

M101 Sarmal Galaksisinde Gama Işın Patlama Kalıntılarının Araştırılması

Aysun Akyüz¹, Eda Sonbaş^{2,3} ve M.Emin Özel⁴

¹ Cukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Adana

² Adıyaman Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, Adıyaman

³ NASA Goddard Space Flight Center & USRA Maryland, USA

⁴ Çağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Mersin

Özet. TUBITAK Ulusal Gözleminde bulunan yer tabanlı optik teleskop (RTT150) ve onun odak düzlemine takılı TUG Sönük Nesne Tayfölçer ve Kamerası (TFOSC) kullanılarak M101 yakın sarmal galaksisinde bulunan Gama Işın Patlama Kalıntıları (GIPK' lar) araştırılmıştır. O III λ 5007, H β , HeII girişim filtreleri kullanılarak M101 sarmal galaksisinin görüntüleri elde edilmiştir. O III λ 5007/H β , He II/H β çizgi oranlarının yüksek olduğu 15 yayımlı nebula GIPK adayı olarak tespit edilmiştir. Belirlenen GIPK adaylarının pozisyonları galakside bulunan süpernova kalıntıları, gezegenimsi nebulalar etc. gibi diğer yayımlı bulutsuları ve galakside daha önce belirlenen x-ışın nokta kaynakları ile karşılaştırılarak pozisyon uyumuna bakılmıştır. Belirlenen GIPK adaylarından iki tanesinin (2 ve 3 numaralı GIPK adayı) tayfsal gözlemleri yapılmıştır ve geri kalan 13 adayın tayfsal gözlemlerinin tamamlanması planlanmaktadır.

1 Giriş

Gama Işın Patlamaları 10^{51} - 10^{54} erg' lik enerji salınımları ile evrendeki en güçlü elektromanyetik olaylardır. Bu patlamalar yaklaşık günde bir kaç kez oluşan ve bir kaç milisaniye ile birkaç dakika arasında değişen farklı zaman skalaları ile oldukça yoğun 'gama ışın çakmaları' olarak tanımlanmaktadır. Tesadüfen keşfedildikleri 1967 yılından bu güne mekanizmaları çözüm bekleyen gizemli bir problemdir (Klebesadel, Strong & Olson, 1973; Piran, 2004). Patlamaların süreleri ve spektrumları gözönüne alınarak 'Uzun' ve 'Kısa' patlamalar olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. İki saniyeden kısa süreli ($T_{90} < 2$) ve spektrumları daha yüksek enerjili olan patlamalar kısa süreli patlamalar ve iki saniyeden uzun süreli ($T_{90} > 2$) ve spektrumları daha düşük enerjili olan patlamalar uzun süreli patlamalar olarak sınıflandırılmıştır (Kouveliotou ve ark., 1993).

GIP' ların ardından beliren X - ışın (Costa ve ark. 1997), görünür (van Paradijs, 1997), radyo (Frail ve ark. 1997) ve kızılötesi ardıl ışınlarının gözlenmesiyle patlamaları oluşturan farklı ata modelleri öne sürülmüştür. Uzun süreli patlamalar için önerilen ata modeli; kütleli yıldızların merkezlerinin, üzerindeki çok miktarda kütlelen dolay süpernova ile maddesini atamayıp kendi

üzerine geri çökmesi ile tanımlanan çökertici (collapsar) veya hipernova modelidir (Woosley & Heger 2006, Woosley & Bloom 2006). Kısa süreli patlamalar için önerilen ata modelleri ise; nötron yıldızı - nötron yıldızı, kara delik - nötron yıldızı veya beyaz cüce - nötron yıldızı gibi iki yoğun cismin kütle çekimsel dalga yayınıyla ve yörüngesel açısal momentum kaybı sonucu birleşme modelidir (Eichler ve ark. 1989; Fryer ve ark., 1999; Zhang ve Fryer, 2001; Zhang ve Heger, 2003; Zhang ve Meszaros, 2004; Belczynski ve ark. 2006).

