

GAMA IŞIN PATLAMALARI SONRASI ARDIL IŞIMALARIN ROLÜ

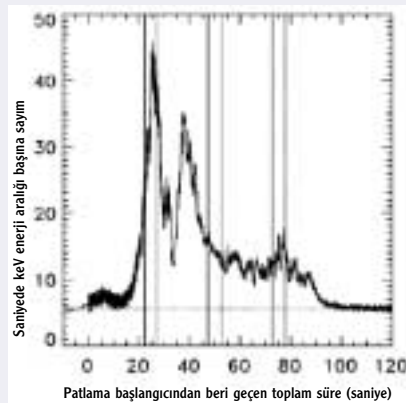


Gama ışın patlamaları (GIP), evrende meydana gelen en şiddetli ve bir o kadar da gizemli olaylar. Son yıllarda, bu patlamaların nasıl gerçekleştiği yolunda inandırıcı kuramlar geliştirildi. Ancak, bunların sınanması için özel uzay teleskoplarıyla yapılacak gözlemlerin yanı sıra, patlamaların değişik dalga boylarındaki “gölgelerinin” incelenmesi gerekiyor. Bu da uydu teleskoptan bir GIP sinyali alındığında, çok kısa süre içinde bildirilen koordinatlara yönelecek robot teleskopların varlığını gerektiriyor. İşte bu teleskoplardan biri de Antalya'daki TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde kurulacak.

Birkaç yıl önceye kadar, gama ışın patlamaları hakkındaki bilgimiz, 'başka bir dalga boyu bölgesinde herhangi bir gözlemsel ipucuna sahip olmadığımız, kısa süreli (1-100 saniye) gama ışın bölgesi çakmaları' olduklarından (Şekil 1), bunların uzayda tekdüze bir dağılım gösterdiklerinden (Şekil 2) ve toplam enerji içeriği dağılımının gösterdiği $-3/2$ eğimine sahip olduklarından ibaretti.

Ancak, son birkaç yılda dikkate değer gelişmeler oldu: Bazı GIP olaylarını takip eden günlerde, şansın da büyük yardımıyla, tipik olarak birkaç günle birkaç saat arasında değişen sürelerde x-ışın, optik veya radyo bölgelerinde bazı ışıma olayları gözlemlendi. Bunlar daha çok, kısa ve çok 'ateşli' esas patlama

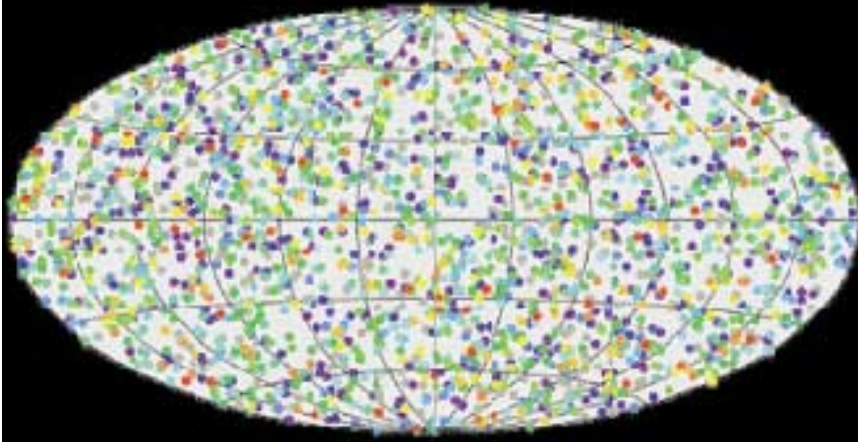
olayını takip eden ardıl-ışımalar olarak tanımlanıyorlardı. Bu ek ışımlar, bazı patlamaların kıvrıla-kayma uzaklıkları



Şekil 1: Tipik bir GIP zamansal şiddet değişim grafiği. BATSE tarafından gözlenen GRB990123 olayının zaman değişim profili.

nın hesaplanmasına, bazen de, olayın geçtiği gökadanın belirlenmesine olanak verdi ve GIP'ların, en uzak gökada ve kuazarların bulunduğu, milyarlarca ışık yılı uzaktaki 'kozmolojik mesafelerde' gerçekleştikleri anlaşıldı. Bu mesafelerde bile çok parlak olaylar olarak algılanan GIP'ların, bilinen bütün cisim ve olaylardan daha yüksek miktarlarda ışımlar yaparak, 10^{51} ila 10^{54} erg s⁻¹ düzeyinde ışıma yapmaları gerektiği ortaya çıkarıldı. Bu enerji, Güneş'in toplam kütle enerjisinin birkaç on saniyede harcanmasına ya da aynı sürede, Samanyolumuzun toplam enerjisini yalnızca 100 yıllık evrene yaymasına eşdeğerdi!

