

## SWIFT J1626.6-5156 X-ışını Atarcasının Zamanlama ve Tayf Analizi

Sıtkı Çağdaş İnam<sup>1\*</sup>, Burçin İçdem<sup>2</sup>, Altan Baykal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Başkent Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 06530 Ankara

<sup>2</sup> ODTÜ Fizik Bölümü, 06531 Ankara

**Özet** Bu makalede, atım periyodu 15,35s ve yörünge periyodu 132,89gün olan SWIFT J1626.6-5156 X-ışını atarcasının zamanlama ve X-ışını tayf analiz sonuçları sunulmaktadır. Analizi yapılan RXTE gözlemleri MJD 53724 ve MJD 55113 zaman aralığındadır. Bu gözlemlerden yararlanılarak, kaynağın dönüş frekansı zaman serisi elde edilmiştir. Kaynağın atım frekans türevi ile 3-20 keV soğurulmamış X-ışını akısı arasında bir ilinti olduğu da gösterilmiştir. Ayrıca kaynağın X-ışını tayfı çalışılmış ve tayfın X-ışını akısı azaldıkça yumuşadığı bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** kütle aktarımı, kütle aktarım disk, nötron yıldızları, X-ışını çiftleri, SWIFT J1626.6-5156

### 1 Giriş

İlk kez SWIFT Burst Alert Telescope (BAT) tarafından gözlenen SWIFT J1626.6-5126, atım periyodu 15,35s olan bir geçici X-ışını atarcasıdır (Palmer et al. 2005). Bu kaynağın yörünge periyodu ise 132,89 gündür (Baykal et al. 2010). Kaynağın ışık eğrisinde yaklaşık 47 ve 72,5 gün aralığında periyoda sahip değişimler de gözlenmiştir (DeCesar et al. 2009). Kaynağın geçici karakteri düşünüldüğünde Be tipi bir eş yıldıza sahip olması muhtemel görünmektedir. Kesinleşmemiş aday eş yıldız, 2MASS 16263652-5156305 kaynağıdır (Rea et al. 2006). Bu yıldız güçlü bir H- $\alpha$  ışınmasına sahiptir. Aynı zamanda kızılötesi bandında olağandışı sönük olan (J=13.5, H=13, K=12.6) bu olası eş yıldız, bize SWIFT J1626.6-5126 kaynağının bulunduğu çift yıldız sisteminin sıradışı bir X-ışını/Be çifti olduğu fikrini vermektedir.

SWIFT J1626.6-5126 kaynağının Rossi X-ray Timing Explorer (RXTE) üzerindeki Proportional Counter Array (PCA) dedektörleri tarafından MJD 53724 ve MJD 54410 arasında yapılan gözlemleri daha önce çalışıldı (Baykal et al. 2010). Bu çalışmada hem kaynağın zamanlama çözümü bulunarak yörünge parametreleri elde edildi hem de uzun dönemli frekans zaman serisi elde edildi. Ayrıca o çalışmada 47 ve 72.5 gün periyodlu değişimler de incelendi.

Bu makalede, Baykal et al. (2010) tarafından yapılan zamanlama analizini temel alarak, MJD 55113 gününe kadar yapılmış RXTE-PCA gözlemlerini de zamanlama analizi çalışmamıza dahil ettik. Bu zamanlama analizi çalışmasından

\* e-posta: inambaskent.edu.tr

yararlanarak kaynağın frekans türevlerini hesapladık. Aynı zamanda MJD 53724 ve MJD 55113 tarihleri arasındaki RXTE-PCA gözlemlerinden yararlanarak kaynağın X-ışını tayfını da analiz ettik. Makalenin 2. bölümünde kullanılan gözlemlerden bahsedilmektedir. 3. bölümde zamanlama, 4. bölümdeyse X-ışını tayf analizi anlatılmaktadır. 5. bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılacaktır.

## 2 Gözlemler

Bu çalışmada RXTE üzerinde bulunan PCA dedektörlerinin (Jahoda et al. 1996) SWIFT J1626.6-5126 kaynağı gözlemleri çalışılmıştır. Toplam gözlem zamanı yaklaşık 449ks olan bu gözlemler MJD 53724 ve MJD 55113 zaman aralığında yapılmıştır. Her biri 1-2 ks civarında olan toplam 411 gözlem bulunmaktadır. Bu çalışmada daha önce Baykal et al. (2010) tarafından yapılan çalışma genişletilmiş ve kaynağın X-ışını tayfı da konu edilmiştir.