GIP' ların çevrelerinin bilinmesi onların atalarının doğasının anlaşılabilmesi için önemlidir. Bu güne kadar yapılan ardıl ışınım gözlemleri bize uzun süreli GIP' ların kozmolojik uzaklıklardaki sönük galaksilerde olduğunu göstermektedir. Elde edilen gözlemsel kanıtlar uzun süreli GIP' lar yoğun bölgelerde olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan birleşen nötron yıldızlarının çoğu yaşlı olmalıdır ve tipik olarak doğdukları yerden uzaklara hareket etmelidir. Böylece yoğun çift senaryosundaki ata yıldızların düşük yoğunluklu bölgelerde olduğu önerilebilir (Bhargavi & Cowsik 2004; Perna ve ark., 2000).

GIP' ların etrafını saran bölgeyi nasıl etkilediğinin anlaşılması onların oluştuğu bölgelerin tahmini kadar önemlidir. Bu nedenle GIP' ların belirgin gözlem özelliklerine sahip kalıntılar bırakması patlamaların bilinmeyen doğaları hakkında daha detaylı bilgi sahibi olmamızı sağlar GIPK' lar için önerilen teoreme göre, patlamanın ardıl ışın yayınına X-ışın ve UV bileşenleri galakside ~ 100 pc' lik yarıçapta $n^{-1/3}$ luk iyonize bir baloncuk oluşturur ($n=1\text{cm}^{-3}$) (Perna ve Loeb, 1998). GIP ardından, süpernova patlamalarında olduğu gibi güçlü bir patlama dalgası ortamda ilerler. İlerleyen dalga ortamın denge durumunu, patlamadan gelen X-ışın ve UV yayınına süresine kıyasla çok kısa sürede değiştirir. Ortamın eski haline dönmesi ise çok daha uzun sürer. Bu da, yakın galaksilerde bir GIP olayı gözleme olasılığının çok düşük olmasına karşın bir GIP kalıntısı bulma olasılığının oldukça yüksek olduğuna işaret etmektedir. n yoğunluklu bir ortamda 10^{52} erg enerjili tipik bir patlama şokunun $[\text{OIII}]\lambda 5007$ yayını çizgilerinden $t \sim 4.6 \times 10^4$ yılda 300 kms^{-1} lik bir hıza ulaşacağı hesaplanabilir. Bu durumda GIP kalıntılarında gelen yayını ~ 35 pc' lik bir bölgede kalıntının etrafını saran yıldızlararası ortamda yayılmakta olan erken GIP ardıl ışınına, radyatif iyonizasyon etkisiyle yoğunlukla etkilenecektir. $t \sim 10^6$ yılda bu yayınının 50 pc lik bir uzaklığa ulaşabileceği teorik olarak öngörülmektedir. Bu aşamada GIP kalıntıları genç ve yayını yapan kalıntılardır. çünkü GIP kalıntılarının enerji salınımı itici olduğundan, kalıntılar oldukça erken evrelerde özgün tayfsal imzalarıyla tanımlanabilirler. Yüksek enerjili ve düşük eğimli (sert) iyonizasyon yayınına itici enerji salınımı GIP kaynaklarına özgüdür ve genç GIP kalıntılarının çoklu süpernova kalıntılarında ayırır.

Atoyan ve ark. (2006) GIP kalıntılarını sıradan süpernova kalıntılarında ayırt edebilecek tayfsal ve uzaysal imzalarının olabileceğini belirtmişler ve yıldızlar arası ortamda relativistik parçacıkların etkileşimleri ve ışınım prosesleri ve dağılımlarının detaylı hesaplamalarıyla GIP kalıntılarının gözlenebilen sinkrotron yayınına olmaksızın güçlü TeV yayıcıları olabileceği olasılığını araştırmışlardır. çalışmalarında Galaksi düzleminde bizden $\sim >10$ kpc uzaklıkta

binlerce yıl önce patlamış GIP kalıntısının HESS ortak çalışmasıyla tesadüfen keşfedilen tanımlanamayan TeV kaynağı ile eşleşebileceğini göstermişlerdir.

