

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (M.Sc)

گرایش: فیزیک نجومی

عنوان:

بررسی چگالی تعدادی فورانگرهای پرتو گاما در فواصل زمانی کیهان شناسی

استاد راهنما:

دکتر سپهر اربابی بیدگلی

استاد مشاور:

دکتر محمدتقی میرترابی

پژوهشگر:

محمدحسین صفرپور

زمستان ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر و مادرم؛

انسانهایی که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زمینی است، آنانی که به من آموختند تا بیاموزم و هرچه آموختم در مکتب معرفت ایشان بود و هرچه کوشیدم قطره ای از دریای بی کران مهربانی هایشان را سپاس نتوانم گفت.

تشکر و قدردانی :

اسباب تردد خردمندانند

اجرام که ساکنان این ایوانند

کانان که مدبرند سرگردانند

هان تا سررشته خرد گم نکنی

تحصیل در دوره کارشناسی ارشد، فرصت مغتنمی را فراهم آورد تا از دانش، تخصص و تجربه اساتید محترمی بهره گیرم که بی گمان بدون حضور ایشان انجام این پژوهش میسر نمی گردید؛ لذا بر خود واجب می دانم که از زحمات و کوششهای همه اساتید محترم، علی الخصوص آقایان دکتر سپهر اربابی بیدگلی و دکتر محمد تقی میرترابی در تمامی مراحل انجام این پایان نامه تقدیر و سپاسگزاری نمایم.



مجلس شورای اسلامی

به نام خدا

مشور اخلاق پژوهش

بایاری از خداوند سبحان و اعتقاد به این که عالم محضر خداست و همواره ناظر بر اعمال انسان و به منظور پاس داشت مقام بلند دانش و پژوهش و نظر به اهمیت جایگاه دانشگاه در اعتلای فرهنگ و تمدن بشری، ماد انشویان و اعضاء هیات علمی واحدهای دانشگاه آزاد اسلامی متعهد می گردیم اصول زیر را در انجام فعالیت های پژوهشی مد نظر قرار داده و از آن تخطی نکنیم:

- ۱- اصل برانت: التزام به برانت جویی از حرکت رفقار غیر حرفه ای و اعلام موضع نسبت به کسانی که حوزه علم و پژوهش را به شانه های غیر علمی می آلائند.
- ۲- اصل رعایت انصاف و امانت: تعهد به اجتناب از حرکت جانبداری غیر علمی و محافظت از اموال، تجهیزات و منابع در اختیار.
- ۳- اصل ترویج: تعهد به رواج دانش و اشاعه نتایج تحقیقات و انتقال آن به همکاران علمی و دانشجویان به غیر از مواردی که منع قانونی دارد.
- ۴- اصل احترام: تعهد به رعایت حریم ها و حرمت ها در انجام تحقیقات و رعایت جانب نهد و خودداری از حرکت حرمت شکنی.
- ۵- اصل رعایت حقوق: التزام به رعایت کامل حقوق پژوهشگران و پژوهیدگان (انسان، حیوان و نبات) و سایر صاحبان حق.
- ۶- اصل رازداری: تعهد به صیانت از اسرار و اطلاعات محرمانه افراد، سازمان ها و کشور و کلیه افراد و نهاد های مرتبط با تحقیق.
- ۷- اصل حقیقت جویی: تلاش در راستای پی جویی حقیقت و وفاداری به آن و دوری از حرکت پنهان سازی حقیقت.
- ۸- اصل مالکیت مادی و معنوی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.
- ۹- اصل منافع ملی: تعهد به رعایت مصالح ملی و در نظر داشتن پیشبرد و توسعه کشور در کلیه مراحل پژوهش.

تعهد نامه اصالت پایان نامه کارشناسی ارشد

اینجانب محمد حسین صفرپور دانش آموخته مقطع کارشناسی ارشد نا پیوسته به شماره دانشجویی ۸۹۰۹۷۶۹۳۶ در رشته فیزیک نجومی که در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۵ از پایان نامه خود تحت عنوان: بررسی چگالی تعدادی فورانگرهای پرتو گاما در فواصل کیهانشناسی با کسب نمره ۱۹.۷۵ و درجه عالی دفاع نموده ام بدینوسیله متعهد می شوم:

۱- این پایان نامه حاصل تحقیق و پژوهش انجام شده توسط اینجانب بوده و در مواردی که از دستاوردهای علمی و پژوهشی دیگران (اعم از پایان نامه، کتاب، مقاله و.....) استفاده نموده ام، مطابق ضوابط و رویه های موجود، نام منبع مورد استفاده و سایر مشخصات آن را در فهرست ذکر و درج کرده ام.

