

X-IŞIN ÇİFTLERİNİN YÜKSEK ENERJİ BÖLGESİNDEKİ UZUN DÖNEMLİ DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Sacit ÖZDEMİR*

Özet : Seçilmiş bazı X-ışın çiftlerinin ışıyım şiddetlerindeki uzun dönemli değişimler, yüksek enerji bölgesinde incelenmiştir. Veriler RXTE uydusu üzerindeki ASM (All Sky Monitor) dedektörüne ait veritabanından sağlanmıştır. İncelenen sistemler, üç ayrı enerji bant aralığında elde edilen ASM ışıyım eğrileri ve renk eğrileri, dönemli ve/veya yarı-dönemli değişimler bakımından analiz edilmiştir. Sistemlerden bazılarında uzun dönemli değişimlerin zamanla dönemlilik doğasını değiştirdiği gözlenirken, iki adet X-ışın çiftinin ise (GX354-0 ve X Per) uzun dönemli değişime sahip olduğu ilk defa ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: X-ışın çiftleri, ASM dedektörü, uzun süreli (süper orbital) dönemlilik

A SEARCH FOR LONG TERM PERIODICITIES OF X-RAY BINARIES IN X-RAY REGION

Abstract : Long term behaviours of a few selected X-ray binaries were studied on the basis of high energy data. The data were collected through the database of All Sky Monitor (ASM) on board of RXTE X-ray satellite. Periodic or quasi periodic variations were investigated by considering ASM's data collected in three energy bands. Some systems involved in this study exhibit time dependent semi-regular variations in their long term monitoring. Super orbital periods of two X-ray binaries (GX354-0 and X Per) were first discovered.

Key words: X-ray binaries, ASM dedector, long term (super orbital) periodicity

* Ahi Evran Üniversitesi, Fizik Bölümü, KIRŞEHİR, sozdemir@ahievran.edu.tr

1. GİRİŞ

X-ışın çiftleri, nötron yıldızı veya kara delikten oluşan bir yoğun yıldız ve aşağı yukarı normal bir yıldızdan oluşmuş çift yıldız sistemleridir. Normal yıldızdan yoğun madde bileşen üzerine akan madde, bu bileşen etrafında birikim diskinin oluşmasına neden olur. Birikim diskinin ve bunun yoğun bileşenle etkileşmesinden, yüksek enerji (X-ışın) bölgesinde ışınım yayınlanır. Normal yıldızın tayfsal türüne göre, büyük kütleli (HMXB) ve düşük kütleli (LMXB) X-ışın çiftleri olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

X-ışın çiftlerinin ışınım şiddetlerinde görülen uzun dönemli değişimler, bu sistemlerin doğası hakkında önemli ipuçları sağlamaktadır. Değişimlerin incelenmesi tüm elektromanyetik bölgelerde (radyodan X-ışınlarına kadar) izlenmekle beraber, özellikle yüksek enerji bölgesindeki veriler birikim diskinin yapısını anlamada çok daha yararlı olmaktadır.

Son yıllarda bazı X-ışın çiftlerinde uzun dönemli değişimlerin varlığı bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmuştur (örn. Sood vd. 2006, Dieters vd. 2005, Body ve Smale 2004, Clarkson vd. 2004 gibi). Sistemin yörünge döneminden daha uzun süreli olan bu değişimlere **süper orbital/yörünge dönemleri** (ya da **üçüncül dönem**) adı verilmektedir. Uzun dönemli süper orbital değişimler için en çok kabul gören fiziksel mekanizma, merkezi X-ışın kaynağının güçlü ışınım basıncı nedeniyle eğilmiş birikim diskinin presesyonu olarak düşünülmektedir (Pettersen 1977). Bunun yanı sıra, presesyon yapan manyetik eksen (Trümper vd. 1986) ve üçüncü cisim etkisi (Chou ve Grindlay 2001) gibi mekanizmalar da öne sürülmüştür.

Literatürde süper orbital döneme sahip olduğu önerilen X-ışın çiftleri arasında, SMC X-1, LMC X-3, LMC X-4, Her X-1, Cyg X-1, Cyg X-2, Cyg X-3, Sgr X-4, V1405 Aql, V662 Cas, V725 Tau ve V572 Pup sayılabilir. Bu çalışmada RXTE X-ışın uydusu üzerinde bulunan ASM dedektörü ile alınmış ~12.5 yıllık veri, uzun dönemli değişimler bakımından 29 adet X-ışın çifti için analiz edilmiştir. İncelenen sistemlerden bazılarının süper orbital dönemlerini zamana bağlı olarak değiştirdikleri veya değişim profillerini değiştirdikleri görülürken, GX354-0 ve X Per'in sırasıyla 9.5 yıl ve 15.7 yıllık süper orbital dönemlere sahip oldukları gösterilmiştir.

