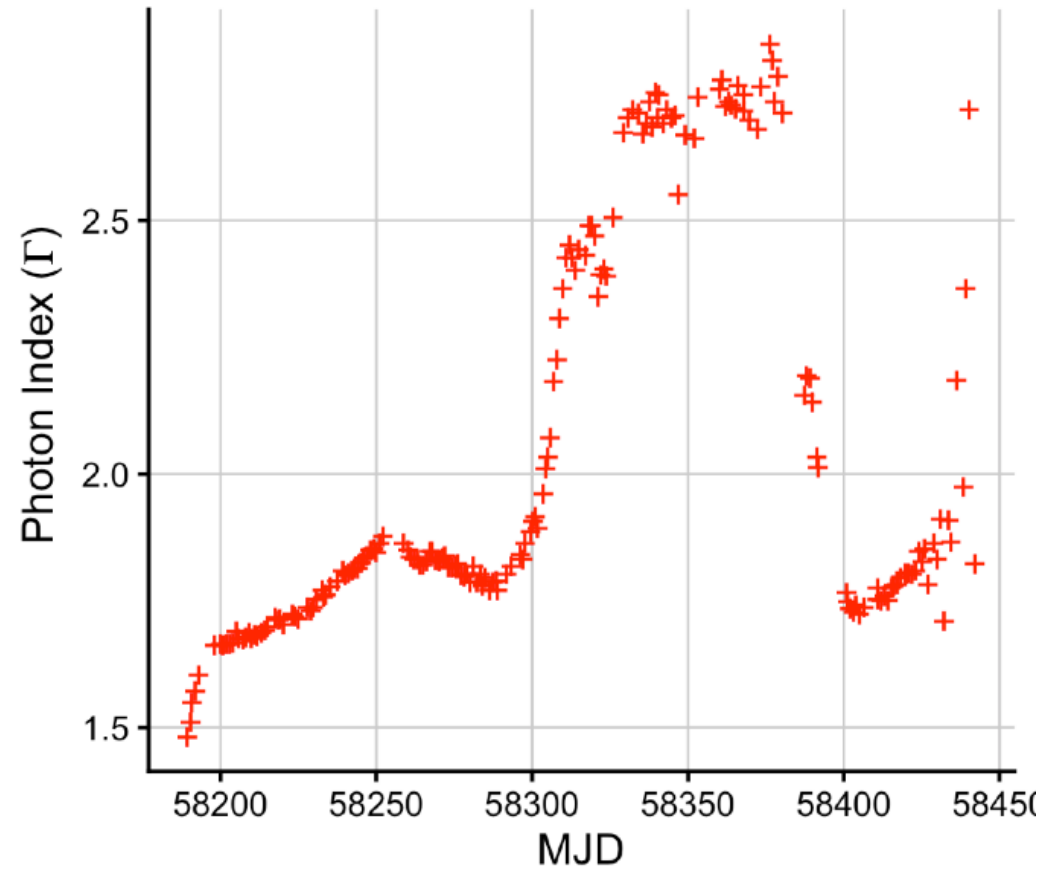
Her iki modelde hidrojen kolon yoğunluğu $N_H=0.14 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ değerine, tüm modeller içindeki elektron sıcaklığı 30 keV değerine, Model 1'de Gaus çizgi enerjisi 6.4 keV ve çizgi genişliği 0.5 keV değerlerine sabitlenmiştir. Model 2'de kaynak foton sıcaklığı disk sıcaklığına; relxill foton indeksi ise nthcomp modeli içerisindeki foton indeksine bağlanmıştır. Akı değerleri, XSPEC içerisindeki cflux modülü ile hesaplanmıştır. Sonuçlar R üzerinde çizdirilmiştir.