GIP, ilk kez 1973'te, Nükleer Silahların Atmosferde Kullanımını Sınırla-



Şekil 2: Gama Işın Patlamaları Uzak Dağılımı (Samanyolu koordinat sisteminde, yaklaşık 2000 olay kullanılarak verilen bu grafikte renkler (tonlar), birim alana düşen farklı toplam enerji bütçesini gösteren, erg/cm^2 değeri 'fluence' in ölçüsüdür)

ma Anlaşmasını (Nuclear Test Ban Treaty) denetleme amaçlı Vela adlı askeri uydularca, 1969-1971 gözlemleri sırasında ortaya çıkarıldı. Dünya kaynaklı olmadığı anlaşılan bu sinyallerin, (hemen terk edilen) bir ilk açıklaması, bunların gökadamızın içinden ileri bir uygarlığın eseri olabileceğiydi! Daha sonra bunların çok gizemli ve yeni bir kozmik olay türü olduğu anlaşıldı.

Bir GIP'in enerjisinin büyük çoğunluğu, yüksek enerjili x ve gama ışınları fotonlarından oluşmakta ve patlama anında bu olay bölgesi, gökyüzünün en parlak noktası durumuna gelmekte. Ancak bunlar, öngörülemeyen bir şekilde gökyüzünün herhangi bir yerinde ortaya çıkmakta ve aynı hızla kaybolmakta. İlk saptamayı izleyen 20 yıl süresince, yüzlerce GIP olayı kaydedilmesine karşılık, hiç biri hakkında duyarlı bir yer belirlemesi yapılamadı ve başka bilgiler edinilemedi. Bunun bir nedeni de, gama ışınlarının çok zor odaklanabilir ışınlar olmaları, yani olay yerinin hassas olarak belirlenememesiydi. Yani olayın zamanı ve bu sırada elde edilen ışık eğrisi (zaman profili) dışında çok az bilgi edinilebiliyordu.

Aynı olayın farklı uydularca kaydından yararlanarak bir 'üçgenleme' sistemi kullanılarak, çok kaba bir yön belirlemesi bazen yapılabiliyordu.

Bu patlamalar hakkında en geniş kapsamlı ve kalıcı bilgilerse, NASA'nın 1991'de yörüngeye yerleştirdiği Compton Gama-Işın Gözlemevi (CGRO) uydusundaki GIP amaçlı 'Patlamalar ve Değişen Kaynaklar Araştırma Deneyi' BATSE ile elde edildi. BATSE, çok hassas enerji ve zaman belirlemesi yanında, kaba da olsa tüm olaylar için bir yön belirlemesi yapılabiliyordu.

CGRO'nun 9 yıllık çalışma dönemi içinde, BATSE'ce kaydedilen her patlamanın ışık eğrisinin bir diğerinden farklı olduğu, tekrar aynı yerden gözlenen hiçbir patlama olmadığı ve bu patlamaların, gökyüzünde yön-bağımsız (izotropik) olarak dağıldığı anlaşıldı. Yani, GIP'ların bizim gökadamızdan gelmediğini kanıtlayacak 2000'den fazla patlama gözlemlendi. Bunlara ek olarak, BATSE patlamalarının sürelerine göre de, uzun (2 saniyeden fazla süren) ve kısa (2 saniyeden az) patlamalar olarak ikiye ayrılabilenlerini gösterdi.

Robotik GIP Ardıl Işıma Teleskoplarının Gelişimi

İlk kaydedildiklerinden bu yana ne oldukları ve gökyüzünde hangi koşullarda oluştukları konusunda astrofizikçilere kök söktüren bu olayların gizini açığa çıkarabilmek için, olaydan sonra hemen harekete geçerek o bölgeyi gözleme alabilecek, yani uydularla birlikte çalışacak dedektör ve teleskopların gerektiği ortadaydı. Ancak, bir GIP olayının yeri hemen belirlenmiyor; belirlense bile, optik ve radyo astronomi standartlarına göre devasa büyüklükte (birkaç derece kare!) alanlar tanımlanabiliyordu.

