

Aktif Galaktik Çekirdek B2 1520+31' in Fermi - LAT Teleskopu ile Gözlemi

Hüsne DERELİ* ve Aysun AKYÜZ

Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü, Adana

Özet Bu çalışmada, düz spectrum radyo kuazarı olarak bilinen B2 1520 +31 kaynağının, Fermi - LAT teleskopu ile 4 Ağustos 2008 - 25 Ocak 2010 tarihleri arasında alınan verileri standart likelihood methodu kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analiz sonucu kaynağın gama ışın enerji spekturumu ve ışık eğrisi elde edilmiş ve spektrumuna en iyi uyum veren modelin basit güç yasası olduğu sonucuna varılmıştır.

Abstract *In this work, we have analyzed the data between 2008 August 4 and 2010 January 25 of Fermi-LAT of the quasar B2 1520+131, also known as Flat Spectrum Radio Quasar, using Maksimum Likelihood technique. We have obtained a light curve and energy spectrum of gamma-ray of this source and concluded that the simple power-law is the best-fit model.*

1 GİRİŞ

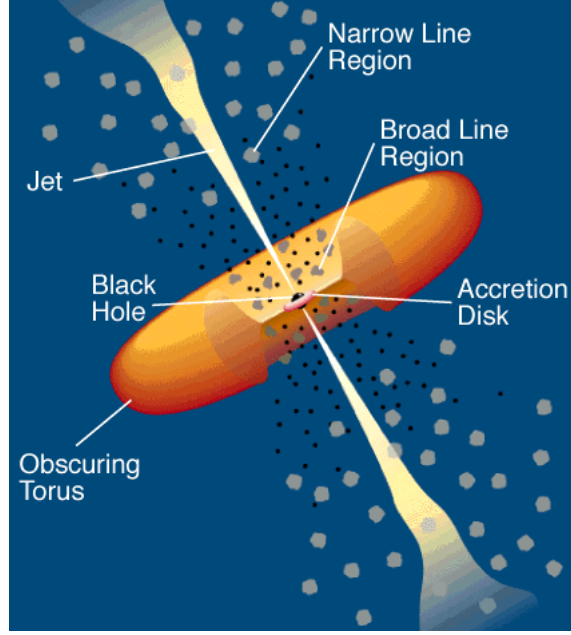
Galaksiler, karşılıklı kütle çekim etkisi ile bir arada bulunan yıldız guruplardan ve yıldızlar arası gaz ve tozlardan oluşan büyük yapılardır. Bu yapılar, normal galaksiler ve aktif galaksiler olarak iki genel sınıfta toplanabilir. Normal galaksiler ve aktif galaksiler arasındaki temel farklar şu şekilde özetlenebilir: i) Bir aktif galaksinin toplam ışımaya gücü aynı tip normal bir galaksiden daha büyüktür. ii) Normal bir galaksinin toplam ışımaya gücü esas olarak yıldızlarının toplam ışımaya gücüne eşittir. Bununla beraber aktif galaksilerin toplam ışımaya gücü, yıldızların dışında diğer kaynaklardan geldiğinin göstergesi olan ısısal olmayan yada yıldızsal olmayan bir tayfa sahiptir.

Normal galaksiler genel olarak radyo bölgesinden görünür ışığa kadar yayınım yaparken, aktif galaksiler tüm elektromanyetik spektrumda yayınım yapmaktadır. Aktif galaksiler, güneşin trilyonlarca gücüne eşdeğer olarak parlayan muazzam enerjisinin kaynağı olan bir çekirdeğe sahiptir. Bu yüzden bu galaksiler Aktif Galaktik Çekirdekler (AGÇ) olarak tanımlanır. Bu galaksilerin merkezinde yaklaşık olarak ışık hızında zıt yönlerde madde jetleri çıkaran süper kütleli bir kara delik olduğuna inanılmaktadır. Şekil 1' deki diyagramda gösterildiği gibi, jetlere dik bir düzlemde kara delik etrafında bir yığılma diski uzanmaktadır. Yığılma diskini çevreleyen materyal bir torus (simit) formundadır.