Model 1: tbabs*(diskbb+powerlaw+gaussian)

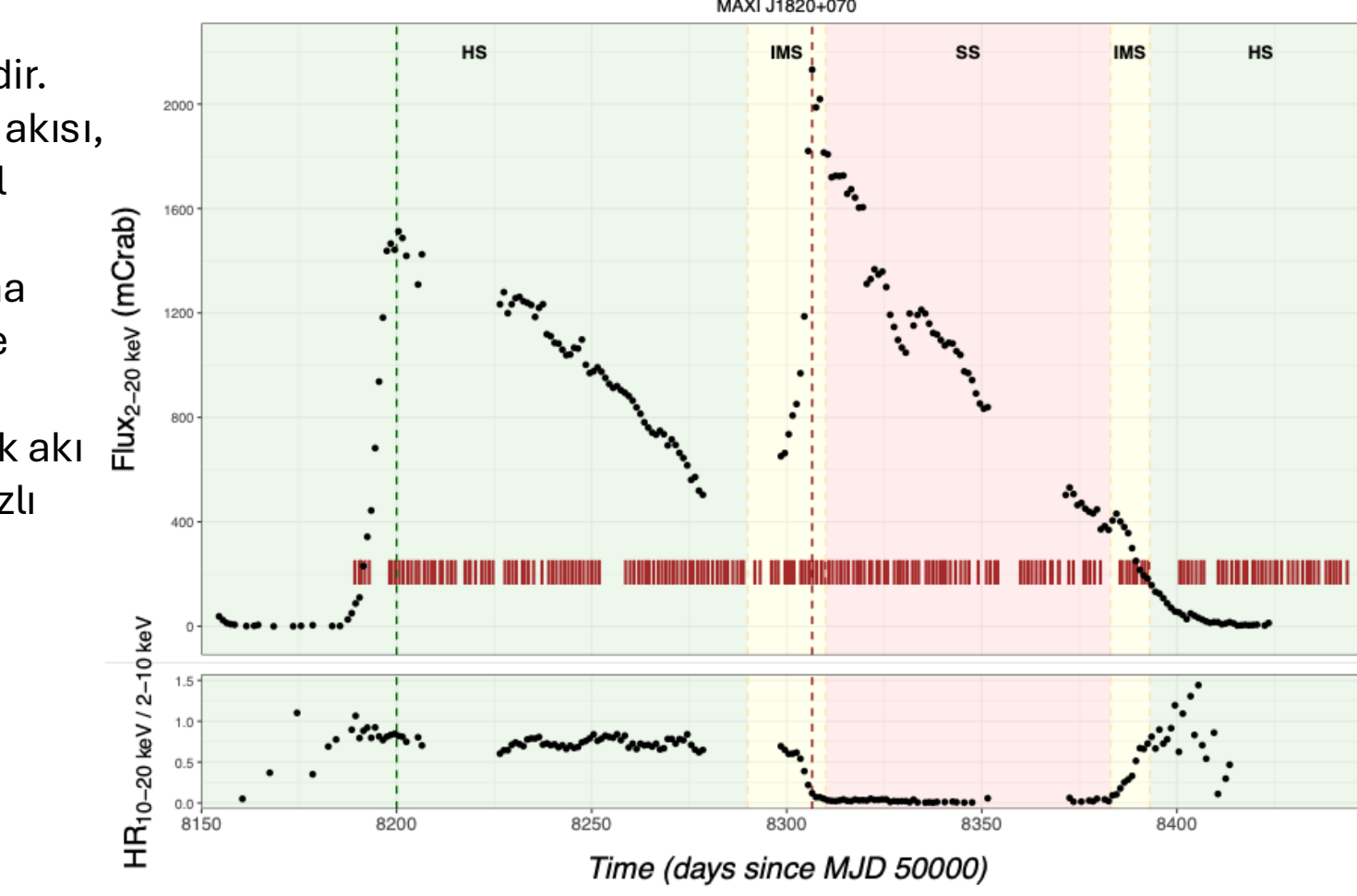
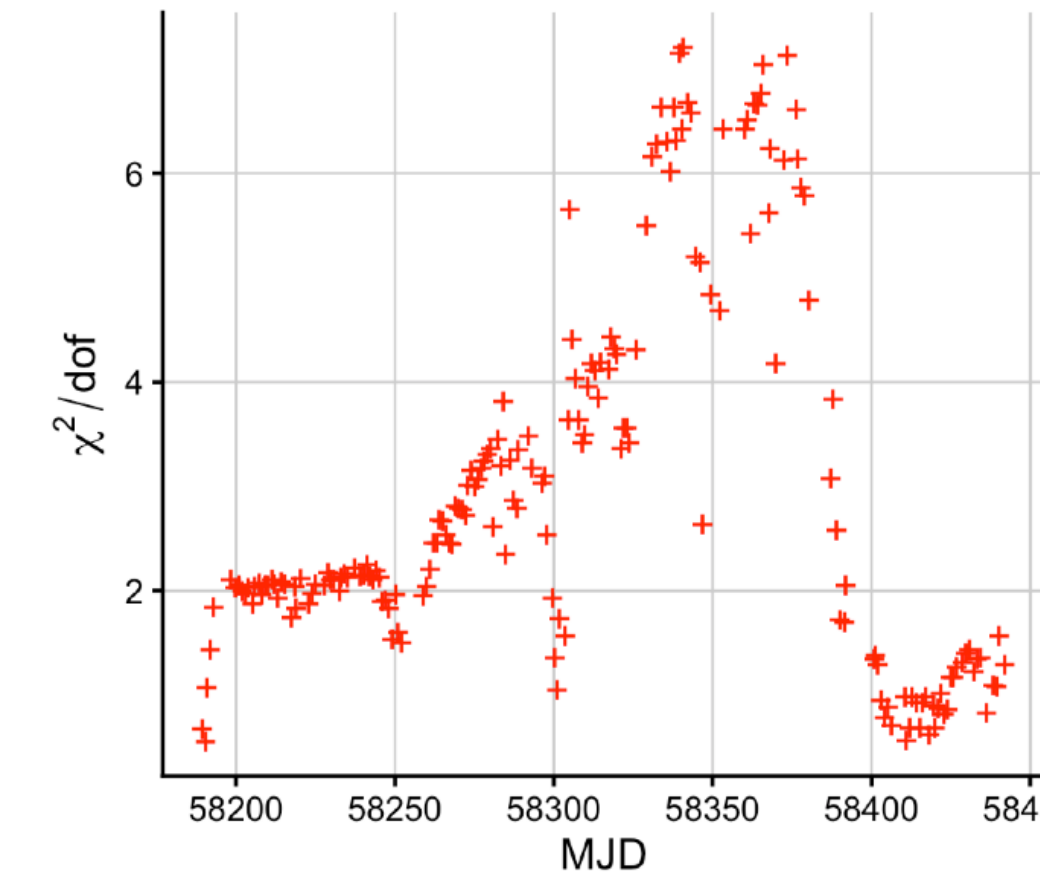
Şekil 3: Foton indeksi, parlamanın ilk sert evresinde $\Gamma \approx 1.5\text{-}1.9$ aralığında değişirken MJD ≈ 58303 sonrasında hızla yükselerek 2.7–2.8 seviyelerine ulaşmıştır. MJD ≈ 58380 sonrasında Γ değerlerinin yeniden 1.7–2.0 aralığına düşmesi ise tayfın tekrar sertleştiğini ve kaynağın geç sert duruma döndüğünü göstermektedir.