Yüksek enerjili fotonlar yeryüzü atmosferi tarafından çok etkin şekilde soğurulurlar. Bu durumda, uydularla kaydedilebilen GIP olaylarının çözümünde, bu olay sırasında veya hemen ardından oluşabilecek x-ışın, optik ve radyo ışınlarının yaşamsal öneme sahip olacağı da, başlangıçtan beri biliniyordu. Ancak, bir olayın kaydı, yeryüzüne ulaşması, GIP olduğunun farzedilmesi, diğer teleskop ve gözlemevlerine haber verilmesi gibi süreçlerin saatler, hatta günler alması nedeniyle, beklenen ardıl ışınlar uzun süre görülemedi.

Bu engelleri aşma amacıyla olan denemelerden biri de ROTSE'ydі. Teleskopa, işlevlerini ve çalışma prensibini açıklayan 'geçici optik ışınım arama deneyi' anlamındaki Robotic Optical Transient Search Experiment sözcüklerinin kısaltmasından oluşan bu ad verildi.

Bir ROTSE teleskopu esnek tasarımıyla tam otomatik, mini gözlemevi olarak düşünülebilir. İlk tasarımı (ROTSE-1), sistem her gece, verilen programa uygun biçimde gökyüzünün tümü-

Şekil 3: ROTSE-1 Loa Alamos'ta kullanıcılarının arasında



Şekil 4: ROTSE-3'ün 45 cm'lik teleskopunun ucu, koruyucu silindirden çıkmış olarak görülüyor.





Şekil 5: Kurulmasına başlanan ROTSE deneyleri küresel ağı (GRN) bu haritada gösterilen 4 noktada konuşlanacak ve 2003 yılında tümüyle işler hale gelecek.

nü iki kez tarayıp, kendi arşivini oluşturmakta. Bir olay (patlama) anındaysa, bu rutin tarama ve arşivleme işlevini bırakarak, GIP olayını gözlemeye başlıyor. Kendi arşivini de kullanarak, yeri kabaca bilinen olayın üzerine yoğunlaşıyor. Patlamanın zaman gelişimini belirlemede yararlı olacak bir program içinde, önce kısa aralıklarla (10 saniye süreli gözlemlerle), daha sonra giderek uzayan aralıklarla (20 saniye, 30 saniye, 1 dakika) resim çekmeye başlıyor. Ertesi gece de bu programını hatırlayarak, açılan aralıklar ve resim süresiyle, olay bölgesini taramayı sürdürüyor. Sistem, gözleme karar verecek yazılımlarına girdi olan kritik parametreler için, yağmuru, karı, bulutları, ısıyı ve yüksek hızlı rüzgarları ölçebilen bir meteoroloji istasyonu da içeriyor.

ROTSE-1, teknik olarak, 2x2 düzende yerleştirilmiş, teleskop görevi gören, geniş alanlı (4°x 4°) 4 ufak telefoto mercekten oluşmuştu (Şekil 3). Bunların ucundaysa, 2048x2048 piksellik CCD'ler vardır. Sistem, 200 mm odak uzaklıklı f/1,8 odak oranlıdır. 4 teleskoptan her biri 5 saniyede 14. kadir yıldızları görebilir ve toplam 4x16° karelik bir görüş alanına sahiptir. Daha uzun poz süreleri 16. kadire kadar ulaşabilir.

ROTSE-1 ilk patlamasını 29 Mart 1998'de, alarmdan 11,5 saniye sonra gözledi ve bu olayın ardıl optik ışıması zaman gelişmesini büyük bir başarıyla kaydetti. (GIP'lar GRB harflerini takip eden 2şer haneli YIL, AY, GÜN bilgileri ile arşivlendiğinden, bu olayın teknik adı, GRB980329.) Bu olayla ilgili optik kayıtlar sürerken, gama ışın patlamasının kendisi de henüz bitmemişti! Benzeri şekilde GRB980401 ve

GRB990123 olaylarının zaman içinde, optik ışıma değerleri veya üst sınırları belirlendi, GIP'lar hakkındaki optik bileşen çalışmalarında yeni bir dönemin başladığı gösterildi.