Tanvir ve ark. (2005) konuları daha önce belirlenen kısa süreli patlamalarla yakın galaksilerin konumları arasındaki ilişkinliğe iki nokta açışal ilişkinlik fonksiyonunu kullanarak bakmışlar ve kısa süreli patlamaların %10-15 inin düşük kırmızıya kaymalarda olduğunu ($z \approx 0.025$) göstermişlerdir.

Bu çalışmada, M101 (NGC 5457) galaksisindeki GIP kalıntısı olabileceği varsayılan yüksek fotometrik çizgi oranlarına sahip bölgeler TUG da bulunan TFOSC ve girişim filtreleri kullanılarak belirlenmiş ve belirlenen bölgelerden ikisinin (2 numaralı ve 3 numaralı GIPK) tayfsal gözlemleri yapılmıştır. İkinci kısımda, fotometrik ve tayfsal gözlemler ve analizleri tartışılmış ve diğer yayımlar bulutsuları ile pozisyon uyumuna bakılmıştır. Sonuçlar ve tartışma üçüncü kısımda sunulmuştur.

2 Gözlemler ve veri analizi

2.1 Fotometrik gözlemler

M101 galaksisinin fotometrik gözlemleri TUG da bulunan RTT150 cm teleskopa takılı TFOSC ve girişim filtreleri kullanılarak Mayıs - Haziran 2008 ve Eylül 2009 tarihlerinde yapılmıştır. Seçtiğimiz M101 galaksisinin genel özellikleri çizelge 1 de gösterilmektedir. 2048×2048 piksel olan CCD görüntülerimiz $13' \times 13'$ büyüklüğünde alanı kaplamaktadır. Girişim filtrelerinin özellikleri ve galaksinin gözlem bilgileri sırasıyla çizelge 2 ve 3 de verilmektedir.

Veriler LINUX işletim sisteminde ESO-MIDAS(The European Southern Observatory Munich Image Data Analysis System) paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. [O III] $\lambda\lambda 4363,5007$, [O II] $\lambda\lambda 3727,3729$, He II $\lambda 4686$ ve H β sürekli filtreleriyle alınan her bir görüntü için standart veri indirgeme işlemleri olan bias çıkarılması (0 poz süreli okuma), düz alan (flat fielded) ve yönlendirme (alignment) yapılmış ve sonra her bir filtreye ait toplam görüntüyü elde etmek üzere toplanmıştır. Butün bu işlemlerden sonra elde edilen toplam görüntülerden yıldız ışığını çıkarabilmek için bunlara ait sürekli ışımaların çıkarılması gerekmektedir. Sürekli ışımaları çıkarılan görüntülerden kozmik ışınlar temizlenmiş ve *world koordinat sistemi* bilgisi görüntülerin *header*' larına eklenmiştir. Pozisyonların uyumu USNO A2.0 (Monet ve ark. 1998) kataloğundaki yıldızlar kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen temizlenmiş görüntülerde yıldız, HII bölgesi, SNK gibi koordinatları bilinen objelerin olamayacağı GIP kalıntı adayları belirlenmiştir. şekil 1 de belirlenen GIPK adaylarının pozisyonları M101 galaksisinin DSS (Digital Sky Survey) görüntüsü üzerinde gösterilmektedir.

2.2 Tayf gözlemleri

Belirlenen GIPK adaylarının [O III] $\lambda 5007$ /H β ve He II $\lambda 4686$ /H β oran değerlerinin daha hassas hesaplanarak kalıntıların doğasının daha iyi belirlenmesi için tayfsal gözlemleri yapılmıştır. Tayf gözlemleri TFOSC ile yapılmıştır.