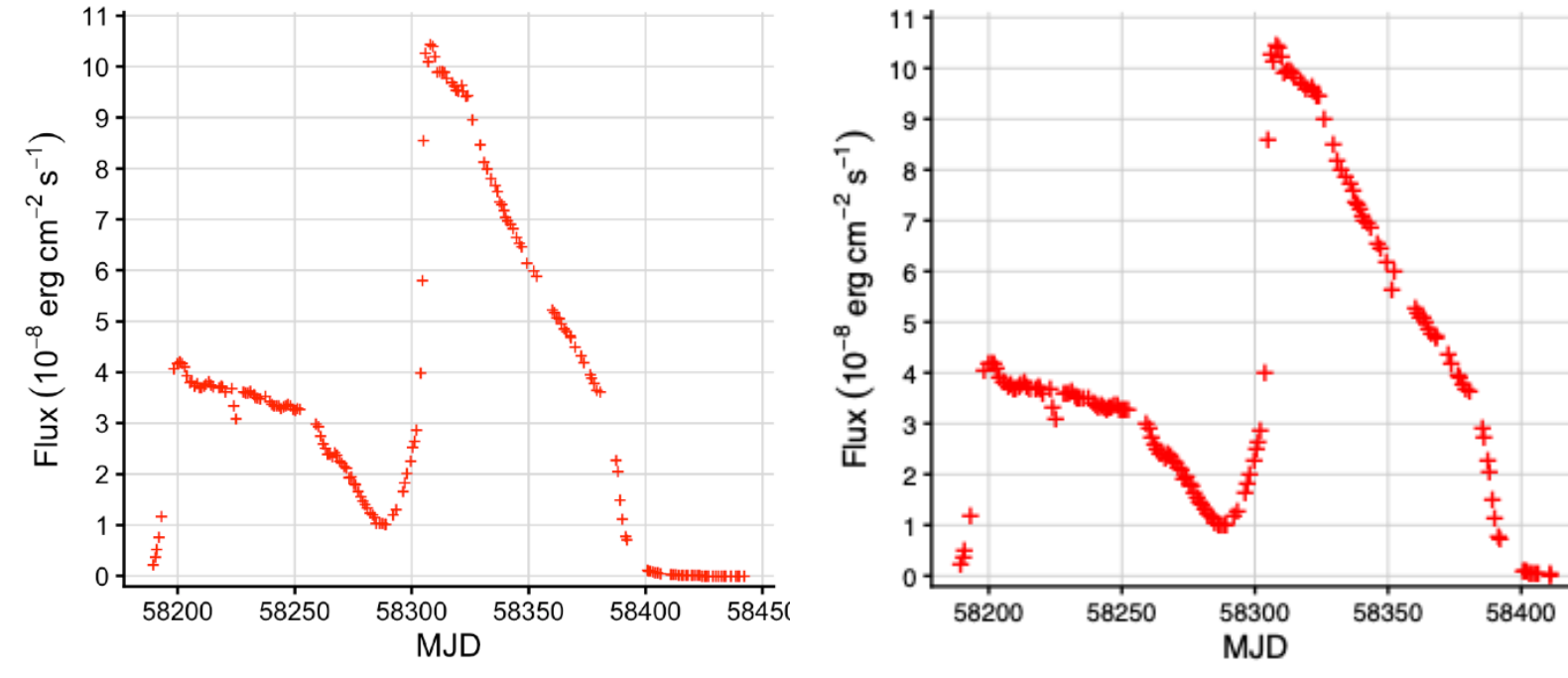
Şekil 5: χ^2 değerleri parlamanın büyük bölümünde yaklaşık 2–4 aralığında seyretmekte, sert-yumuşak geçiş sonrasında iyileşme göstermekte ancak yumuşak durumu modellemede yetersiz kalmaktadır.