ROTSE-1, GIP uyarısı almadığı zamanlarda, geniş bakış alanıyla, her gece kuzey gökyüzünün tümünü iki kez tarayarak (1/2 saatte, tüm gökyüzü 15. kadir yıldızlara kadar taranabilmekte ve 15 milyon gök cismi takip edilebilmekte, arşivlenebilmekte), zaman içinde hızlı sayılacak değişimler gösteren şu türden olay ve gök cisimlerinin gözlem ve keşiflerini gerçekleştiriyor:

- Etkin gökadalara zaman içinde parlaklık değişimleri,
- Süpernova keşif ve takip olayları,
- Nova ve cüce nova olayları keşif ve takibi,
- RR Lyra tipi düzgün değişen yıldızların period eğrileri,
- Kuyruklu yıldız keşif ve takip olayları (Şekil 6),
- Asteroid gözlemleri,
- Meteor yağmurları gözlemleri (Şekil 7).

Böylece, ROTSE sistemleri, çok verimli bir gözlem aracı olarak, GIP görünür bileşeni çalışmaları dışında da önemli bir optik potansiyel taşıdığını göstermiş bulunuyor. Bu uzay taraması çalışmalarında, verilerin sadece %6'sının analiziyle, daha önce bilinmeyen 2000'den fazla değişken yıldız keşfedildi ve çoğuna ait ışık eğrileri elde edildi.

Projenin halen işler durumdaki teleskopu 3. kuşak bir yapımla olup ROTSE-3 adıyla bilinmekte (Şekil 4). Bu sistem, daha hızlı hareket ve daha kısa sürede daha 'derin' görme amacı taşıyor. Sistemin prototipi 2001 Ağustos'unda ABD'de Los Alamos'ta (New Mexico)

çalışmaya başlamış durumda. Çok gelişmiş bir CCD'ye sahip 45cm'lik Cassegrain tipi bir optik teleskopu da bulunuyor. ROTSE-3'ün ilk önemli başarısı, 12 Ekim 2001'de bir HETE-2 uydusu alarından 9 saniye sonra harekete geçerek, ilk görüntüyü almaya başlaması oldu. Yeni kuşak teleskoplar, 60 saniye poz süresiyle 18,5'inci kadirdeki yıldızları görüntüleyebiliyor. Buysa, ROTSE-1'e göre 50-100 katlık bir ilerleme demek.

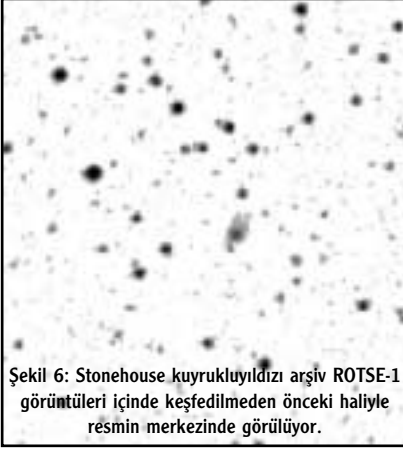
Robotik Teleskoplar Ağı

İlk prototiplerin bulgularla desteklenen başarısı üzerine, ikisi kuzey yarıkürede (ABD'de Los Alamos ve Türkiye'de Antalya) ve ikisi de güney yarıkürede (Namibya ve Avustralya) kurulacak (Şekil 5) 4 optik teleskoptan oluşacak bir Global ROTSE Ağı (GRA) oluşturulması kararlaştırıldı. Sistem tümüyle NASA tarafından finanse ediliyor.