۲- این پایان نامه قبلاً برای دریافت هیچ مدرک تحصیلی (هم سطح، پایین تر یا بالاتر) در سایر دانشگاه ها و مؤسسات آموزش عالی ارائه نشده است.

۳- چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده و هرگونه بهره برداری اعم از چاپ کتاب، ثبت اختراع و.... از این پایان نامه داشته باشم، از حوزه معاونت پژوهشی واحد مجوزهای مربوطه را اخذ نمایم.

۴- چنانچه در هر مقطع زمانی خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن را بپذیرم و واحد دانشگاهی مجاز است با اینجانب مطابق ضوابط و مقررات رفتار نموده و در صورت ابطال مدرک تحصیلی ام هیچگونه ادعایی نخواهم داشت.

نام و نام خانوادگی:

تاریخ و امضاء:



بسمه تعالی

در تاریخ ۱۳۹۲/۱۱/۱۵

دانشجوی کارشناسی ارشد آقای محمدحسین صفرپور از پایان نامه خود دفاع نموده و با نمره ۱۹.۷۵ بحروف نوزده و هفتادوپنج صدم و با درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

امضاء استاد راهنما

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول.....
۱.....	۱.۱. تاریخچه.....
۸.....	فصل دوم.....
۸.....	۱.۲. مقدمه.....
۹.....	۲.۲. ویژگی های ظاهری.....
۱۱.....	۳.۲. ویژگی های طیفی.....
۱۵.....	۴.۲. ویژگی های کلی.....
۱۸.....	۵.۲. طبقه بندی فورانگرهای پرتو گاما.....
۱۹.....	۶.۲. پس تاب.....
۲۰.....	فصل سوم.....
۲۰.....	۱.۳. مقدمه.....
۲۱.....	۲.۳. جستجوی نشانه های کیهان شناسی.....
۲۳.....	۳.۳. فورانگر های پرتو گاما و عالم نخستین.....
۳۵.....	فصل چهارم.....
۳۵.....	۱.۴. روش و چارچوب تحقیق.....
۴۰.....	۲.۴. تجزیه و تحلیل داده ها.....
۴۰.....	۱.۲.۴. آمار توصیفی.....
۵۱.....	۲.۲.۴. آمار تحلیلی.....
۶۰.....	فصل پنجم.....
۶۰.....	۱.۵. خلاصه.....
۶۳.....	۲.۵. نتایج حاصله از یافته های توصیفی.....
۶۵.....	۳.۵. نتایج حاصله از یافته های استنباطی.....
۶۷.....	۴.۵. مدل تحلیلی تحقیق.....
۶۸.....	۵.۵. پیشنهادات برای پروژه های آتی.....
۶۹.....	مراجع.....

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴۱	جدول ۱-۴ توزیع فراوانی فورانگرهای پرتو گاما در سطوح مختلف انتقال به سرخ
۴۲	جدول ۲-۴ توزیع فراوانی انتقال به سرخ های فورانگرهای پرتو گاما ی مورد مطالعه
۴۵	جدول ۳-۴ توزیع فراوانی مدت فورانگرهای پرتو گاما (تقسیم بندی به دو گروه)
۴۶	جدول ۴-۴ توزیع فراوانی مدت فورانگرهای پرتو گاما ی مورد مطالعه
۴۶	جدول ۵-۴ توزیع فراوانی فلوننس مشاهده شده
۴۸	جدول ۶-۴ توزیع فراوانی پیک فوتون فلاکس اولیه مشاهده شده
۴۹	جدول ۷-۴ توزیع فراوانی فلاکس اولیه مشاهده شده در طول موج X
۵۰	جدول ۸-۴ توزیع فراوانی زمان اولیه مشاهده توسط تلسکوپ مرئی /فرابنفش
۵۱	جدول ۹-۴ هم بستگی میان انتقال به سرخ و مدت فورانگرهای پرتو گاما
۵۳	جدول ۱۰-۴ هم بستگی میان انتقال به سرخ و پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای فورانگرهای پرتو گاما
۵۵	جدول ۱۱-۴ هم بستگی میان فلوننس و مدت فورانگرهای پرتو گاما
۵۶	جدول ۱۲-۴ هم بستگی میان فلوننس و پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای فورانگرهای پرتو گاما
۵۷	جدول ۱۳-۴ تحلیل رگرسیون انتقال به سرخ / مدت فورانگرهای پرتو گاما
۵۷	جدول ۱۴-۴ ضرایب استاندارد شده و استاندارد نشده رگرسیون
۵۸	جدول ۱۵-۴ تحلیل رگرسیون انتقال به سرخ / پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای فورانگرهای پرتو گاما
۵۸	جدول ۱۶-۴ ضرایب استاندارد شده و استاندارد نشده رگرسیون
۵۸	جدول ۱۷-۴ تحلیل رگرسیون فلوننس / مدت فورانگرهای پرتو گاما
۵۸	جدول ۱۸-۴ ضرایب استاندارد شده و استاندارد نشده رگرسیون
۵۹	جدول ۱۹-۴ تحلیل رگرسیون فلوننس / پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای
۵۹	جدول ۲۰-۴ ضرایب استاندارد شده و استاندارد نشده رگرسیون