2. GÖZLEMLER ve ANALİZ

RXTE X-ışın uydusu üzerinde bulunan ASM (All Sky Monitor) dedektörü günde 70'den fazla X-ışın kaynağının gözlemini yapmaktadır. Bu gözlemler 3 ayrı enerji bandında (1.3-3.0, 3.0-4.8 ve 4.8-12 keV) gerçekleştirilmektedir. Her bir kaynaktan gelen ışınlam, 90 saniyelik integrasyon zamanlarında ("dwell") kaydedilmekte ve ASM'nin anonim veri tabanı arşivine yerleştirilmektedir. İncelenen veriler, Ocak 1996 ile Ağustos 2008 tarihleri arasındaki yaklaşık 12.5 yıllık dönemi kapsamaktadır. ASM dedektörüne ait ayrıntılı bilgi, veri kalibrasyonu ve indirgeme yolları Levine vd. (1996) tarafından verilmiştir.

Üzerinde çalışılan 29 adet X-ışın çiftine ait bazı fiziksel parametreler, Guseinov vd. (2000) ve Liu vd. (2007ab) kataloglarından alınmıştır.

Her biri 1 "dwell" integrasyon zamanıyla tüm bantlarda alınmış olan 12.5 yıllık veriye, uzun dönemli değişimleri görebilmek amacıyla Fast Fourier Transform (FFT) algoritması uygulanmıştır. Bu algoritmayı esas alan Period98 paketi (URL: <http://dsn.astro.univie.ac.at/period98>) veriler üzerine uygulanmıştır. Bunun sonucunda oluşan kuvvet/güç spektrumundaki (PDS) pikler incelenmiştir. PDS'de oluşan power/güç değerleri normalize edilmediğinden, her bir sistem için elde edilen güç değerleri kendine özgü değerlerdir. Bulunan dönemliliklere göre oluşturulan evrelendirilmiş ışık eğrilerinin (EIE), en az 3 çevrim içermesine dikkat edilmiştir. Literatürde süper orbital dönemlilik açısından ele alınan sistemler de dahil olmak üzere, bu çalışmada 29 adet X-ışın çiftine ait güç spektrumlarına dayalı uzun dönemlilikleri incelenmiştir.

SMC X-1 / 0115-737 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 3.^{\text{s}}89$; $P_{\text{puls}} = 0.^{\text{s}}717$) : Süper orbital dönemlilik açısından incelendiğinde karşılaşılabilecek belki de en ilginç sistemdir. Clarkson vd. (2003) RXTE/ASM ve CGRO/BATSE verilerine dayanarak oluşturdukları dinamik güç spektrumundan, SMC X-1'e ait üçüncül dönemin 40 ile 60 gün arasında değişim gösterdiğini ve bu değişimin döneminin yaklaşık 1600 gün olduğunu belirlemişlerdir. Bu değişimin nedenini, eğilmiş birikim diskinin presesyonuna bağlamışlardır. Üzerinde yapılan detaylı çalışmalardan dolayı bu sisteme ait ASM ışık eğrisi alınmasına rağmen güç spektrumu incelenmemiştir.

SMC X-2 / 0053-739 (HMXB) : PDS’da hiçbir belirgin pik yok.

SMC X-3 / 0050-727 (HMXB) : PDS’da hiçbir belirgin pik yok.

1705-440 (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}054?$) : Güç spektrumundaki en kuvvetli pik ($P = 22$) 353 gün’e karşılık geliyor. Evrelendirilmiş ışık eğrisi (EIE) bu döneme göre grafiğe aktarıldığında, tek minimumun oluştuğu ve bir çok bozulmuş sinüs eğrisinin üst üste bindiği bir şekil oluşmaktadır. Oluşan bu şekil, üst üste binen bu sinüs eğrilerinin profillerinin her çevrimde değiştiği izlenimi vermektedir. Toplam 12.5 yıllık verinin bulunduğu EIE’de bu dönem ile, 13 çevrim yer almaktadır. Güç spektrumundaki ikinci kuvvetli pik ($P = 20$) 508 günlük döneme karşılık gelmektedir. Bu döneme göre EIE elde edildiğinde önceki (353 g) dönem ile elde edilene benzer bir yapı görülmekte, sadece oluşan minimumun epöğü kaymaktadır. EIE, bu dönemle, 9 çevrim içermektedir. PDS’de görülen üçüncü güçlü pik ($P = 18$) 453 gün’e karşılık gelmektedir. Bu döneme göre oluşturulan EIE, yüne üsttekilere benzer bir yapı sergilemekle beraber, oluşan minimumun derinliği daha azalmıştır. PDS’de 204 günlük döneme karşılık gelen ($P = 13$) üçüncü bir pik daha mevcuttur. Ancak bu dönem ile EIE elde edildiğinde, son 2.5 yıllık verilerin iptal edilmesi durumunda, bu değişimin (yine yukardaki oluşanlara benzer bir yapıda) hissedildiği görülmektedir.