Bu GRA teleskoplar sisteminin koordinasyonunu Michigan Üniversitesi (ABD) yaparken, bilimsel konsorsiyumun diğer üyeleri arasında, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG), Almanya'dan Max Planck Institut für Kernphysik (Heidelberg) ve Avustralya'dan New South Wales Üniversitesi bulunuyor. Halen çalışır durumda olan prototip teleskop, ABD Los Alamos Ulusal Laboratuvarı (LANL) tarafından Fort Davis'de (New Mexico) kurulmuşken, TUG teleskopu, Ulusal Gözlemevimizin konuşlandığı Antalya-Bakırlitepe'de, Alman Enstitüsü'nün teleskopu Namibya'da Mt. Gamsberg'te, Avustralya teleskopu da Güneydoğu Avustralya'da Coonabarabran'da kuruluyor. Bu ağın kuruluşu ve diğer GIP ardıl ışıma deneyleri dünya bilim basınında da ilgiyle izleniyor. Son olarak, Amerikan Fizik Derneği'nin yayın organı *Physics Today*, Temmuz sayısında bu haberi, TUG'un bir fotoğrafıyla birlikte yayınlamış bulunuyor.

ROTSE-Türkiye İçin Çalışmalar

Michigan Üniversitesi'nde projenin koordinasyonu görevli olan ve ROTSE teleskoplarını geliştiren Prof.



Şekil 6: Stonehouse kuyruklu yıldızı arşiv ROTSE-1 görüntüleri içinde keşfedilmeden önceki haliyle resmin merkezinde görülüyor.



Şekil 7: 1999 Leonid meteor yağmuru sırasında gözlenen bir parçalanma olayı ROTSE-1 tarafından bu şekilde görüntülendi.

Carl Akerlof'un teklifi üzerine, TUG Yönetim Kurulu, gökbilimcilerden oluşan bir ekibe, GIP olaylarını, ROTSE deneyini ve Küresel ROTSE Ağı'nı değerlendirmeleri amacıyla bir rapor hazırlattı. Bu ekibin olumlu tavsiyesini kabul eden TUG, işbirliğinin koşullarını görüşmek üzere, Prof. Akerlof'u Türkiye'ye davet etti. Şubat 2002'de yapılan ziyarette konuyla ilgilenen gökbilimcilerin ve Prof. Akerlof'un da katılımıyla, İstanbul Üniversitesi Astronomi Bölümü'nde iki toplantı düzenlendi. Bu toplantılara farklı üniversitelerden 20'den fazla bilimcimiz katıldı. İşbirliğinin getiri ve götürüleri konusunda sorular yanıtlandı.

TUG'ca yapılan değerlendirme sonucunda, ROTSE ağına katılma ve bunun için gerekli altyapı yatırımının (ROTSE için TUG içinde yer ayrılması, platform hazırlanması, elektrik, su, İnternet bağlantıları sağlanması, gerekli teknik bakım ve eleman temini, veri analizi için ve bakım için gerekli seyahat ve diğer masraflar gibi) karşılanmasına karar verildi ve Türkiye'deki koordinasyonla Abant İzzet Baysal Üniversitesi'nden Prof. Mehmet Emin Özel ve ODTÜ'den Prof. Ümit Kızıloğlu görevlendirildi. Türkiye'de kurulacak sistemin ABD'de yapımına başlandı. Sistemin 2002 sonbaharında Bakırlitepe'de kurulması için gerekli hazırlıklar yürütülüyor. Anlaşma uyarınca, Türk bilimcileri, ROTSE ile ilgili verilere diğer gruplarla eşit biçimde katılacaklar ve ROTSE-Türkiye istasyonunun zamanının %30'u TUG tarafından, GIP dışı olaylar için kullanılabilir. Ayrıca, önemli bir gama ışın patlaması ve ROTSE tarafından gözlemlenen diğer gök olaylarında, TUG, hemen yakınındaki T150 ve T40 teleskoplarıyla da, gerekli gördüğü gözlemleri

kendi insiyatifiyle planlayıp gerçekleştirebilecek.

Global Ağa dahil teleskoplar, x ve gama ışın uydularından gelecek GIP bilgilerine hızla ulaşacak bir İnternet ağına bağlı olarak çalışacak. Robotik yapısı nedeniyle, olay anında kendiliğinden ve hızla (10 saniye içinde) harekete geçecek şekilde tasarlanmış olan sisteme bağlı teleskoplarla yapılacak gözlemlerin, ortaya çıktıkları anda evrendeki en yüksek enerjiyi salan ışımlar durumuna geçen bu güçlü ve gizemli doğa olaylarını da birkaç yıl içinde, bilinen ve anlaşılmış olaylar listemize geçirmemizi sağlayacağına inanılıyor.