Şekil 4: Disk sıcaklığı, parlamanın ilk sert evresinde yaklaşık 0.15–0.28 keV aralığında seyretmiştir. MJD ≈ 58303 civarında sıcaklığın hızla 0.7 keV'e yükselmesi, sert-yumuşak durum geçişi sırasında termal disk bileşeninin belirginleştiğini göstermektedir. Yumuşak durum boyunca sıcaklık kademeli olarak azalmış ve MJD ≈ 58380 sonrasında 0.1–0.2 keV düzeyine gerilemiştir.



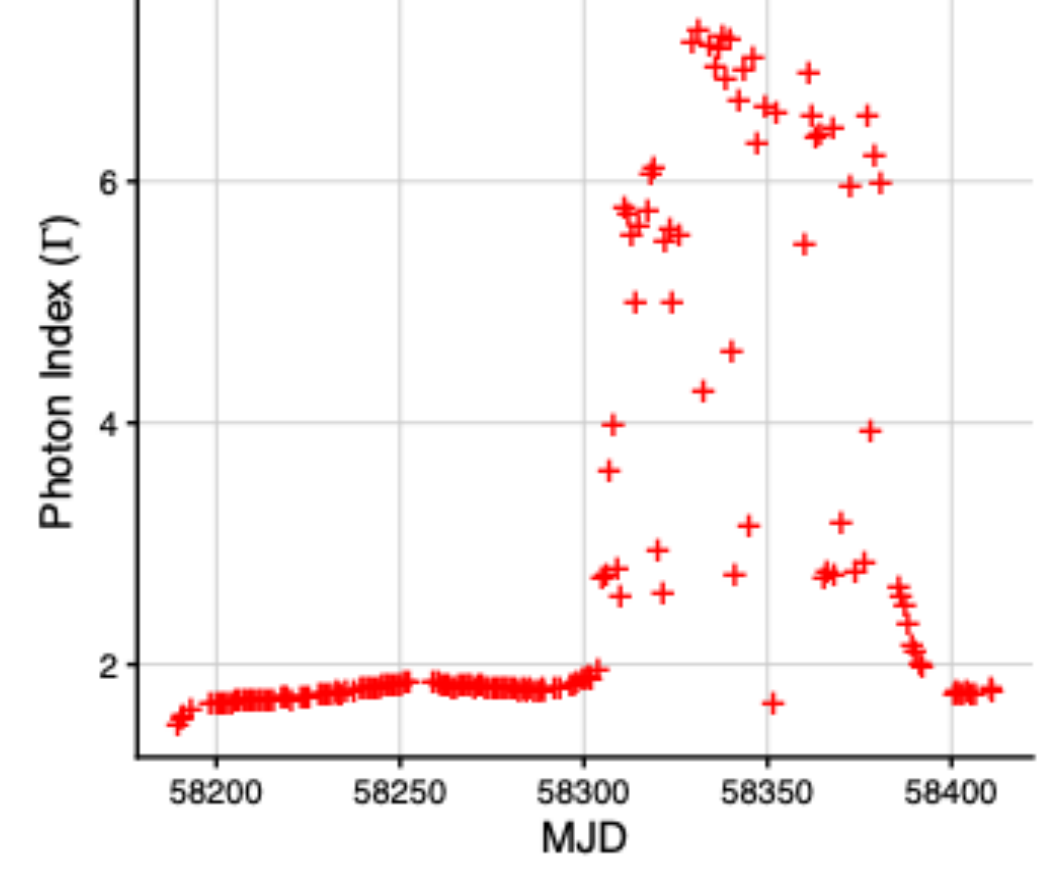
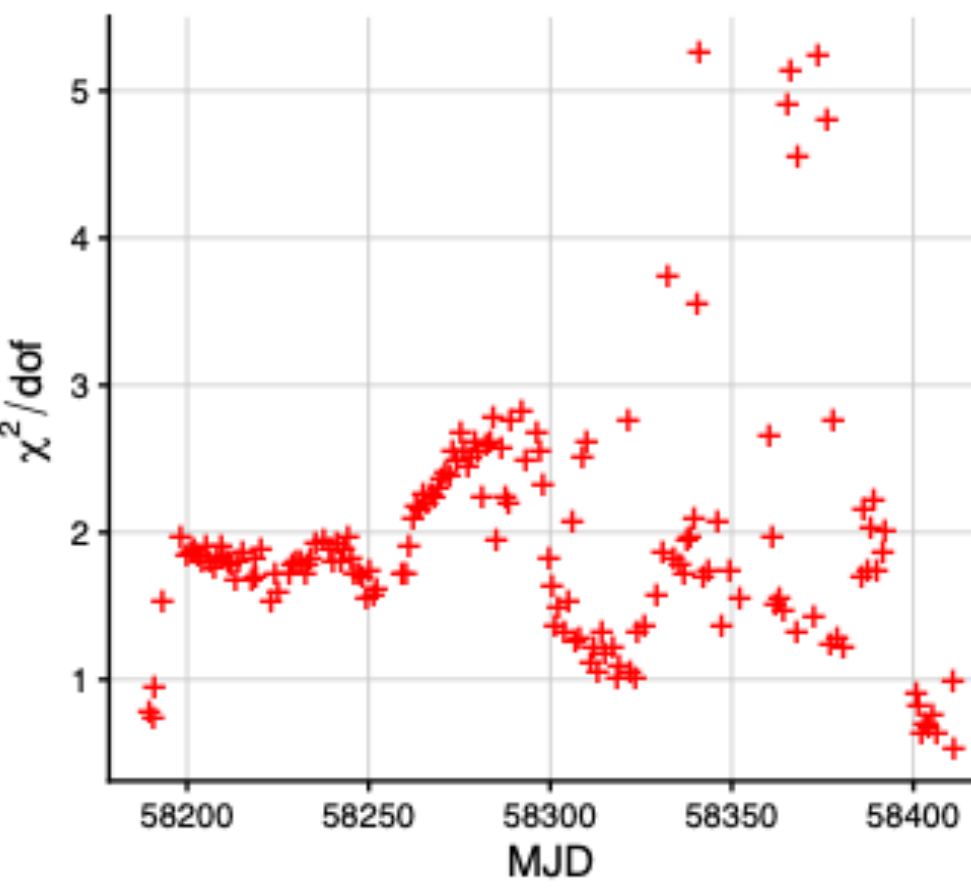
Şekil1: MAXI J1820+070 kaynağına ait Maxi ışık eğrisi, ve sertlik evrimi (aşağıda) şekildeki gibidir. Kırmızı çizgiler Nicer verilerini, sarı arka fon sert evreyi, kırmızı arka fon yumuşak durumu ve saırlar durum geçişlerini göstermektedir.