فهرست نمودارها

صفحه	عنوان
۱	نمودار ۱-۱ امنحی نوری نمونه هایی از فورانگرهای مشاهده شده توسط ماهواره BATSE
۹	نمودار ۲-۱ نمونه ای از یک GRB ، دارای چند اپیزود جداگانه.....
۱۱	نمودار ۲-۲ توزیع مدت فورانگرهای پرتو گاما.....
۱۱	نمودار ۲-۳ نشر انرژی زمانی ($E \text{ dN} (E)$) در مقابل E
۱۳	نمودار ۲-۴ طیف باند برای GRB 911127
۱۳	نمودار ۲-۵ توزیع سختی طیف در فورانگرهای پرتو گاما.....
۱۴	نمودار ۲-۶ $\log(E/KeV)$ در مقابل $\log(v Fv)$
۱۷	نمودار ۲-۷ توزیع شار بیشینه ی فورانگرهای پرتو گاما.....
۱۸	نمودار ۲-۸ توزیع مدت فورانگرهای پرتو گاما.....
۱۹	نمودار ۲-۹ نرمی طیف فوران گرهای پرتو گاما.....
۱۹	نمودار ۲-۱۰ پس تاب مشاهده شده در GRB970228 توسط BeppoSAX
۲۴	نمودار ۳-۱ اغلبه تابش، ماده و انرژی تاریک.....
۲۶	نمودار ۳-۲ پیک انرژی دستگاه مختصات ویژه در مقابل انرژی همسانگرد.....
۳۰	نمودار ۳-۳ پیش بینی نرخ وقوع فورانگرهای پرتو گاما در هر سال برای ماهواره Swift به عنوان تابعی از انتقال به سرخ.....
۳۳	نمودار ۳-۴ توزیع فراوانی DLA-GRB در مقابل DLAs-QSO
۳۴	نمودار ۳-۵ الگوی تقلیل در پنج GRB-DLAs شامل چهار یا بیش تر عناصر سنگین.....
۴۱	نمودار ۳-۶ توزیع فراوانی فورانگرهای پرتو گاما در سطوح مختلف انتقال به سرخ.....
۴۳	نمودار ۳-۷ توزیع فورانگر های پرتو گاما بدون در نظر گرفتن گروه بندی خاص.....
۴۴	نمودار ۳-۸ تست کیو کیو نرمال توزیع انتقال به سرخ فورانگر های پرتو گاما.....
۴۵	نمودار ۳-۹ توزیع فراوانی مدت فورانگرهای پرتو گاما در دو گروه.....
۴۵	نمودار ۳-۱۰ توزیع فراوانی مدت فورانگرهای پرتو گاما بدون گروه بندی خاص.....
۴۷	نمودار ۳-۱۱ توزیع فراوانی فلوئنس فورانگر های پرتو گاما.....
۴۷	نمودار ۳-۱۲ توزیع نرمال فراوانی فلوئنس فورانگر های پرتو گاما.....
۴۸	نمودار ۳-۱۳ توزیع فراوانی پیک فوتون فلاکس اولیه فورانگرهای پرتو گاما.....
۴۹	نمودار ۳-۱۴ توزیع فراوانی فلاکس اولیه فورانگرهای پرتو گاما در طول موج X
۵۰	نمودار ۳-۱۵ توزیع فراوانی زمان اولین مشاهده در طول موج مرئی/فرابنفش.....
۵۱	نمودار ۳-۱۶ نرخ مشاهده فورانگرهای کوتاه و بلندمدت پرتو گاما.....
۵۲	نمودار ۳-۱۷ پراکندگی فلوئنس در مقابل انتقال به سرخ.....
۵۳	نمودار ۳-۱۸ پراکندگی پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای در مقابل انتقال به سرخ.....
۵۴	نمودار ۳-۱۹ پراکندگی فلاکس اولیه در طول موج پرتو X در مقابل انتقال به سرخ.....
۵۴	نمودار ۳-۲۰ پراکندگی زمان اولین مشاهده در طول موج مرئی/فرابنفش در مقابل انتقال به سرخ.....
۵۵	نمودار ۳-۲۱ پراکندگی فلوئنس در مقابل مدت فورانگرهای پرتو گاما.....
۵۶	نمودار ۳-۲۲ پراکندگی فلوئنس در مقابل پیک فوتون فلاکس یک ثانیه ای.....