1957+115 / V1408 Aql (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}389$) : PDS’de güçlü pikler bulunmamakta. En güçlü pikler 522 gün ($P = 0.13$), 709 gün ($P = 0.12$) ve 120 gün ($P = 0.08$)’e karşılık geliyor. Bu dönemlere göre EIE elde edildiğinde, ilk iki döneme göre anlamlı bir değişim profili görülemezken, (ilk 9.8 yıllık veri dikkate alındığında) 120 günlük döneme göre zayıf genlikli bir düzgün sinüs eğrisi oluşmaktadır. Yörünge dönemine karşılık gelen $f = 2.57 \text{ g}^{-1}$ frekansında hiçbir pik görülmüyor.

GX13+1 / 1811-171 (LMXB; $P_{\text{orb}} = 24.^{\text{s}}065$) : Güç spektrumunda, yörünge dönemine karşılık gelen $f = 0.0416 \text{ g}^{-1}$ dışında hiçbir belirgin pik bulunmuyor.

Cir X-1 / 3U1516-56 (LMXB; $P_{\text{orb}} = 16.^{\text{s}}6$) : ASM ışık eğrisinde düzensiz durum/hal/state değişimleri görülüyor. PDS’de en güçlü pik ($P_w = 4000$) 6370 gün’e (17.5 yıl) karşılık gelmektedir. Bu dönem ile EIE çizildiğinde (hal değişimiyle ilgili olabilecek) güçlü bir

sinüs değişimi verdiği görülmektedir. Ancak 12.5 yıllık ASM verisi, tüm değişim döneminin %72'sini kapsadığından ve sistemin hal değişimlerinin etkisi bulunduğundan, bu dönemliliğin onaylanabilmesi için daha uzun süreli gözlemlere ihtiyaç vardır. PDS'deki ikinci güçlü pik ($P_w = 474$) 348 gün'lük döneme karşılık gelmektedir. EIE'de bu dönem, hal değişimiyle ilgili görülmekte olup, düzenli bir değişim profili sergilememektedir. PDS'de 2564 gün'e karşılık gelen ($P_w = 340$) üçüncü güçlü pik, yine hal değişimleriyle ilgili olabileceği gibi, 6370 günlük en güçlü dönemliliğin 1. harmoniği de olabilir. Ayrıca $f = 0.0603 \text{ g}^{-1}$ frekansında ($P_w = 94$ güç değerine sahip) 16.58 gün'lük yörünge dönemi de görülmektedir.

EXO0748-676 / UY Vol (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}159$) : PDS'de belirgin hiçbir dönemlilik görülüyor.

LMC X-4 / 0532-664 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 1.^{\text{s}}4083$; $P_{\text{puls}} = 13.^{\text{s}}498$) : PDS'de 30.35 gün'e karşılık gelen pik en güçlüsü ($P_w = 0.12$). Bu döneme göre EIE, küçük genlikli düzgün bir sinüs eğrisi vermektedir. Yörünge dönemi de $P_w = 0.01$ güç değerinde PDS'de görülebilmektedir.

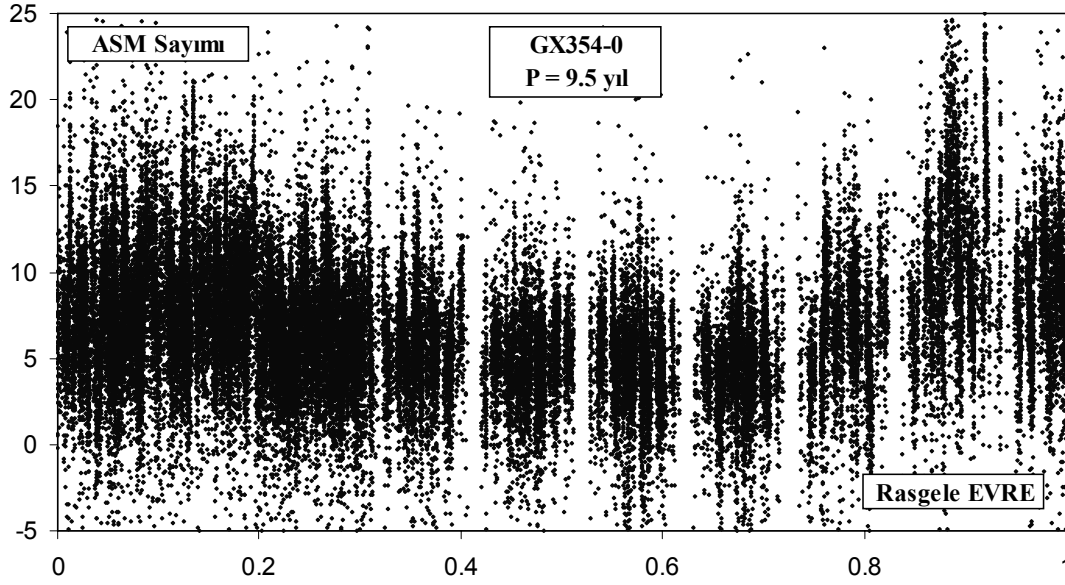
LMC X-3 / 0538-641 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 1.^{\text{s}}7$) : PDS'de bir çok döneme rastlanmaktadır. En güçlü pik 467 gün'e ($P_w = 0.14$) karşılık gelmektedir. EIE bu dönemle, ilk 6.6 yıllık veri esas alınarak (5.2 çevrim) çizdirildiğinde çift pikli yapıya sahip bir sinüs eğrisi veriyorken, 12.5 yıllık tüm veri dikkate alındığında tek minimuma sahip zayıf bir sinüs eğrisine dönüşmektedir. İkinci güçlü pik ($P_w = 0.13$) 305 gün'dür. Bu döneme göre EIE, ilk 3.3 yıllık sürede bozuk bir sinüs eğrisi şeklindeyken, son 5.8 yıllık aralıkta bu profil kaymış halde görülmekte, ortada kalan ~ 3.5 yıllık periyotda değişim göstermemektedir. Aynı durum, 162 gün'lük ($P_w = 0.10$) ve 193 gün'lük ($P_w = 0.09$) dönemler için de geçerlidir. Bunlardan başka PDS'da bulunan 113 gün ($P_w = 0.08$), 592 gün ($P_w = 0.03$) ve 882 gün ($P_w = 0.04$)'lük dönemler de EIE'de farklı profiller şeklinde, farklı aralıklarda hissedilmektedir. Ancak bu çoklu dönemlerden bazılarının, birbirinin harmoniği olma olasılığı vardır.