Gözlemlerde 12 \AA çözünürlüklü $3230\text{-}9120 \text{ \AA}$ dalgaboyu aralığını kapsayan grism ve $1''$ genişliğinde slit kullanılmıştır.

Standart veri indirgeme işlemleri olan düz alan (flat fielded) ve dalgaboyu kalibrasyonları ile Galaktik sönmleme (Cardelli ve ark. 1989) IDL kodları ve IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Akı kalibrasyonları için Oke (1974) ve Stone (1977) kataloglarından standart yıldızlar seçilerek gözlenmiştir. IRAF ta bulunan *splot* rutini kullanılarak kalıntıların yayının çizgi akıları hesaplanmıştır. Belirlenen GIPK adaylarının pozisyonları çizelge 4 de verilmektedir.

3 Sonuçlar ve tartışma

Perna, Raymond & Loeb (2000) de belirtilen tekniğe göre, GIPK adayları sürekli ışına çıkarılmış $[\text{OIII}]\lambda 5007$ görüntüsü ve sürekli ışına çıkarılmış $\text{H}\beta$ görüntülerinin oranlanmasıyla belirlenmiştir. Oran görüntüsündeki parlak bölgeler GIPK adayı olarak belirlenmiştir (Sekil 2). Belirlenen kalıntı adayları galaksideki H II bölgeleri, süpernova kalıntıları ve gezegenimsi bulutsular gibi diğer yayın yapan bölgeler ile karşılaştırılarak pozisyon uyumuna bakılmış ve herhangi bir pozisyon uyumu görülmemiştir. Sonuç olarak M101 galaksisinde TUG' da yapılan gözlemler sonucu $[\text{O III}]\lambda 5007/\text{H}\beta$ ve $\text{HeII}\lambda 4686/\text{H}\beta$ kriterleri temel alınarak 15 bulutsu GIPK adayı olarak belirlenmiştir. Fotometrik gözlemlerle tespit edilen GIPK adaylarının onaylanması için tayfsal gözlemleri yapılmıştır. Simdiye kadar yapılan gözlemlerde sadece iki tane (GIPK2 ve GIPK3) adayın tayfsal gözlemleri yapılabilmektedir. Gözlenen iki adayın tayfları Sekil 3 de gösterilmektedir. Tayfsal gözlemler sonucu elde edilen çizgi akılarının $\text{H}\beta$ ya göre değerleri, E_{B-V} değerleri çizelge 5 de verilmektedir. Yakın galaksilerde bulunan GIPK' ların optik gözlemlerle araştırılması devam eden bir projedir. TUG' da bulunan RTT150 cm teleskop ile önümüzdeki gözlem dönemlerinde geriye kalan 13 adayın tayf gözlemleri yapılması ve ilk kez yapılan böyle bir araştırmanın sonuçlarının ayrıntılı tartışılması planlanmaktadır.

References

- ATOYAN, A.M. ve ark. 2006. ApJ. Vol. 642, Issue 2, p. L153-L156.
BELCZYNSKI, K. ve ark. 2006. ApJ. Volume 648, Issue 2, pp 1110-1116
BHARGAVI ve ark. 2004. Third Rome Workshop on Gamma-Ray Bursts in the Afterglow Era ASP Conference Series, Vol. 312, p. 283
CARDELLI, J. A. ve ark. 1989 ApJ. 345, 245
COSTA, E. ve ark. 1997. Nature, 387, 783
EICHLER, D. ve ark. 1989. Nature, vol. 340, p. 126-128.
FRAIL, D. A. ve ark. 1997. Nature 389, 261-263.
FRYER, C. L. 1999. ApJ, Volume 522, Issue 1, pp. 413-418.
KLEBESADEL, R. W.; STRONG, I. B.; OLSON, R. A., 1973. Bulletin of The American Astronomical Society, Vol.5, p. 322.
KOUVELIOTOU, C.ve ark. 1993. ApJ. vol. 413, no. 2, p. L101-L104.
MONET, D. ve ark. 1998. CDS/ADC Collection of Electronic Catalogues, 1252.

