



Kara Delik Adayı X-Işını Çifti AT2019wey Zamansal Değişim Analizi

Ceren Hazal Aksu ■ Kadri Yakut
Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü



Özet

Bu çalışmada kara delik adayı düşük kütleli X-ışını çifti AT2019wey'in TESS fotometrisi, geçici kaynak davranışı ve olası yörünge dönemi açısından incelenmiştir. Resmi TESS ayak izi Sektör 19, 59, 73 ve 86'yı kapsamakla birlikte ayrıntılı kanıt denetimi Sektör 19 (S19) ve Sektör 59 (S59) için yapılmıştır. S19 zorlanmış PRF/fark-görüntü fotometrisi, yaklaşık 25 günde medyan akının %11.2 arttığı erken optik yükselişi güvenilir biçimde göstermektedir. Buna karşılık önceden tanımlanan $P = 0.525$ gün hipotezi, yavaş eğilim eşzamanlı modellendiğinde desteklenmemiştir. S59'un bir günlük kesitindeki görünür dalga biçimi arka planla çok yüksek korelasyon ($r = 0.997$) göstermiş ve hedef konumuna yerleşmemiştir. Dolayısıyla 0.52496 gün doğrulanmış bir TESS yörünge dönemi değil, bağımsız fotometrik ve spektroskopik gözlemlerle sınanması gereken bir araştırma hipotezidir.

1. Giriş

X-ışını çiftleri, normal bir yıldızdan nötron yıldızı veya kara delik gibi kompakt bir cisme aktarılan madenin gravitasyonel potansiyel enerjisini yüksek enerjili ışınımaya dönüştürdüğü sistemlerdir^[1,2]. Kara delik içeren düşük kütleli X-ışını çiftlerinde Roche lobunu dolduran bileşen yıldızdan aktarılan madde, açılal momentumunu koruyarak bir toplanma diski oluşturur. Diskteki viskoz süreçler maddeyi iç bölgelere taşıırken sıcak korona, disk ve relativistik jetler sistemin tayfsal ve zamansal değişimini belirler. Geçici sistemlerde dış diskte başlayan kararsızlık, rapor edilen güçlü X-ışını keşfinden önceki dönemi kapsayan erken optik yükseliş olarak görülebilir^[1,2].

AT2019wey 2019 sonunda optik bir geçici kaynak olarak keşfedilmiş, ardından X-ışını ve radyo gözlemleriyle Galaktik bir düşük kütleli X-ışını çifti ve güçlü kara delik adayı olarak sınıflandırılmıştır^[3-5]. Kompakt radyo jeti, sert X-ışını tayfi ve düşük frekanslı yarı periyodik salınımlar bu yorumu destekler. Bununla birlikte yörünge dönemi doğrudan ölçülmüş değildir; literatürde yaklaşık 16 saatlik bir üst sınır bulunmaktadır^[3].

Bir faz diyagramında düzenli bir biçim görülmesi tek başına yörünge dönemi kanıtı değildir. Eğilim, pencere işlevi, kırmızı gürültü, $P/2-P-2P$ belirsizliği ve sinyalin hedef pikselinde yerleşmesi birlikte sınanmalıdır^[8,9].