AGÇ' ler, 10^{48} ergs/s kadar varan çok büyük bolometrik ışımaya güçlerine sahip uzun ömürlü kaynaklardır. AGÇ' lerin gözlenen özelliklerini oluşturan

* husnedere@gmail.com

mekanizmanın, sıkı (kompakt) bir cisim üzerine yığılan maddeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sıkı cismin kütlesi $10^6 - 10^9 M_{\odot}$ civarında hesaplanmaktadır. Yüksek kızıla kayma değerlerine sahip olan AGÇ' ler kozmoloji çalışmalarında önemli rol oynamaktadır (Lehnert, 2010).



Şekil 1. AGÇ' lerin şematik diyagramı (Urry and Padovani, 1995)

Compton Gama Işın Teleskopunun üzerinde bulunan EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment Telescope), blazar olarak tanımlanan 66 yüksek güvenilirlikli gama ışın kaynağını tespit etmiştir (Mattox, 2001). Fermi Gama-ışın Uzay Teleskopu (FGST) ile bu sayının artması beklenmektedir.

2 Fermi Gama-ışın Uzay Teleskopu (FGST)

Tarihsel olarak gama ışınlarını algılama yöntemleri farklılık göstermektedir. Bunlar; yönlendiriciler ile görüntüleme (OSO-3, SMM, GRIS, ve OSSE teleskopları), modülasyon teknikleri ile görüntüleme (SIGMA ve INTEGRAL teleskopları), Compton (COMPTEL teleskop) ve çift - izleme (SAS-2, COS-B, EGRET, AGILE teleskopları) yöntemleri şeklinde sınıflandırılabilir. 11 Haziran 2008 tarihinde gönderilen FGST ise çift - izleme tekniği ile gama ışınlarını algılamaktadır.

FGST' nin normal bilimsel çalışmaları fırlatılmasından iki ay sonra başlamış, görev süresi 5 yıl olarak belirlenmiş ve bu sürenin 10 yıla kadar uzatılması hedeflenmiştir. Bu teleskop, Şekil 2 de görüldüğü gibi iki temel dedektörden

oluşmaktadır. Üst kısımda bulunan LAT (Large Area Telescope) çok yüksek enerjilerde gama ışınlarını algılamak için, alt kısımda bulunan GBM (Gamma-ray Burst Monitor) 8 keV ve 40 MeV enerji aralığındaki geçici kaynakların yüksek enerjili X-ışınlarına ve gama ışınlarına duyarlıdır (Atwood, 2009).



Şekil 2. Fermi Gama-ışın Uzay Teleskopu

3 Kuazar B2 1520+31

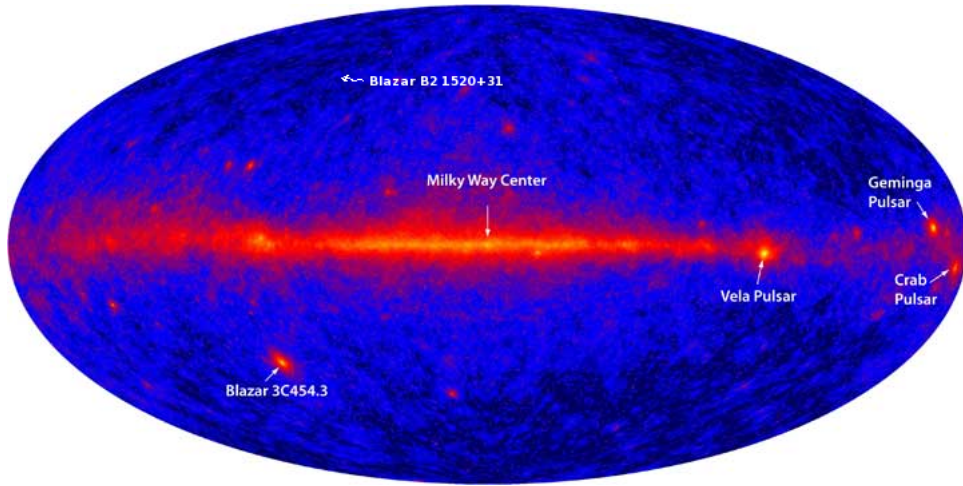
AGÇ' ler büyük ölçekte; gözlemci ve cisim arasındaki açıya, cismin kütlelerine ve kara delik etrafında ne kadar kütle ivmelendiğine bağlı olarak sınıflandırılırken, daha küçük ölçeklerde galaksiler arasındaki özelliklere bağlı olarak farklı alt gruplar oluşmaktadır. AGÇ' ler, radyo ışınları yapan ve yapmayan kaynaklar olarak iki genel sınıfa ayrılırlar. Radyo ışınları yapan AGÇ' ler sınıfından bir bölümü "blazar" olarak adlandırılır. Bu kaynaktan çıkan jetlerin yönü bakış doğrultumuza çok yakın olup galaksi-ötesi yüksek enerjilerin kaynağı olduğu bilinmektedir.