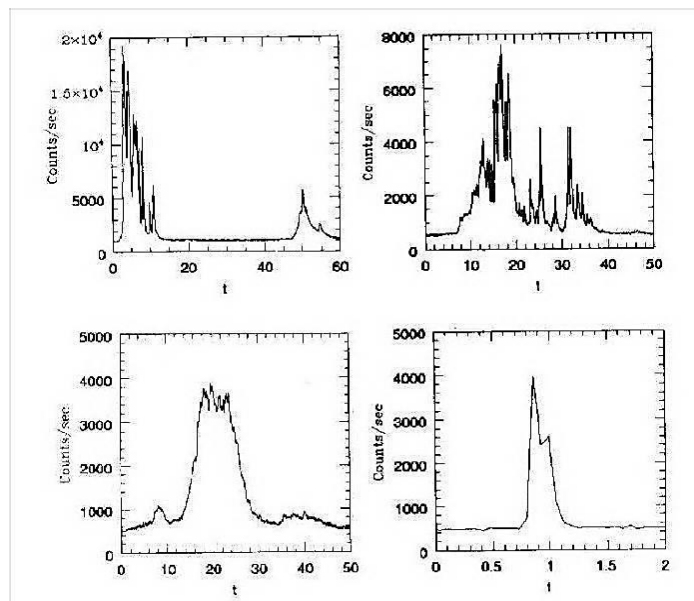
فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۳	شکل ۱-۱ آشکار ساز ماهواره BATSE
۱۶	شکل ۱-۲ همسانگری توزیع فورانگرهای پرتو گاما مطابق با داده های ماهواره BATSE
۳۶	شکل ۱-۴ چهارچوب نظری تحقیق
۶۷	شکل ۱-۵ مدل تحلیلی تحقیق

فصل اول تاریخچه

۱.۱. تاریخچه:

فوران های پرتو گاما^۱ یا GRB ها فوران های شدید و کوتاه مدت از مرتبه حدود ۱۰ ثانیه و متشکل از فوتون هایی با انرژی حدود ۱۰KeV-۱۰MeV هستند (نمودار ۱.۱) که به طور اتفاقی در پایان دهه ۱۹۶۰ توسط ماهواره های آمریکایی Vela کشف شدند .
مأموریت این ماهواره ها جستجو و یافتن انفجار های هسته ای احتمالی روس ها در فضا بود که البته حاصل آن ها کشف پدیده GRB شد.



نمودار ۱-۱ منحنی نوری نمونه هایی از GRB های رصد شده توسط ماهواره BATSE.
تا سال ۱۹۷۳ این فوران ها به عنوان کشفی جدید اعلام نشده بودند ، چرا که تا آن زمان تصور می شد که آن ها حاصل انفجار های هسته ای آزمایشی در سطح زمین یا در فضا هستند. پس از تأیید

^۱ Gamma-Ray Bursts

کشف، بلافاصله روس ها و مشاهدات ماهواره 6-IMP این پدیده جدید اختر فیزیکی را ثبت نمودند. ماهواره های تحقیقاتی متعددی به منظور ثبت GRB ها پرتاب شدند و نظریه های مختلفی برای توضیح منشأ آن ها ارائه شد.