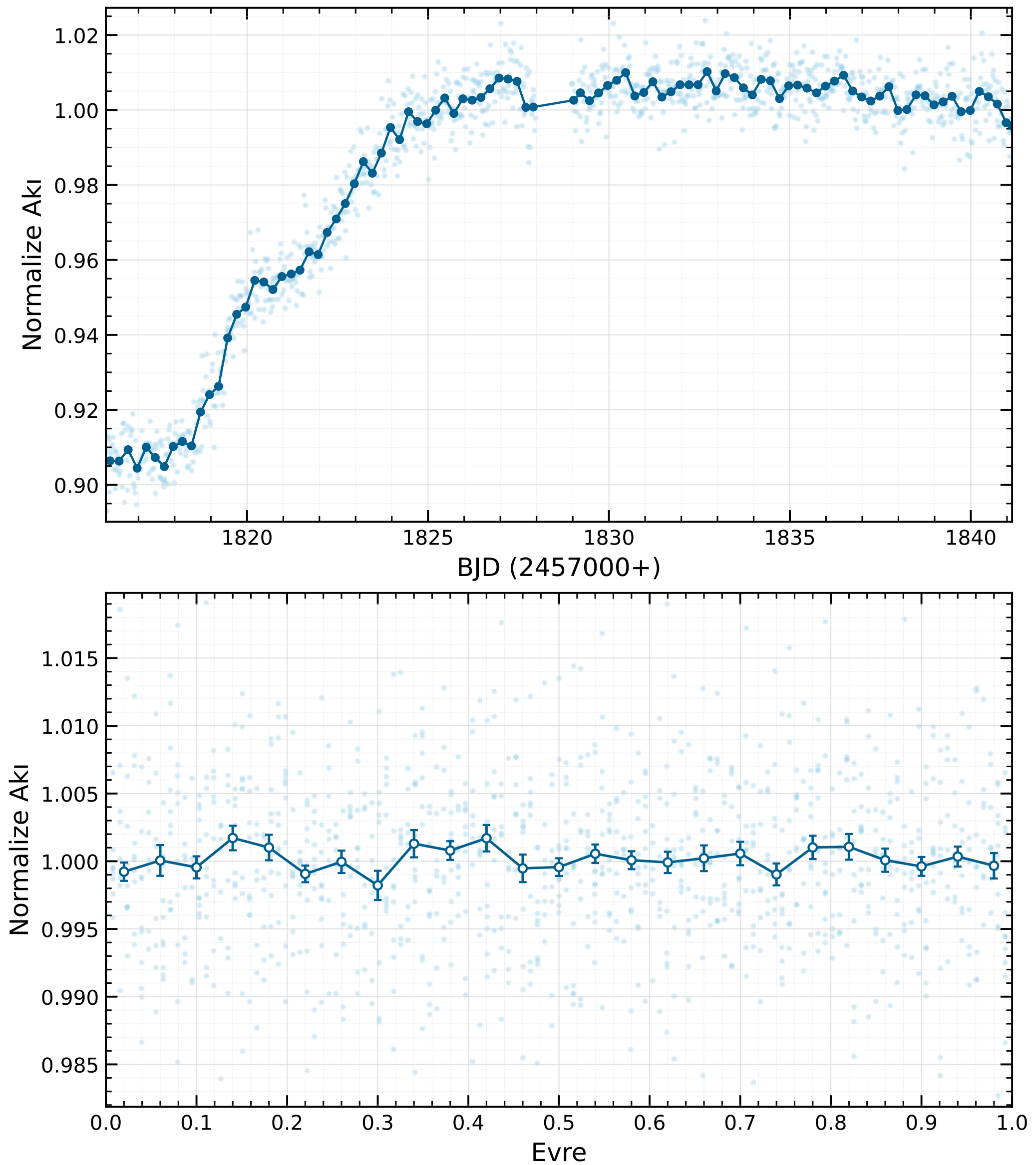
2. TESS verisi ve yöntem

TESS, geniş görüş alanı ve kesintisiz zaman örneklemeyle geçici kaynakların optik evrimini izlemeye uygun bir telskoptur^[6]. AT2019wey için hazır, homojen bir TESS ışık eğrisi bulunmadığından iki sektörde kanıt düzeyi farklı ürünler kullanılmıştır. S19 için MIT TESS Transients zorlanmış PRF/fark-görüntü fotometrisindeki 30 dakikalık 1151 ölçüm; S59 için 15×15 piksel TESScut küpünden 200 saniyelik özel fotometri kullanılmıştır. S59 ayrıca arka plan, resmî PRF, Gaia komşuları, verinin iki yarısındaki tutarlılık ve enjeksiyon-kurtarma testleriyle denetlenmiştir.

Zamanlar $\text{BJD}_{\text{TDB}} = \text{BJD}_{\text{TDB}} - 2457000$ biçimindedir. $P = 0.525$ gün değeri sonuçtan önce tanımlı bir referans hipotezi olarak $P/2$ ve $2P$ dallarıyla sınanmıştır. Uzun dönemli değişim parça-doğrusal bir bozucu-eğilim modeliyle eşzamanlı çözülmüş; dönemli ve dönemsiz modeller aynı veri ve ağırlıklarla ΔBIC üzerinden karşılaştırılmıştır. S19 ve S59 akıları farklı üretim yöntemlerine sahip olduğundan normalize akı düzeyleri tek bir homojen ışık eğrisi gibi birleştirilmemiştir. Şekillerdeki faz sıfırı fiziksel bir minimum zamanı değildir.