0535+26 / V725 Tau (HMXB/Be; $P_{\text{orb}} = 111.^{\text{s}}$; $P_{\text{puls}} = 104.^{\text{s}}$) : Literatürde, optik bölgede 103 günlük döneme sahip bir süper orbital dönem bildirilmekle beraber, ASM verisinden türetilen PDS'de hiçbir belirgin dönemlilik görülmemektedir.

Aql X-1 / 1908+005 (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}79$; $P_{\text{puls}} = 0.^{\text{s}}131$) : ASM ışık eğrisinde düzensiz hal/durum geçişleri görülüyor. PDS’da görülen 236 gün ($P_w = 5.3$) ve 472 ($P_w = 4$) gün olan dönemler EIE’de hissedilmemekle beraber, ikinci dönem, yüksek hal geçişleri dikkate alınmadığında çok zayıf biçimde görülmektedir.

1916-053 / V1405 Aql (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}035$) : 755 gün ($P = 0.03$) ve 254 gün ($P = 0.016$) değerleri PDS’da en güçlü pikler olmasına rağmen, bu dönemlere göre çizilen EIE’lerinde hiçbir değişim hissedilmiyor. Literatürde bu sistem için uzun dönemde, quasi/yarı periyodik davranış gösterdiği ve ~83 günlük süper orbital dönemi olduğu belirtilmektedir. Oluşturulan PDS’da bu dönem, zayıf bir pik olarak ($P_w = 0.016$) görülmekle birlikte EIE’de hiçbir değişim hissedilmemektedir.

GX354-0 / 1728-337 (LMXB) : 3485 gün (~9.5 yıl) döneme karşılık gelen frekans en güçlü ($P_w = 4.3$) pike sahiptir. Gerçekten de EIE bu döneme göre çizdirildiğinde, mükemmel bir sinüs eğrisi vermektedir. GX354-0’a ait bu süper orbital dönem ilk defa keşfedilmiştir (bkz. Şekil.1). Bunun dışında PDS’da güç sırasıyla; 416 gün ($P_w = 1.04$), 324 gün ($P_w = 0.61$), 64 gün ($P_w = 0.48$), 52 gün ($P_w = 0.48$), 50 gün ($P_w = 0.31$), 182 gün ($P_w = 0.22$), 77 gün ($P_w = 0.33$) ve 87 gün ($P_w = 0.25$) değerlerine karşılık gelen bir çok dönem görülmektedir. EIE’sinde bu dönemlerle değişim, farklı veri aralıklarında (örn. 87 günlük dönem ilk 2 yıllık veride, 64 günlük dönem ilk 4.4 yıllık veride, 77 günlük dönem ilk 8 yıllık veride) farklı profiller şeklinde görülmekte, değişim şiddetlerinin genliği yüksek enerji bandında (4.8-12 keV) daha da artmaktadır. Hemen belirtmek gerekir ki bu dönemlerden bazıları birbirlerinin harmoniği olabileceği gibi, içlerinden bir tanesi de sistemin henüz bilinmeyen yörünge dönemine de karşılık gelebilir.



Şekil.1. GX354-0 sistemine ait, 3485 günlük döneme göre evrelendirilmiş ASM tüm bant ışık eğrisi. 12.5 yıllık ASM verisi sadece 1.3 çevrim içermektedir.