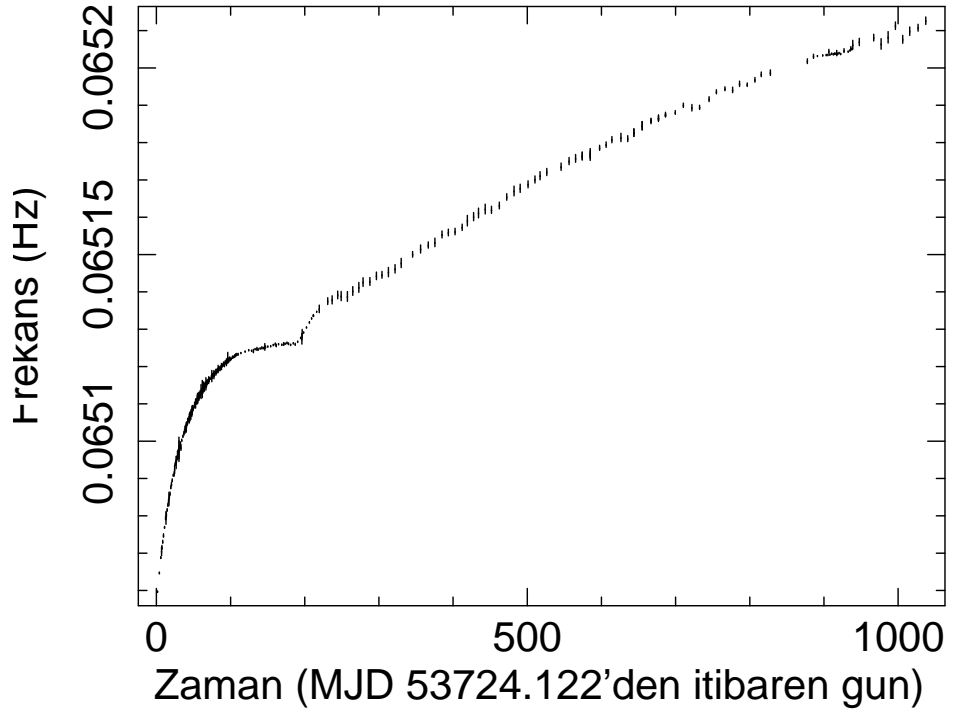
MJD 53964'e kadar olan gözlemler her 2-3 günde bir yapılmış her biri 1-2 ks uzunluğunda olan gözlemlerdir. Daha sonraki gözlemler ise aralarında yaklaşık 0,3-0,6 gün bulunan birbirlerinden yaklaşık 9-10 gün kadar uzak gözlem çiftlerinden oluşmaktadır.

## 3 Zamanlama Analizi

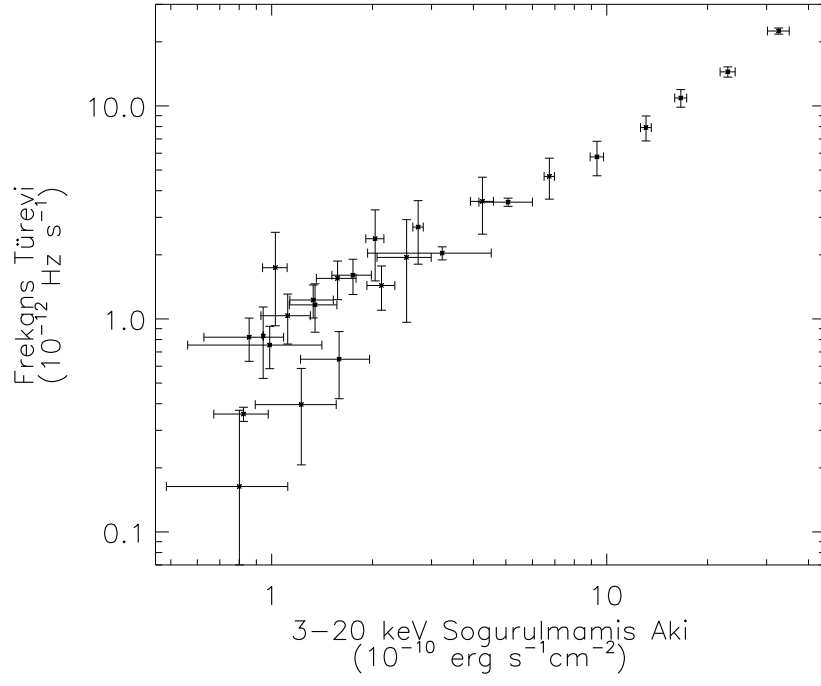
Zamanlama analizi için 3-20 keV enerji aralığında ve 0,375s zaman çözünürlüğüne sahip ışık eğrileri RXTE-PCA GoodXenon verilerinden elde edilmiştir. Işık eğrilerinin arkaplan düzeltilmesi RXTE takımı tarafından sağlanan arkaplan modelleri kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca ışık eğrilerinin zaman kolonlarındaki zaman değerleri Güneş Sistemi kütle merkezi değerlerine dönüştürülmüştür.