3. Ön değerlendirmeden güncel sonuca

Çalışmadaki ilk Lomb-Scargle incelemesi, S59 kısa penceresinde $P_{\text{LS}} = 0.26248086$ gün tepesini bulmuş ve çift-dalgalı yorum olasılığı nedeniyle $2P_{\text{LS}} = 0.52496172$ gün ile evre katlaması yapmıştır. Güncel denetim, bu veri aralığının $2P = 0.52496$ günlük hipotezin yalnızca yaklaşık 1.9 çevrimini kapsadığını ve kullanılan 0.5 günlük düzeltme ölçeğinin sınanan saatle karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir. Başlangıçtaki dönem yorumu, doğrulanmış bir ölçüm değil, bağımsız verilerle sınanması gereken bir araştırma hipotezi olarak yeniden sınıflandırılmıştır.



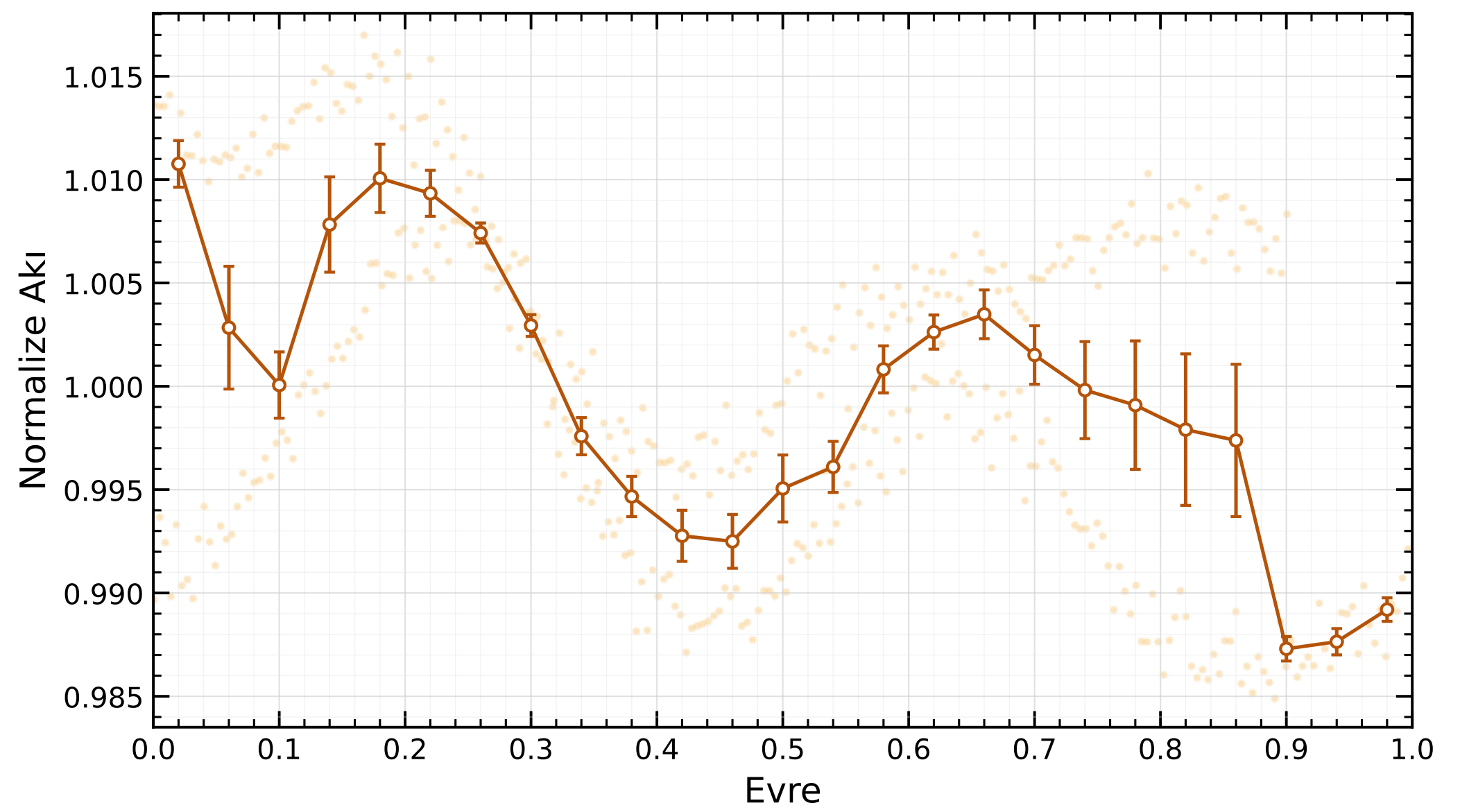
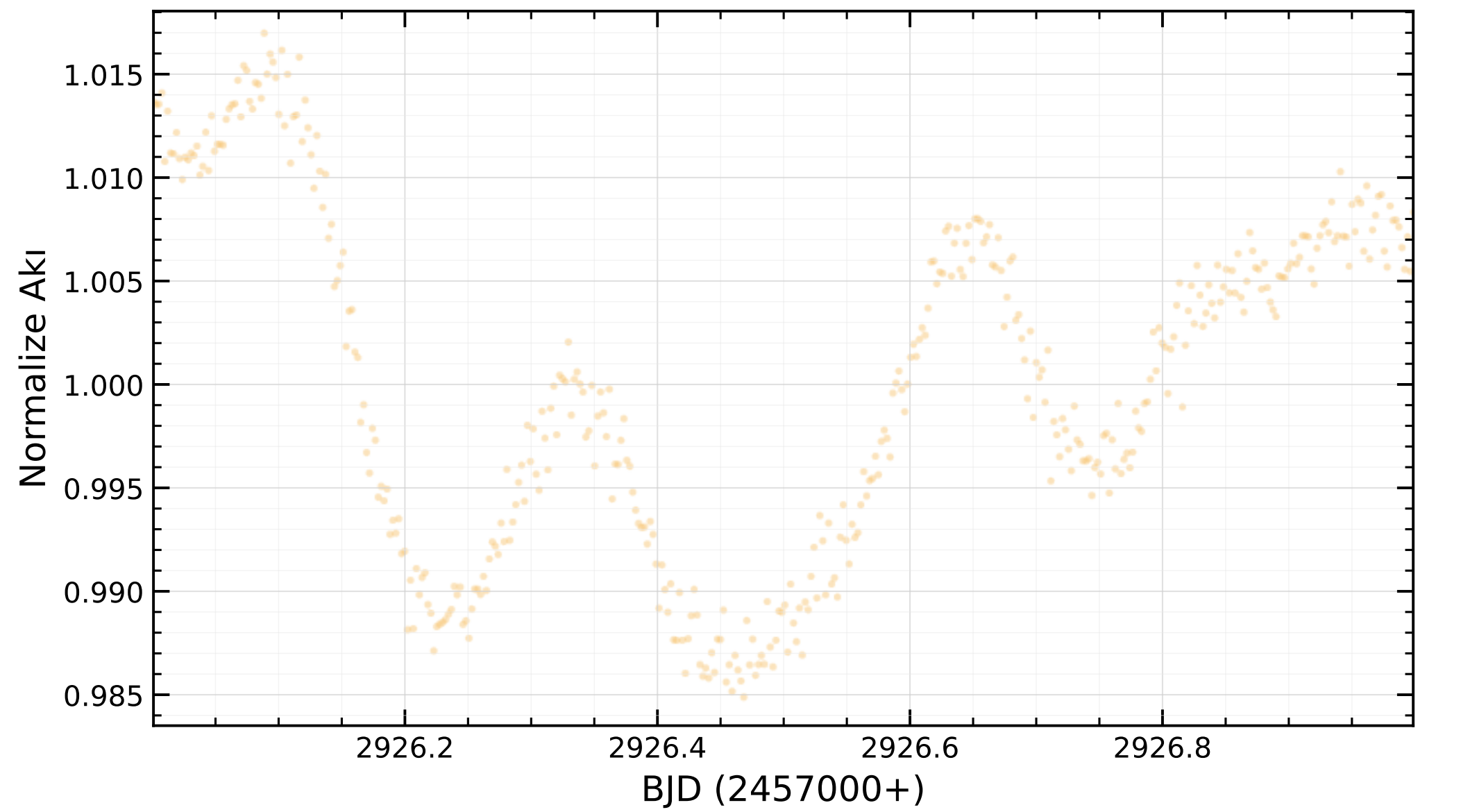
Şekil 1. Sektör 19 zorlanmış PRF/fark-görüntü fotometrisi. Üst panel yaklaşık 25 günlük optik yükselişi, alt panel $P = 0.525$ gün referans hipoteziyle evre katlamasını gösterir. Evre görünümü yörünge dönemi ölçümü değildir; eşzamanlı eğilim modellerinde dönemli bileşen desteklenmemiştir.