Sgr X-4 / 1820-303 (LMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}008$) : Bu sistemin 3. bileşeni olduğu Chou ve Grindlay (2001) tarafından gösterilmiştir. PDS’da en güçlü pik ($P_w = 5$) 172 günlük döneme karşılık gelmektedir ki 3. cismin kütle çekim etkisiyle ortaya çıktığı düşünülmektedir. EIE’de bu dönem ilk 7.8 yıllık periyotta (16.5 çevrim boyunca), tek minimuma sahip düzgün bir sinüs eğrisi şeklindedir. Oysa bundan sonraki 2.5 yıllık periyotta (5.3 çevrim boyunca) EIE’nin profili heme hemen aynı kalırken minimumun yeri daha küçük evrelere doğru kaymış görülmektedir. Oysa son 2.3 yıllık aralıkta (4.9 çevrim boyunca), EIE’nin profili (birisi daha sık olmak üzere) çift minimuma sahip bir sinüs eğrisine dönüşürken, daha derin olan minimumun biraz daha küçük evrelere doğru kaymış olduğu görülmektedir. 12.5 yıllık ASM verisi, bu kaymanın tüm periyodunu kapsamamaktadır. Bu presesyonel kaymanın nedeni muhtemelen 3. cisim etkisidir.

Ayrıca PDS’da 117 gün ($P_w = 2.4$), 111 gün ($P_w = 2.1$), 85.5 gün ($P_w = 2.0$), 326 gün ($P_w = 1.7$) ve 54 gün ($P_w = 1.3$) olan dönemlere de rastlanmaktadır. Tüm bu dönemliliklerin, birbirinin harmoniği olma olasılığı bulunmakla beraber, EIE’de farklı zaman aralıklarında farklı profiller sergilemektedirler.

0114+650 / V662 Cas (HMXB; $P_{\text{orb}} = 11.^{\text{s}}59$; $P_{\text{puls}} = 9720^{\text{s}}$) : PDS’da görülen en güçlü pik olan 11.6 gün ($P_w = 0.013$), sistemin yörünge dönemidir. Bu dönem ile EIE çizdirildiğinde, sadece ilk 2.7 yıllık aralıkta (~ 85 çevrim boyunca) değişim çok zayıf hissedilmektedir. İkinci güçlü pik ($P_w = 0.01$) 31 günlük dönem vermekle beraber bu değişim EIE’de 4.8 yıllık aralıkta (56 çevrim boyunca) çok zayıf görülmektedir. Nitekim Farrell vd. (2006) ASM verisine dayalı olarak yaptıkları çalışmada, bu sisteminin 30.7 günlük bir süper orbital döneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca 2.7 saat olarak belirledikleri sisteme ait spin dönemi, oluşturulan ASM güç spektrumunda görülmemektedir; bu dönemin bileşen yıldızının β Cep türü pulsasyon dönemi olma olasılığı da vardır.

0812.4-3114 / V572 Pup (HMXB/Be; $P_{\text{orb}} = 81.^{\text{s}}3$; $P_{\text{puls}} = 31.^{\text{s}}9$) : PDS’daki en güçlü pik ($P_w = 0.006$) 82 günlük dönem vermektedir ki bu zaten sistemin yörünge dönemidir. EIE’de bu değişim sadece ilk 5.8 yıllık aralıkta (26 çevrim boyunca) çok zayıf görülüyor. Bunun dışında PDS’da $\text{Power} < 0.004$ olan 4838 gün, 1612 gün ve 40 günlük dönemlere karşılık gelen pikler de bulunmasına rağmen EIE’de bunların hiç birisi hissedilmemektedir. Ancak 1612 günlük dönemin sistemin disk oluşturma ve dağıtma dönemi olduğu bildirilmektedir.

Cyg X-1 / 1956+350 / V1357 Cyg (HMXB; $P_{\text{orb}} = 5.^{\text{s}}6$) : Üzerinde en çok çalışılan X-ışın çiftlerinden birisidir ve kara delikten oluşan bir yoğun bileşene sahiptir. Sistem düzensiz yüksek (HS) ve düşük (LS) hal geçişleri göstermektedir. Özdemir ve Demircan (2001) tarafından bu sistem uzun dönemlilikler açısından incelenmiştir. Bu çalışmada, sistemin sadece LS durumundayken oluşturduğu RXTE/ASM verileri kullanılarak, 159 günlük bir süper orbital dönem belirlenmiştir. Yani HS geçişleri süper orbital dönemliliği örten bir etki yapmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda ise, Vela 5B ve Ariel 5 X-ışın verilerine dayanarak Friedhorsky vd. (1983), optik verilere dayalı olarak da Kemp vd. (1983), sistemin 294 günlük süper orbital döneme sahip olduğunu göstermişlerdir. Bu çalışmada Cyg X-1’e ait ASM verisi tekrar incelenmemiştir.