Kaynağın MJD 53724 ve 54410 arasındaki atım zamanlama analizi daha önce yapılmış ve bunlara karşılık gelen atım periyotları elde edilmişti (Baykal et al. 2010). Bu çalışmada MJD 54410 ve MJD 55113 aralığındaki gözlemlerin zamanlama analizi için de Baykal et al. (2010) tarafından kullanılan ve atım şekillerinin çapraz ilintisinin harmonik gösteriminden yararlanan metod kullanılmıştır (Deeter & Boynton 1985). MJD  $\sim$  54750'den sonraki gözlemlerin atım şekilleri istatistiksel olarak zayıf oldukları için bu gözlemlerden atım frekansı elde edilememiştir. Şekil 1'de kaynağın genişletilmiş atım frekansı zaman serisi sunulmaktadır. Bu atım frekansları Baykal et al. (2010) tarafından bulunan yörünge parametrelerinden yararlanılarak düzeltilmiştir.

Frekans zaman serisinin  $\sim$  10 – 140 gün uzunluğundaki kısımları doğrulara uydurularak bu zaman aralıklarına karşılık gelen atım frekansı türevleri elde edilmiştir. X-ışını tayfı analizi (bkz. 4. Bölüm) sonucunda da bu zaman aralıklarına denk gelen ortalama 3-20 keV soğurulmamış X-ışını akıları elde edilmiştir. X-ışını akısıyla atım frekansı arasında bir ilinti olduğu bulunmuştur (bkz. Şekil 2).



Şekil 1. SWIFT J1626.6-5126 kaynağının atım frekansı zaman serisi.



**Şekil 2.** Atım frekansı türevinin 3-20 keV soğurulmamış X-ışını akısına göre değişimi.

## 4 X-ışını Tayf Analizi

3-20 keV soğurulmamış X-ışını akı değerlerini elde etmek için, atım frekansı türevleri ölçümlerine karşılık gelen RXTE PCA gözlemlerinden X-ışını tayfları elde edilmiştir. 128 kanallı ve 16s çözünürlüğe sahip Standart-2 kipine sahip veriler bu analizde kullanılmıştır. Tayf, arkaplan ve tepki matris dosyaları FTOOLS 6.9 veri analizi yazılımından yararlanılarak oluşturulmuştur. Tayf modellemesi 3-20 keV enerji aralığına uygulanmış ve %1-%2 sistematik hata, hata değerlerine eklenmiştir.