AGÇ' lerin genel sınıflandırılması Şekil 3 de gösterilmektedir. Bu çalışmada incelediğimiz kaynak, B2 1520+31, blazar grubu içindeki düz spektrum radio kuazarı (FSRQ) sınıfının bir alt sınıfı olan Optiksel Şiddetli Değişken (OVV) grubunda yer almaktadır.

B2 1520+31, 1.487'lik bir kırmızıya kayma değerine sahiptir (Cutini and Elizabeth 2009). Şekil 4 de Fermi - LAT teleskopunun ilk 95 (~ 4 gün) saatte aldığı veriler ile oluşturulan tüm uzay görüntüsünde incelediğimiz kuazarın konumu işaretlenmiştir. Bu kaynağın akısı $\sim 1.9 \pm 0.7 \times 10^{-6}$ ph $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak belirlenmiş olup bu değer, ilk parlak AGÇ kataloğundaki tüm kaynakların ortalama akı değerinin yaklaşık 4 katıdır (Abdo, 2009).

AGN		Type 2 (Narrow Line)	Type 1 (Broad Line)	Type 0 (unusual spectra)
Black Hole Spin? ↓	Radio quiet	Seyfert 2	Seyfert 1 QSO	
	Radio loud	NLRG { FR I FR II	BLRG { SSRQ FSRQ	Blazars { BL Lacs (FSRQ) (OVV) = (B2 1520+31)
		decreasing angle to the line of sight ⇒		

Şekil 3. Aktif galaktik çekirdeklerin sınıflandırması (Buson, 2009)



Şekil 4. B2 1520+31 kaynağında içeren Fermi-LAT gama-ışın görüntüsü RA: 230.54, Dec:+31.73 (Beasley, 2002)

4 B2 1520+31 Kaynağının Veri Analizi

LAT dedektörünün çalışma prensipi genel olarak > 1 MeV enerjili fotonların tungsten dönüştürücülerinde etkileşerek elektron - pozitron çiftine ayrılması ve oluşan bu parçacıkların kalorimetrede (CsI) enerjilerinin ölçülmesi ve böylece fotonların geliş yönünün ve enerjilerinin hesaplanması şeklinde özetlenebilir.

Bu çalışma da, LAT verileri standart veri analiz paketi ScienceTools v.9.r12 kullanarak analiz edildi ¹. B2 1520+31 kuazarının gama ışın yayılım özellikleri çalışıldı. Bu kaynağın 100 MeV ile 300 GeV enerji aralığında yaklaşık 17 aylık verileri likelihood-unbinned data (binlenmemiş data) yöntemi ile analiz edildi. Model parametrelerini belirlemek için kaynağa basit güç yasası (simple power law (SPL)) ve kırık güç yasası (broken power-law (BPL)) modelleri uygulandı ². Veri analizinde kullanılan modellerde; nokta kaynak, galaktik ve yaygın kaynaklar ve seçilen alanda bulunan diğer kaynaklar dikkate alındı.