Cyg X-2 / 2142+380 / V1341 Cyg (LMXB; $P_{\text{orb}} = 9.^{\text{s}}844$) : PDS’da 69 gün ($P_w = 5.4$), 41 gün ($P_w = 5.3$), 38 gün ($P_w = 4.2$), 81 gün ($P_w = 3.7$) ve 159 gün ($P_w = 3$) (bazıları birbirinin harmoniği olmakla birlikte) dönemlerine rastlanmaktadır. EIE bu dönmelere göre

grafiğe aktarıldığında, farklı zaman aralıklarında farklı değişim profilleri sergilediği görülmektedir. Bu dönemlerden hiçbirisi de, 12.5 yıllık ASM gözlem verisinin tamamında görülememekte olup, sadece (birkaç çevrim boyunca devam eden) kısa zaman periyotlarında görülebilmektedir. Nitekim Cyg X-2 için quazi/yarı periyodik değişim gösterdiği ya da dönemliliğin zamanla “gezinti” yaptığı bildirilmektedir (Paul, Kitamoto ve Makino 2000). Ayrıca PDS’da $0 < f < 0.04 \text{ d}^{-1}$ aralığında $0.5 < P_w < 3$ güç değerleri aralığında bir çok pik görülmektedir.

Cyg X-3 / 2030+407 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 0.^{\text{s}}2$) : PDS’daki 0.2 günlük ($P_w = 26.2$) en güçlü pik sistemin yörünge dönemidir. Bu dönem ile EIE çizildiğinde, farklı veri aralıklarında farklı değişim profilleri oluşmaktadır. Ancak EIE’de her zaman aynı yerde minimum gerçekleşmekte, değişim profili yüksek ve düşük haller arasındaki geçişler şeklinde kendisini göstermektedir. Sistemde düzensiz aralıklarla yüksek (HS) ve düşük (LS) hale geçişler görülmektedir. PDS’da ayrıca 2085 gün ($P_w = 18$), 683 gün ($P_w = 13.4$) ve 201 gün ($P_w = 3.1$) dönemleri de görülmekle beraber bu dönemler, EIE oluşturulduğunda hiçbir düzenli değişim göstermemektedir. Bu pikler muhtemelen sistemin HS $\leftrightarrow$ LS geçişleriyle ilgili olabilir.

0054.9-7226 (HMXB; $P_{\text{puls}} = 59.^{\text{s}}07$) : PDS’da hiçbir belirgin pik yok.

0059.2-7138 (HMXB; $P_{\text{puls}} = 2.^{\text{s}}76$) : PDS’da 7541 günde zayıf bir ($P_w = 0.0033$) pik olmasına rağmen bu dönemle oluşturulan EIE’de değişim görülememektedir.

Cen X-3 / 1119-603 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 2.^{\text{s}}087$; $P_{\text{puls}} = 4.^{\text{s}}818$) : En güçlü pik ($P_w = 7.3$) olan 2.09 günlük dönem, sistemin yörünge dönemine karşılık gelmektedir. Bu döneme göre EIE çizildiğinde, (değişimin düzgün sinüs yapılı profili değişmemekle beraber) ilk 4.5 yıllık süre (780 çevrim) boyunca oluşan minimumun yeri, sonraki 4.7 yıllık sürede (820 çevrim) oluşan minimumun yerine göre daha büyük evrelere doğru kaymış görülmektedir. 1.04 gün ($P_w = 2.5$) dönemi yukardaki yörünge döneminin 1. harmoniği olarak PDS’da görülmektedir. Başka dönemlilik görülmemektedir.

γ Cas / 0053+604 (HMXB; $P_{\text{puls}} = 8136^{\text{s}}$) : PDS’da 96 gün ($P_w = 0.0017$) ve 4132 gün ($P_w = 0.0016$) pikleri görülmesine rağmen EIE’de bunlara ilişkin hiçbir değişim hissedilmemektedir.

SNR 0101-72.4 (HMXB) : PDS’da belirgin hiçbir pik yok.

1538-522 / Nor X-2 (HMXB/Be; $P_{\text{orb}} = 3.^{\text{s}}728$; $P_{\text{puls}} = 530^{\text{s}}$) : PDS’daki en güçlü pik 3.73 gün’e ($P_w = 0.23$) karşılık gelen sistemin yörünge dönemidir. Bu dönemle EIE elde edildiğinde ilk 7.5 yıllık sürede (736 çevrim) oluşan minimumun yeri, sonraki 5 yıllık veriden (494 çevrim) oluşan minimum yerinden farklı çıkmaktadır. Yani minimumun epogu kaymaktadır. Bu etki özellikle yüksek enerji bandında (4.8-12 keV) çok daha belirgindir. 1.87 gün ($P_w = 0.06$) ve 1.245 gün ($P_w = 0.014$) dönemleri ise yörünge döneminin harmonikleri olarak PDS’da görülmektedir.

1907+097 (HMXB/Be; $P_{\text{orb}} = 8.^{\text{s}}37$; $P_{\text{puls}} = 440.^{\text{s}}3$) : PDS’daki en güçlü pik ($P_w = 0.06$) 8.39 gün’lük yörünge dönemine karşılık gelmektedir. 4.205 gün ($P_w = 0.057$) ve 2.79 gün ($P_w = 0.007$) dönemleri ise yörünge döneminin harmonikleridir.