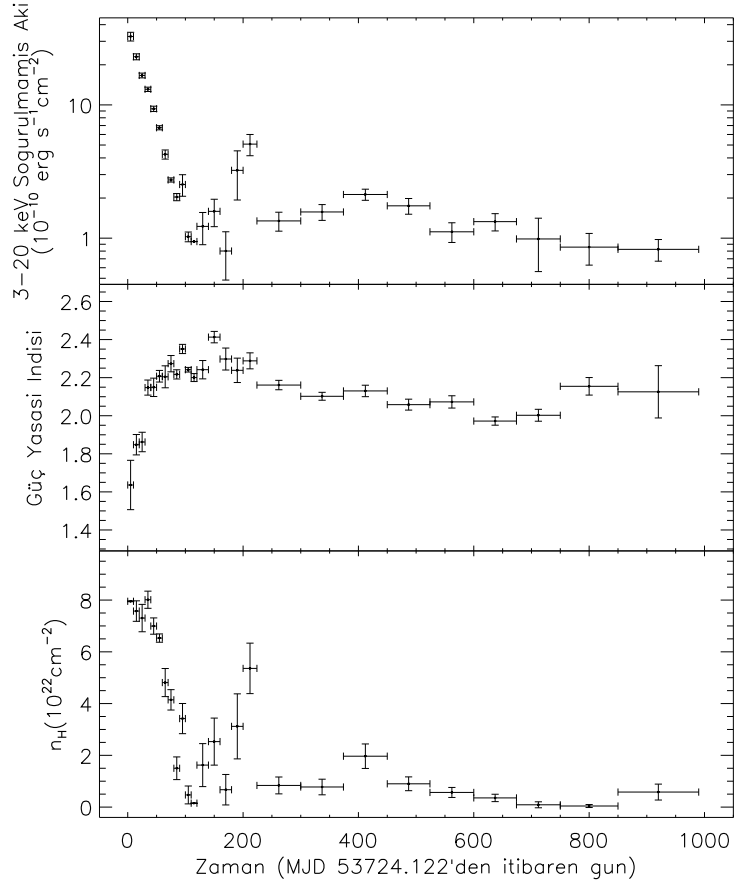
Tayf modellemesi için kesim enerjili ve soğurulmuş güç yasası modeli kullanılmıştır. 6,5 keV civarındaki demir çizgileri Gaussian olarak modellenmiştir. X-ışını akısı, güç yasası indisi ve Hidrojen kolon yoğunluğunun zamana göre değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir. Kaynağın uzun dönemli değişimlerini gösterebilmek için ayrıca 3 tane uzun dönemli X-ışını tayfı da elde edilmiş ve Çizelge 1'de bulunan tayf parametre değerleri listelenmiştir.

**Çizelge 1.** SWIFT J1626.6-5126 kaynağının X-ışını Tayf Parametreleri

Zaman Aralığı (MJD-MJD)	53724-53901	53901-54751	54751-55113
Gözlem Süresi (ks)	227	175	47
$n_H$ ( $10^{22} \text{cm}^{-2}$ )	$6,31 \pm 1,31$	$1,21 \pm 0,76$	0 (fixed)
Güç Yasası İndisi	$1,90 \pm 0,09$	$2,00 \pm 0,05$	$2,43 \pm 0,07$
Güç Yasası Norm. ( $10^{-2} \text{foton.keV}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$37,4 \pm 8,6$	$6,43 \pm 0,82$	$0,93 \pm 0,10$
Demir Çizgisi Tepe Enerjisi (keV)	$6,32 \pm 0,39$	$6,57 \pm 0,11$	$6,58 \pm 0,09$
Demir Çizgisi Sigma (keV)	$1,40 \pm 0,23$	$0,76 \pm 0,12$	0 (fixed)
Demir Çizgisi Norm. ( $10^{-4} \text{foton.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	$66,8 \pm 32,0$	$7,41 \pm 2,41$	$0,69 \pm 0,19$
Kesim Enerjisi (keV)	$12,4 \pm 0,3$	$15,4 \pm 0,5$	$16,1 \pm 13,8$
Katlanma Enerjisi (keV)	$21,7 \pm 2,4$	$10,1 \pm 2,1$	$8,57 \pm 8,50$
Soğurulmamış X-ışını Akısı ( $10^{-10} \text{.ergs.s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ )	$14,1 \pm 0,1$	$1,97 \pm 0,02$	$0,13 \pm 0,13$
İndirgenmiş $\chi^2$ / serbestlik derecesi	0,51 / 32	1,05 / 32	0,65 / 34
Sistematik Hata	%1	%2	-

## 5 Sonuçlar

Şekil 2'de görüldüğü gibi SWIFT J1626.6-5126 X-ışını atarcasının hızlanma oranı ve X-ışını akısı arasında bir ilinti bulunmaktadır. Buna benzer ilinti daha önce başka X-ışını atarcalarında da gözlenmiştir: EXO 2030+375 (Parmar, White & Stella, 1989; Wilson et al. 2002), A0535+26 (Finger, Wilson & Harmon 1996; Bildsten et al. 1997), 2S 1417-62 (Finger, Wilson & Chakrabarty 1996; İnam et al. 2004), GRO J1744-28 (Bildsten et al. 1997), GRO J1750-27 (Scott et al. 1997), 2S 1845-024