Şekil 5 de tüm veriler beş farklı enerji aralığında: 100-300 MeV, 300-1000 MeV, 1-3 GeV, 3-10 GeV, 10-100 GeV, SPL modeli kullanarak ve 100 MeV ile 300 GeV enerji aralığında SPL ve BPL modelleri kullanılarak analiz edildi. Her iki modelde elde edilen model parametreleri Çizelge 1 ve Çizelge 2 de verilmektedir.

Çizelge 1. Kırık güç yasası model parametreleri

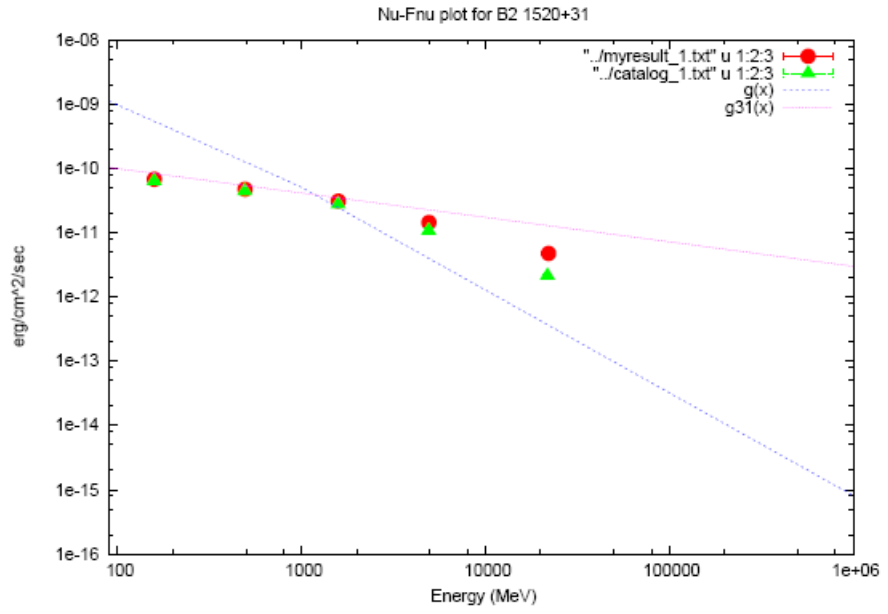
Enerji bandı	100 MeV $<$ E $<$ 300 GeV
Akı (E>100)	(4.307 +/- 0.082) E ^{-γ} ph/cm ² /s
γ_1	-2.278 +/- 0.024
γ_2	-2.604 +/- 0.044
E _b	1.21 +/- 0.107 GeV
TS	14444.3
-log(likelihood)	2334872.716

Çizelge 2. Basit güç yasası model parametreleri

Enerji bandı	100 MeV $<$ E $<$ 300 GeV
Akı (E>100)	(0.187 +/- 0.0069) E ^{-γ} ph/cm ² /s
γ	-2.384 +/- 0.013
TS	14666.6
-log(likelihood)	23333614.152

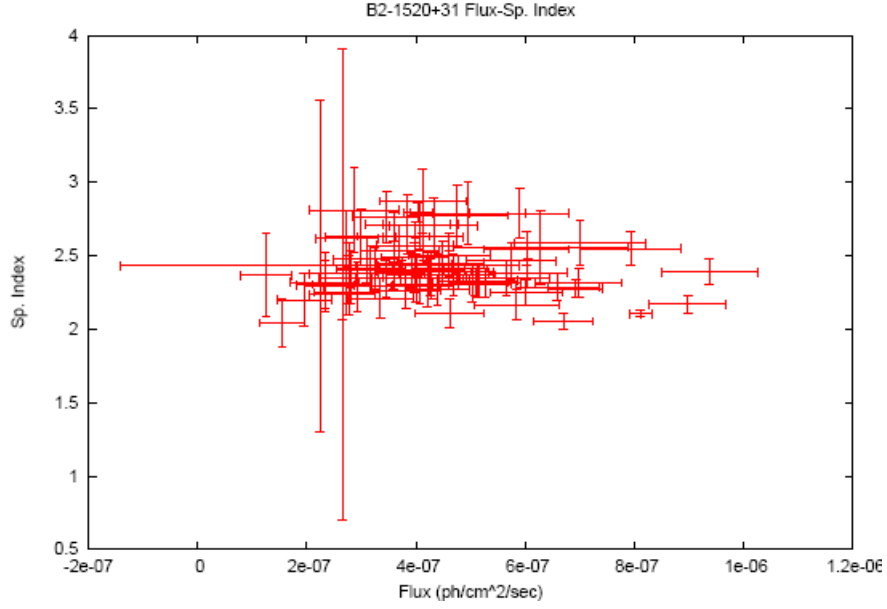
¹ <http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/analysis/scitools.html>