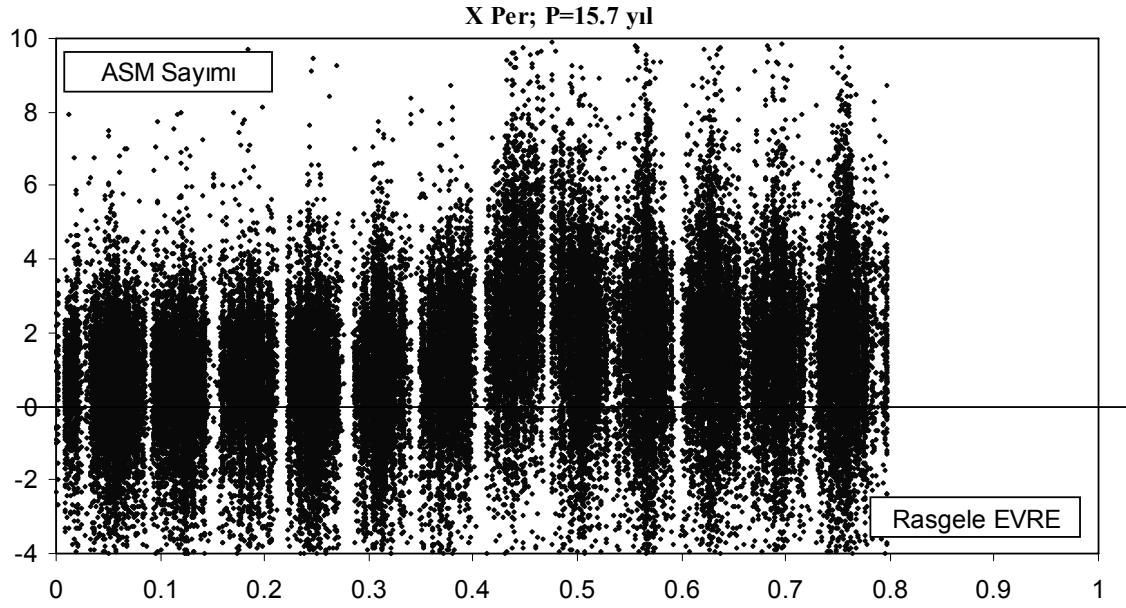
1657-415 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 10.^{\text{s}}4$; $P_{\text{puls}} = 37.^{\text{s}}85$) : PDS’daki en güçlü pik ($P_w = 0.27$) 10.45 gün’lük yörünge dönemine karşılık gelmektedir. 5.23 gün ($P_w = 0.05$)’lük dönem ise yörünge döneminin 1. harmoniğidir.

1417-624 (HMXB; $P_{\text{orb}} > 15.^{\text{s}}$; $P_{\text{puls}} = 17.^{\text{s}}6$) : PDS’da dikkate değer hiçbir pik yok.

GX304-1 / 1258-613 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 133.^{\text{s}}?$; $P_{\text{puls}} = 272.^{\text{s}}?$) : PDS’da dikkate değer hiçbir pik yok.

Her X-1 / 1656+354 / HZ Her (LMXB; $P_{\text{orb}} = 1.^{\text{s}}7$; $P_{\text{puls}} = 1.^{\text{s}}23$) : Üzerinde çok çalışılan X-ışın çiftlerinden birisidir. 35 günlük süper orbital döneme sahip olduğu uzun süredir bilinmektedir (Giacconi vd. 1973).

X Per / 0352+309 (HMXB; $P_{\text{orb}} = 580.^{\text{s}}7$; $P_{\text{puls}} = 836.^{\text{s}}8$) : PDS’deki en güçlü pik ($P_w = 0.68$) 5747 gün = 15.7 yıl dönemini vermektedir. EIE bu döneme göre çizdirildiğinde 15.7 yıllık değişim görülmektedir. X Per sistemine ait bu uzun dönem ilk defa ortaya çıkarılmıştır (bkz. Şekil.2). Ancak 12.5 yıllık ASM verisi bu dönemin ancak %80’ini kapsamaktadır. PDS’da görülen ikinci güçlü pik ($P_w = 0.14$) 345 gün’lük dönem vermektedir. Bu dönemlilik de EIE’de tek maksimuma sahip bir profil şeklinde zayıfça görülmektedir. Eğer bu dönem gerçek ise, bir X-ışın çiftinde rastlanan ilk **sub-orbital** değişim dönemidir. PDS’da, 580.7 günlük yörünge dönemine karşı gelen frekansta hiçbir pik görülmemektedir.



Şekil.2. X Per sistemine ait, 5747 günlük döneme göre evrelendirilmiş ASM tüm bant ışık eğrisi. 12.5 yıllık ASM verisi sadece 0.8 çevrim içermektedir.

3. SONUÇ ve YORUM

Bazı sistemler için PDS’de oluşan çoklu dönemlerden hangisinin veya hangilerinin süper orbital dönem olduğunu söylemek oldukça güçtür (örn. V1408 Aql, 1705-440, LMC X-3, GX354-0, Cyg-2,). Özellikle farklı zaman aralıklarında çizilen EIE farklı değişim profilleri göstermektedir. Ayrıca farklı zamanlarda belirlenen süper orbital dönemlerin farklı olduğu (atlama veya düzenli değişim sergilediği) görülmektedir (örn. Cyg X-1, SMC X-1). Bu tür süper orbital dönem atlamalarının/değişimlerinin görülmesi ve farklı zamanlarda (birkaç yıl içerisinde) farklı değişim profilleri göstermeleri, bu tür değişimler için öne sürülen “eğilmiş disk presasyonu” teorisini yetersiz kılmaktadır.