- OKE, J. B. 1974. ApJS, 27, 21.
PERNA, R. ve ark. 2000. ApJ, Vol. 533, Issue 2, pp.658-669.
PERNA, R. & LOEB, A. 1998, ApJ, 501, 467.
PIRAN, T. 2004 astro-ph/0405503
STONE, R. P. S. 1977. ApJ, 218, 767
TANVIR, N. R. ve ark. Nature Vol. 438, Issue 7070, pp. 991-993.
VAN PARADIJS, J. ve ark. 1997. Nature, 386, 686-689.
WOOSLEY, S. E. & HEGER, A. 2006. ApJ. 637, 914-921
WOOSLEY, S. E. & BLOOM, J. S. 2006. A&A, vol. 44, Issue 1, pp.507-556
ZHANG, W. & FRYER, L., 2001 ApJ. vol. 550, Issue 1, pp.357-367.
ZHANG, B. & MESZAROS, P. 2004. Int. J. Mod. Phys. A19 2385-2472

Çizelge 1. M101 (NGC 5457) galaksisinin özellikleri

Galaksi	RA J 2000	DEC J2000	Tip Eğim Açısı (derece)	Uzaklık (Mpc)
M101 (NGC 5457)	14:03:12.5	+54:20:53	Scd 0	5.4 (Matonick ve ark. 1997)

Çizelge 2. Girişim filtrelerinin karakteristik özellikleri

Filtreler	Dalgaboyu $\lambda(\text{Å})$	FWHM (Å)
OIII	4363	50
OIII	5007	56
OII	3727	50
HeII	4686	50
H β	4861	50
H α	6563	80
B (Blue)	5125	44
H α sürekli	6446	123

Çizelge 3. M101 galaksisinin gözlem özellikleri

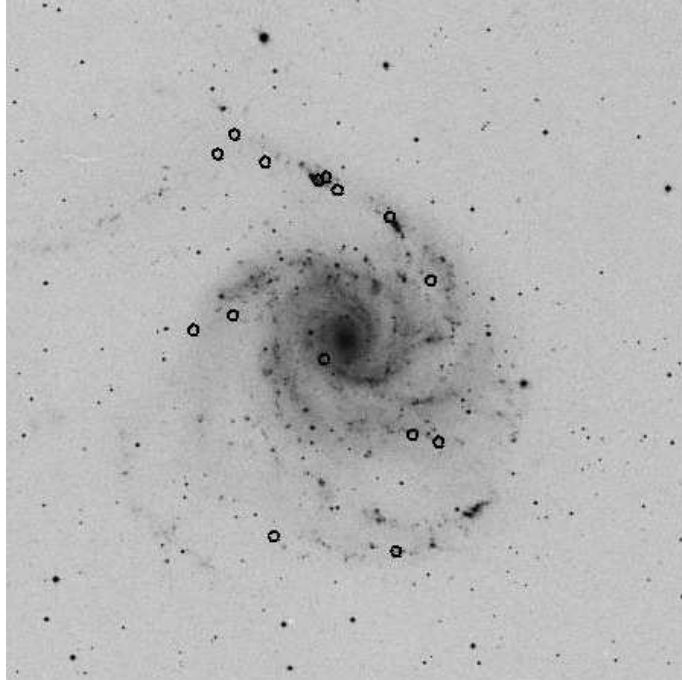
Filtreler	Tarih	Poz Süresi(s)
[OIII] λ 5007	13 Mayıs 2008	1200×3
	22 Eylül 2009	1200×3
HeII	20 Haziran 2008	1200×3
	22 Eylül 2009	1200×2
	23 Eylül 2009	1200×1
H β	13 Mayıs 2008	1200×3
	22 Eylül 2009	1200×3
H α	20 Haziran 2008	1200×3
Mavi	13 Mayıs 2008	600×1
	20 Haziran 2008	600×1
	23 Eylül 2009	600×1 + 300×1
H α sürekli ısımm	20 Haziran 2008	600×1
	23 Eylül 2009	600×1 + 300×1