Sonuç

Global ROTSE Ağı'nın başarısı, büyük ölçüde, yörüngedeyken bir GIP olayını kaydederek dünyaya bildirecek bir uydular sistemiyle eşgüdüm içinde çalışılmasına bağlı. Halen bu amaçla çalışan bir uydular ağı faaliyette bulunuyor ve bu uyduların kaydettikleri GIP olayı adayları, İnternet'te ilan ediliyor. Bu haberi alan gözlemcileri (ve bir kısım gayretli amatör gökbilimci) o olaya ait ardıl ışımları kaydedebilmek için tetikte bekliyor. Yani, gizemin çözümü, gökyüzüne bakan pek çok göz gerektiriyor. Bu yüzden, üzerlerinde gama ışın dedektörü olan uyduların oluşturduğu Gezegenlerarası Ağ (IPN, Interplanetary Network), olayların koordinatlarını belirleyip, yerdeki gözlemcilerine ve bu arada, ROTSE sistemine iletiyor. GIP'ların kısa sürmeleri, ROTSE tipi, görece geniş görüş alanlı, hızlı ve kısa sürede 'derin' bakabilen teleskop sistemlerinin şansını artırmakta. İşte burada ROTSE, GIP ardıl ışımları avında avantajlı hale gelmekte. TUG te-

leskoplarının bu olayı kaydedecek sisteme fiziksel yakınlığıysa, GIP olayları yarışında ayrı bir üstünlük nedeni olmakta.

Bunun dışında TUG, ROTSE-Türkiye çalışmalarının başarıyla sürdürülmesi için gerekli teknik ve bilimsel hazırlıklarını sürdürüyor. Bu cümleden olmak üzere, ROTSE platformuyla ilgili altyapı hazırlıkları Ağustos 2002 içinde tamamlanıp, ROTSE'nin gelişine ve çalışmalara başlamasına hazır hale getirilecek. 8-12 Temmuz 2002'de ODTÜ Fizik Bölümü'nde Prof. Ü. Kızıloğlu ve arkadaşları öncülüğünde yapılan 'GIP ve ROTSE' çalıştayına 20'den fazla araştırmacı ve bilimadamı katıldı. Bu çalışmada, Prof. Hakkı Ögelman (Wisconsin Üniversitesi), Prof. Ali Alpar (Sabancı Üniversitesi), Prof. Oktay Hüseyinof (Akdeniz Üniversitesi), Prof. Ü. Kızıloğlu, Prof. Altan ve Doç. Şölen Balman (ODTÜ) ve Prof. M. E. Özel, konunun bilimsel ve teknik ayrıntıları hakkında dersler verdiler. Genç araştırmacıların katkılarıyla da zenginleşen çalıştay sırasında, diğer Global Ağ üyeleri ile bir tele-konferans gerçekleştirildi.

Mehmet Emin Özel
TUG Akademik Kurulu Üyesi, AIBU-Bolu
me_ozel@ibu.edu.tr

Kaynakça

- Bahcall et al., 'Unsolved Problems in Astrophysics', ch 18: by T.Piran: 'Toward Understanding Gamma Ray Bursts', s.343-370, (1997).
- M.E.Özel, 'SAS-2 Uydusu tarafından gözlenen gama ışın patlamalarının analizi', Üniversite Doçentlik Tezi, ODTÜ Fizik Bölümü, 1983.
- J.van Paradijs ve ark., 'Gamma Ray Burst Afterglows', Annual Review of Astronomy Astrophysics, 38, 379-425 (2002).
- M.E.Özel, 'Gama Işımları Astrofizikinde Son Gelişmeler ve CGRO Sonuçları', VIII. Ulusal Astronomi Toplantısı, 7-11-1992, Malatya 1992.
- Physics Today, July 2002, sayfa 14-17.
- M.E.Özel, Ü.Kızıloğlu, M.A.Alpar, Şölen Balman, Talat Saygac : 'Gama Işın Patlamaları: TUG'da Optik Bileşke Belirleme ve Takip', TUG Yönetim Kurulu için hazırlanan, Gallobal ROTSE Ağı önerisi değerlendirme raporu, 31.12.2001.
- <http://xxx.lanl.gov/abs/astro-ph/9909219>
- <http://www.umich.edu/~rotse/>