EIE, aynı dönemlerle farklı veri aralıklarında çizdirildiğinde, oluşan değişim profilinde (veya minimum çukurunda) evre kayması görüldüğü ortaya çıkmıştır (örn. Sgr X-4, SMC X-1, Nor X-2). Bu kayma takip edilerek (ya da dinamik güç spektrumu oluşturularak), süper orbital periyodun hangi dönemle değiştiği tespit edilebilir. X-ışın çiftlerinde görülen süper orbital periyotların da zamanla değiştiği

anlaşılmaktadır. Bu konuda uzun süreli gözlemsel veriye ihtiyaç vardır.

Bundan sonra, X-ışın çiftleri için üçüncül (belki de dördüncül, beşincil) dönemlerin ortaya çıkması çok olası görünmektedir. İlerde hazırlanacak olan X-ışın çiftleri kataloglarında süper orbital/üçüncül dönemlerin de dikkate alınması gerekecektir.

PDS’da bazı pikler görülmesine rağmen (örn. 0059.2-7138, γ Cas) EIE’de bunlara karşılık gelen değişimlerin hissedilmemesi, ASM dedektörünün duyarlık sınırıyla ilgili olmalıdır.

Süper orbital dönemi ve yörünge dönemi bilinen sistemler için oluşturulan $P_{\text{süper_orbital}}/P_{\text{orbital}}$ oranı grafiğe geçirildiğinde hiçbir bölgede kümelenmenin olmadığı, tamamen rasgele dağıldığı görülmektedir. Bu uzun dönemli değişimlere neden olan mekanizmalar i) eğilmiş birikim diskinin ışıyım basıncı etkisiyle (veya 3. cisim gibi başka etkilerle) presesyon yapması, ii) nötron yıldızının manyetik ekseninin presesyonu olarak önerilmektedir. Belki de görülen hızlı dönem değişimlerinin (en azından dönemliliklerden bazılarının) nedeni, sadece presesyon hareketi değil, bunun yanında birikim diskinde oluşan madde kümelenmelerin (veya şekil bozukluklarının) X-ışın kaynağını (veya diskin merkezi bölgelerini) perdelemesi olabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, X-ışın çiftlerinin sadece $\sim 10\%$ ’nin incelenmesiyle ortaya konulmuştur! Bu sistemlerin daha uzun süreli ve daha duyarlı yüksek enerji gözlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü değişimin fiziksel nedeni her ne olursa olsun, kaynağı birikim diskinden gelmektedir.

Teşekkür: Bu çalışmada kullanılan veri, NASA’nın Goddard Uzay Uçuş Merkezi (GSFC) tarafından sağlanan HEASARC arşivinden alınmıştır.

(URL: <http://space.mit.edu/XTE/asmlc/ASM.html>).

Referanslar:

- Body, P.T. ve Smale, A.P. 2004, ApJ 612, 1006
Chou, Y. ve Grindlay, J.E. 2001, ApJ 563, 934
Clarkson, W.I., Charles, P.A., Coe, M.J. vd. 2003, MNRAS 339, 447
Clarkson, W.I., Charles, P.A., Coe, M.J. vd. 2004, Nuclear Physics B
Proceedings Supplements 132, 588
Dieters, S., O'Neill, P., Farrell, S. vd. 2005, Advances in Space
Research 35, 1185
Farrell, S.A., Sood, R.K., O'Neill, P.M. 2006, MNRAS 367, 1457
Giacconi, R. vd. 1973, Ap. J., 184, 227
Guseinov, O. H., Saygac, A. T., Allakhverdiev, A., vd. 2000, AstL 26,
725
Kemp, J.C. vd. 1983, ApJ 271, L65
Levine, A.M., Bradt, H., Cui, W. vd. 1996, ApJ 496, L33
Liu, Q.Z., van Paradijs, J., and van den Heuvel, E.P.J., 2007a
arXiv:0707.0549v1
Liu, Q.Z., van Paradijs, J., and van den Heuvel, E.P.J., 2007b
arXiv:0707.0544v1
Özdemir, S. ve Demircan, O. 2001, Ap&SpSci 278, 319
Paul, B., Kitamoto, S., ve Makino, F. 2000, ApJ 528, 410
Priedhorsky, W.C., Terrel, J. Ve Holt, S.S. 1983, ApJ 270, 233
Petterson, J. 1977, ApJ 218, 783
Sood, R., Farrell, S., O'Neill, P. vd. 2006, 36th COSPAR Scientific
Assembly, #935
Trümper, J., Kahabka, P., Ögelman, H. vd. 1986, ApJ 300, L63