² <http://glast-ground.slac.stanford.edu/workbook/sciTools.Home.htm>



Şekil 5. Farklı enerji aralıklarına karşılık gelen akı. Kırmızı daireler bu çalışmadaki analiz sonucunu temsil ederken yeşil üçgenler Fermi-LAT katalogu analiz sonucunu temsil etmektedir. Kırmızı ve mavi noktalı çizgiler ise tüm datalara uygulanan SPL ve BPL modellerinin sonucunu temsil etmektedirler

Farklı enerji aralıklarında hesaplanan akıya karşılık gelen spektral indisin 2.5 civarında olduğu Şekil 6 da görülmektedir, bu indis değeri AGÇ' ler için beklenen bir değerdir.



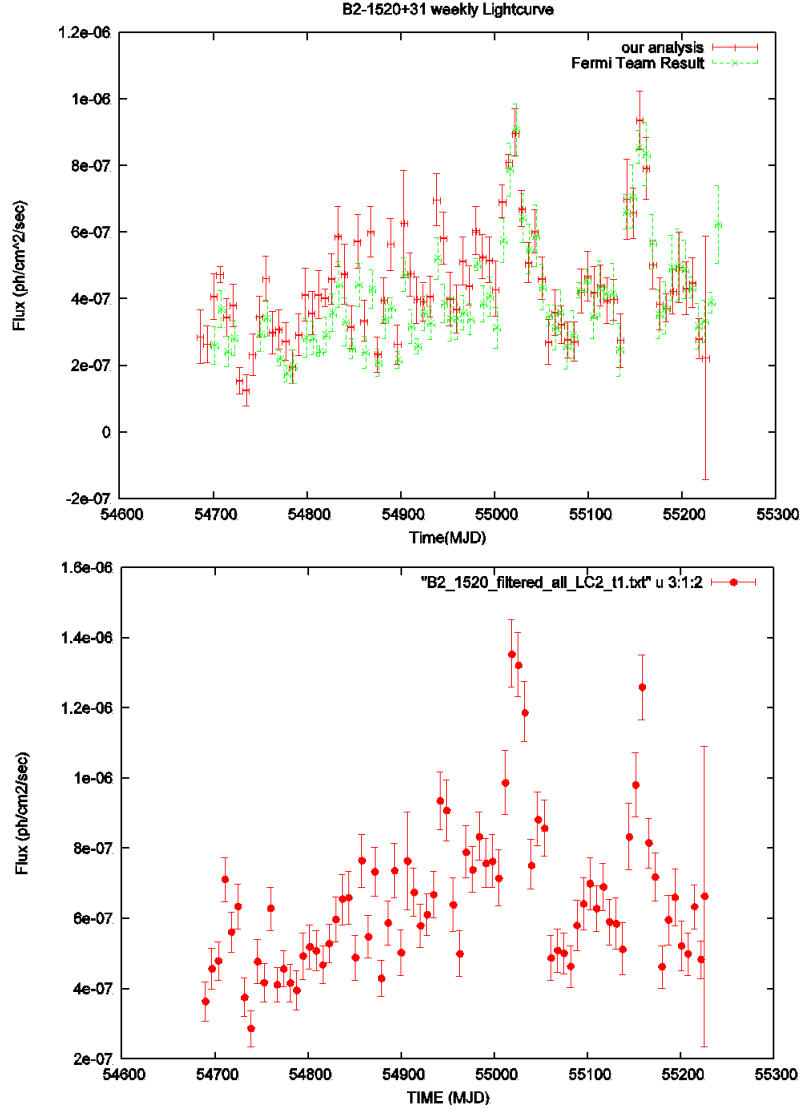
Şekil 6. Spektral indisin akı ile değişimi