4. Bulgular

Tanı	Sonuç ve yorum
S19 zaman aralığı	BTJD 1816.099–1841.140; yaklaşık 25 gün
S19 medyan akı	287.724'ten 320.057 count s^{-1} 'e; oran 1.1124
S19 parlaklık	TESS parlaklığı yaklaşık 14.2926'dan 14.1769'a
S19 $P = 0.525$ gün	$\Delta\text{BIC} = -6.85, -7.49, -9.61$; destek yok
S19 yerelleştirme	Pozitif fark merkezi hedefe 0.857 TESS pikseli uzakta
S59 arka plan	Pearson $r = 0.997162$; $R^2 = 0.994859$
S59 dönem dalları	Arka plan sonrası $\Delta\text{BIC} = -2.67, +1.94, -0.76$
S59 PRF konumu	Genlik tepe noktası hedefe 2.46–2.56 piksel uzakta

S19'da X-ışını keşfinden önce başlayan, hedefle uyumlu erken optik yükseliş güvenilir TESS sonucudur. Bağımsız 2026 TESS çalışması yükseliş başlangıcını $\text{MJD} = 58817.86 \pm 0.09$ olarak modellemiş ve yaklaşık 1 saat–14 gün arasında anlamlı periyodik modülasyon bulmamıştır^[7].

S59'da görülen yaklaşık 0,52496 günlük biçim, AT2019wey'in ölçülmüş yörünge dönemi değildir. Özel çıkarım arka planla güçlü korelasyon göstermekte, periyodik genlik hedef konumuna yerleşmemekte ve sinyal verinin farklı bölümlerinde kararlı kalmamaktadır. Bu nedenle söz konusu değer yalnızca bağımsız fotometrik ve spektroskopik verilerle sınanması gereken bir araştırma hipotezi olarak korunmuştur.



Şekil 2. Sektör 59'un BTJD 2926–2927 kısa kesiti. Üst panel özel çıkarımı, alt panel $P = 0.525$ gün hipoteziyle evre katlamasını gösterir.

5. Sonuç ve tartışma

Bu çalışma kapsamında TESS verisinin en sağlam sonucu, yörünge döneminin ölçülmesi değil, optik yükseliş evresinin izlenmesidir. S19'daki yükseliş güçlü ve literatürle tutarlı sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte X-ışın çiftleirnde sıklıkla görülen sakin ve aktif evreler ve bu evrelerde baskın olan mekanizmalara göre bazen yörünge dönemi kaynaklı değişimler tespit edilebilir bazen de bu değişimler belirsiz olarak karşımıza çıkar. Bu çalışmada da S59 kısa kesitinde görülen yaklaşık 0,525 günlük biçim, arka planla güçlü korelasyon göstermiş ve hedef konumuna yerleşmemiştir. Bu nedenle mevcut TESS verileri temelinde yörünge bir sinyal olarak yorumlanamaz. Bununla birlikte yaklaşık 12,6 saatlik değer, literatürde bildirilen $P_{\text{orb}} < 16$ saat üst sınırıyla çelişmeyen ve bağımsız fotometrik ya da spektroskopik gözlemlerle sınanabilecek bir araştırma hipotezi olarak saklanmıştır. Yörünge dönemi iddiası için birden çok geceye yayılan, yüksek uzaysal çözünürlüklü fotometri, zaman-çözünürlüklü spektroskopi ve S73/S86'da bağımsız hedef-merkezli fark-görüntü/PRF fotometrisi gereklidir.

Kaynaklar

- [1] Remillard, R. A. & McClintock, J. E. (2006), *ARA&A*, 44, 49.
- [2] Casares, J., Jonker, P. G. & Israelian, G. (2017), *X-Ray Binaries*, Springer.
- [3] Yao, Y. et al. (2021), *ApJ*, 920, 120.
- [4] Yadlapalli Yurk, N. et al. (2021), *ApJL*, 909, L27.
- [5] Mereminskiy, I. A. et al. (2022), *A&A*, 661, A32.
- [6] Ricker, G. R. et al. (2015), *JATIS*, 1, 014003.
- [7] Jusino, N., De, K. & Antoni, A. (2026), *RNAAS*, 10, 79.
- [8] Lomb, N. R. (1976), *Ap&SS*, 39, 447.
- [9] Scargle, J. D. (1982), *ApJ*, 263, 835.