Şekil 2: Soldan sağa, Model 1 ve Model 2 modellerinden cflux kullanılarak hesaplanan akı değerlerinin ışık eğrileri.

Model 2: tbabs*(diskbb+nthcomp+relxill)

Şekil 6: Parlamanın ilk sert evresinde Γ_{nth} yaklaşık 1.5–1.9 aralığında kararlı bir değişim göstermektedir. MJD ≈ 58303 sonrasında foton indeksinin hızla yükselmesi, komptonizasyon tayfının dikleştiğini ve sert-yumuşak durum geçişiyle birlikte belirgin bir tayfsal yumuşama gerçekleştiğini göstermektedir. MJD ≈ 58380 sonrasında indeksin yeniden yaklaşık 1.7–2.0 aralığına gerilemesi, kaynağın geç sert duruma dönüşüyle uyumludur.



Şekil 7: χ^2 değerleri parlamanın büyük bölümünde yaklaşık 1–3 aralığında seyretmekte, sert-yumuşak geçiş sonrasında birçok gözlemden 2'nin altında kalmakta ve 1'e yaklaşmaktadır. Bu değişim, komptonizasyon ve relativistik yansıma bileşenlerinin eklenmesinin özellikle yumuşak durum tayflarının temsiliyi iyileştirdiğini göstermektedir. Bununla birlikte, MJD ≈ 58330–58380 arasında görülen ve $\chi^2/\text{dof} \approx 4\text{-}5$ seviyelerine ulaşan yükselişler, bazı gözlemlerde parametre dejenerasyonunun sürdüğünü göstermektedir. Geç sert durumda değerlerin yeniden 1 civarına yaklaşması, bu evrede model ile gözlenen tayflar arasındaki uyumun güçlendiğini göstermektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Her iki tayfsal modelde MAXI J1820+070'nun 2018 parlamasındaki sert-yumuşak geçiş sırasında akı, disk sıcaklığı ve foton indeksinde eş zamanlı artış gözlenirken, yumuşak-sert geçiş sırasında bu parametrelerin yeniden azalması tayfın tekrar sertleştiğini göstermiştir. Model 1'in, sert durum tayflarını görece daha başarılı temsil ettiği; ancak yumuşak durumda χ^2/dof değerlerinin yaklaşık 4–7 düzeylerine yükselmesi nedeniyle bu evredeki tayfsal karmaşıklığı yeterince açıklayamadığı görülmüştür. Termal Komptonizasyon ve relativistik yansımayı içeren Model 2'de ise hem sert hem de yumuşak durumlarda genel olarak daha düşük χ^2/dof değerleri saptanmış ve en belirgin iyileşme yumuşak durum tayflarından elde edilmiştir. Geç sert durumda değerlerin çoğunlukla 1'e yaklaşması, ikinci modelin bu evreyi de başarılı biçimde temsil ettiğini göstermektedir.

REFERANSLAR

- Shidatsu, M., et al. 2019, ApJ, 874, 183.
Fabian, A. C., et al. 2020, MNRAS, 493, 5389.
Atri, P., et al. 2020, MNRAS, 493, L81.
Wang, J., et al. 2021, ApJL, 910, L3.
Li, Y., et al. 2025, MNRAS, 538, 1143.