Bu kapağın ışık eğrilerini elde etmede iki farklı analiz yöntemi kullanıldı; birincisi likelihood analizi, ikincisi ise aperture (açıklık) fotometri yöntemidir. B2 1520+31 kaynağının iki farklı yöntem ile elde edilen ışık eğrisi grafikleri Şekil 7 de gösterilmektedir.

Şekil 7a da verilen grafik likelihood analizinin sonucu, kırmızı noktalar çalışmamızın sonucu elde ettiğimiz değerler olup, yeşil noktalar ise otomatik bilim işleme analizinin sonucunu göstermektedir. Şekil 7b de verilen grafik aperture fotometri analizinin sonucudur. Her bir nokta bir haftalık veriyi belirtmektedir. Hata çubukları yalnızca istatistikeldir. Her iki yöntemden farklı akı değerlerinde benzer ışık eğrisi elde edilmektedir.

5 SONUÇLAR

Bu iki modelden elde edilen log(likelihood) değerleri test istatistiği formülünde karşılaştırılarak olasılık değerleri hesaplandığında, basit güç yasasının kırık güç yasasına göre daha iyi bir uyum (fit) verdiği sonucuna varılmıştır. Sonuç olarak; spekturumun detaylarının anlaşılması, aktif galaksideki jetin yayılma bölgesinin yapısı ve konumunun anlaşılması için önemlidir.



Şekil 7. Likelihood ve aperture fotometri analizi sonucunda elde edilen ışık eğrileri

Blazarlar, AGC'lerin ışınım mekanizmasının anahtarıdır. AGC'ler, FGST misyonunun temel ve verimli bilimsel başlıkları içinde yer almaktadır ve Fermi uydusunun, jetler nasıl oluşur, yüksek hızlarda ivmelenen madde nasıldır, bir milyar güneş kütleli kara delik gerçekten merkezi güç kaynağı mıdır? gibi soruları yanıtlamaya yardımcı olacağı beklenmektedir. Bu konuların anlaşılması kozmolojik çalışmalara büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abdo, A. A., ark.: Bright Active Galactic Nuclei Source List from the First Three Months of the Fermi Large Area Telescope All-Sky Survey. *The Astrophysical Journal* **700** (2009) 597–622
- Atwood, W. B., ark.: The large area telescope on the Fermi gamma-ray space telescope mission, *Astrophysical Journal*. *The Astrophysical Journal* **697** (2009) 1071–1102
- Beasley, A. J., ark.: The VLBA Calibration Survey-VCS1. *The Astrophysical Journal Supplement* **141** (2002) 13–21
- Buson, S.: Observation of VHE Blazars with the Fermi LAT Telescope. MSc. thesis, University of Padova, Italy (2008-2009)
- Cutini, S., and Elizabeth, H.: Fermi LAT detection of a GeV flare from blazar B2 1520+31. *ATel* **2026** on 21 Apr 2009; 22:45 UT
- Lehnert M. D., ark.: Spectroscopic confirmation of a galaxy at redshift $z=8.6$. *Letter to Nature* (2010)
- Mattox, J. R., ark.: A Quantitative Evaluation of Potential Radio Identifications for 3EG EGRET Sources. *The Astrophysical Journal Supplement* **135** (2001) 155–175
- Urry, C. M. ve Padovani, P.: Unified schemes for radio-loud Active Galactic Nuclei, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. *The Astrophysical Journal* **107** (1995) 803–845
- <http://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/analysis/scitools.html>
- http://glast-ground.slac.stanford.edu/workbook/sciTools_Home.htm