Çizelge 4. M101 (NGC 5457) galaksisinde belirlenen GIPK adayları

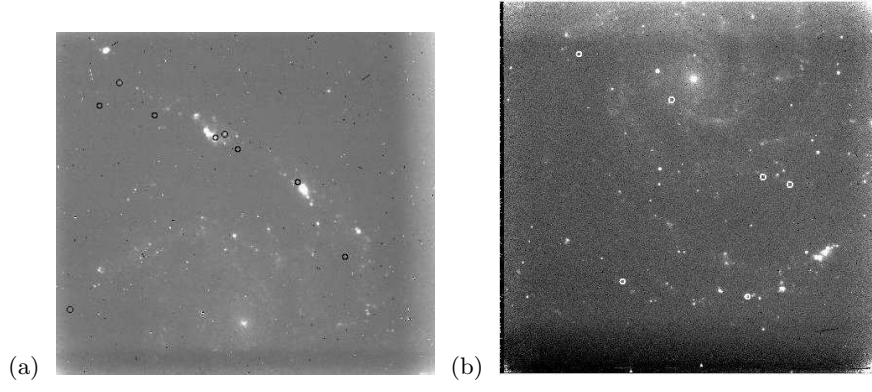
No	RA J2000	DEC J2000
1	14:03:18.7	+54:25:00.5
2	14:02:22.7	+54:23:34.7
3	14:02:18.8	+54:19:06.5
4	14:02:46.3	+54:17:32.6
5	14:02:48.2	+54:18:29.0
6	14:03:07.3	+54:21:42.3
7	14:04:04.3	+54:24:52.8
8	14:03:59.4	+54:25:30.7
9	14:03:57.3	+54:23:46.5
10	14:03:43.07	+54:19:15.0
11	14:03:53.3	+54:21:34.2
12	14:03:52.6	+54:21:50.3
13	14:03:50.0	+54:21:09.1
14	14:03:15.0	+54:26:27.9
15	14:03:27.0	+54:17:45.5

Çizelge 5. GIPK adaylarının tayfsal gözlemlerinden elde edilen akı değerlerinin $H\beta$ ya göre değerleri

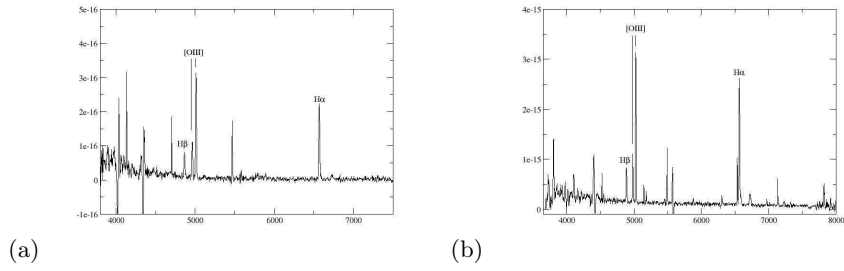
Cizgi	GIPK2	GIPK3
$H\beta$	100	100
OIII(λ 4959)	149	144.5
OIII(λ 5007)	465	499
He(λ 5876)	12	23
$H\alpha$ (λ 6563)	340	450
SII(λ 6716)	23	31
SII(λ 6731)	14	60
E_{B-V}	0.009	0.009



Şek. 1. DSS (Digitized Sky Survey) alınan M101 görüntüsü üzerinde belirlenen 15 GIPK adayı (siyah daireler) gösterilmektedir.



Şek. 2. OIII λ 5007 görüntüsü üzerinde GIPK' ların pozisyonları M101 galaksisinin a) üst ve b) alt bölgesi



Şek. 3. RTT150 teleskopu ile elde edilen a) GIPK2 ve b) GIPK3' ün optik tayfları.