**Şekil 3.** 3-20 keV soğurulmamış akı, güç yasası indisi ve Hidrojen kolon yoğunluğunun zamana bağlı değişimi.

(Finger et al. 1999), XTE J1543+568 (in't Zand, Corbet & Marshall 2001), SAX J2103.5+4545 (Baykal et al. 2002; Baykal et al. 2007) and XMMU J054134.7-682550 (İnam et al. 2009). X-ışını atarcalarında gözlenen hızlanma oranı ve X-ışını akısı arasındaki ilinti, bu kaynakların kütle aktarımını ağırlıklı olarak çevrelerindeki kütle aktarım diskleri yoluyla yaptıklarını göstermektedir (Ghosh & Lamb 1979)

Şekil 3'de, güç yasası indisinin X-ışını akısıyla ters ilintili olduğu görülmektedir. Bu, tayfın akı azaldıkça yumuşadığının göstergesidir. Tayfın akının azalması ile yumuşaması X-ışını atarcalarında gözlenen bir olgudur ve kütle aktarım oranının kütle aktarım geometrisi değişmeden değişebileceğinin bir göstergesi olarak ele alınabilir (Meszaros et al. 1983; Harding et al. 1984). Ayrıca Şekil 3'de gözlenen Hidrojen kolon yoğunluğu ve X-ışını akı arasındaki ilinti de kütle aktarım oranının nötron yıldızı çevresindeki madde miktarıyla orantılı olduğunun bir göstergesi olarak düşünülebilir.

## Kaynaklar

- Baykal, A., Stark, M., Swank, J., ApJ, (2002) 569, 903  
Baykal, A., İnam, S.Ç., Stark, M.J., Heffner, C.M., Erkoca, A.E., Swank, J.H., MNRAS, (2007) 374, 1108  
Baykal, A., Göğüş, E., İnam, S.Ç., ApJ, (2010) 711, 1306  
Bildsten L. et al., ApJS, (1997) 113, 367  
DeCesar, M. E., Pottschmidt, K., & Wilms, J., ATel, (2009) 2036  
Deeter, J. E., & Boynton, P. E., in Proc. Inuyama Workshop on Timing Studies of X-ray Sources, ed. S. Hayakawa & F. Nagase (Nagoya: Nagoya Univ.), (1985) 29  
Finger, M. H., Wilson, R. B., Chakrabarty, D., A&ASS, (1996) 120, 209  
Finger, M. H., Wilson, R. B., Harmon, B. A., ApJ, (1996) 459, 288  
Finger, M.H., Bildsten, L., Chakrabarty, D., Prince, T.A., Scott, D.M., Wilson, C.A., Wilson, R.B., Zhang, S.N., ApJ, (1999) 517, 449  
Ghosh, P., Lamb, F.K., 1979, ApJ, 234, 296  
Harding, A.K., Kirk, J.G., Galloway, D.J., Meszaros, P., ApJ, (1984) 278, 369  
İnam, S.Ç., Baykal A., Scott D.M., Finger M., Swank J., MNRAS, (2004) 349, 173  
İnam, S.Ç., Townsend, L.J., McBride, V.A., Baykal, A., Coe, M.J., Corbet, R.H.D., (2009) 395, 1662  
in't Zand, J.J.M., Corbet, R.H.D., Marshall, F.E., ApJ, (2001) 553, L165  
Jahoda, K., Swank, J. H., Giles, A. B., Stark, M. J., Strohmayer, T., Zhang, W., & Morgan, E. H., Proc. SPIE, (1996) 2808, 59  
Meszaros, P., Harding, A.K., Kirk, J.G., Galloway, D.J., ApJ (1983) 266, L33  
Palmer, D. et al., ATel, (2005) 678  
Parmar, A. N., White, N. E., Stella, L., ApJ, (1989) 184, 271  
Rea, N. et al., ATel, (2006) 713  
Scott, D.M., Finger, M.H., Wilson, R.B., Koh, D.T., Prince, T.A., Vaughan, B.A., Chakrabarty, D., ApJ, (1997) 488, 831  
Wilson, C.A., Finger, M.H., Coe, M.J., Laycock, S., Fabregat, J., ApJ, (2002) 570, 287