ادعاهایی مبنی بر مشاهده خطوط طیفی سینکروترون و نیز کشف همتا‌هایی در نور مرئی در محل بعضی فورانگرهای پرتو گاما در دهه هشتاد همه را متقاعد کرده بود که فورانگرهای پرتو گاما از ستارگان نوترونی نشأت می گیرند [1].

در این سال ها تعداد زیادی از نمونه های GRB با استفاده از آشکارسازهای مختلف پرتو گاما که در بازه انرژی ۱۰ تا چند ۱۰ کیلو الکترون ولت در آسمان فعالیت می کردند بدست آمدند اما داده های به دست آمده برای درک ماهیت فیزیکی فورانگرهای پرتو گاما و منابع نشرشان کافی نبودند. تعیین موقعیت دقیق منابع این نشر های پراکنده از هر زمانی بیش تر احساس می شد اما این فعالیت به دلیل عدم تکرار نشر و اتفاقی بودن آن کار ساده ای نبود.

روش سه گوش سازی^۳، بهترین روش برای تعیین موقعیت فورانگرهای پرتو گاما با استفاده از آشکارسازهای جهتی حداقل ۳ ماهواره بود. همچنین روش دیگری برای تعیین موقعیت فورانگرهای پرتو گامای عظیم با استفاده از تعدادی آشکارساز که دامنه وسیعی از آسمان در جهات مختلف را در یک ماهواره پوشش می دهند مورد استفاده قرار گرفت. خیلی سریع استفاده از این آخرین تکنیک سبب شد که نقشه تمام آسمان با تعیین موقعیت منابع نشر فورانگرهای پرتو گاما توسط گروه Leningrad به رهبری E.Mazets به دست آید.

بر این اساس توزیع فضایی فورانگرهای پرتو گاما بدون تمرکز بر صفحه کهکشان^۴، همسانگرد ظاهر شد و برخی از محققین این همسانگردی را به عنوان قیدی جدی برای نشان دادن مدل های فراکهکشانی و کیهان شناختی در نظر گرفتند و این امکان توسط B.Paczynski و همکارش در اواسط دهه ۸۰ دفاع شد. در نهایت جستجو برای به دست آوردن همتایان نورمرئی با استفاده از بهترین تعیین موقعیت به دست آمده توسط روش سه گوش سازی بی نتیجه ماند و اسرار طبیعت و ماهیت فیزیکی منابع فورانگرهای پرتو گاما به شکل نامعلومی باقی ماند.

بعد از ۱۵ سال جستجو، نمونه های بسیاری از فورانگرهای پرتو گاما با تنوع بسیار، از ماهواره های مختلف که مرتبط به نجوم پرتو گاما، پرتو X و کاوش های ستاره ای بودند به دست آمدند، آن ها

² Counterpart

³ The triangulation method

⁴ Galactic Plane

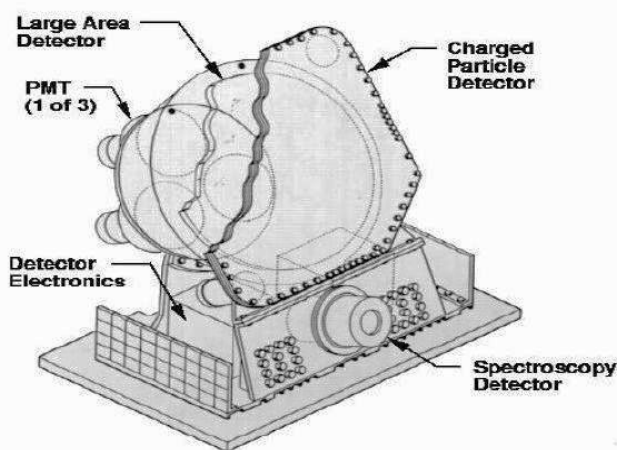
جمع آوری نمونه های بسیاری از منحنی های نوری با تنوع سریع در سطوح میلی ثانیه اما با دوره های تناوب غیر متقاعدکننده را ممکن ساختند.

پس از اندازه گیری مشخص شد که زمان عزیمت طیف در طی فوران کاملاً متغیر است، خطوط شناسایی شده در 400 KeV که به عنوان سرچشمه نابودی e^+/e^- در 511 کیلو الکترون ولت تشریح می گردند، به دلیل میدان گرانشی منابع فشرده به 400 KeV انتقال به سرخ یافته اند.

خطوط جذبی در $20-40 \text{ KeV}$ که توسط ماهواره **Konus** مشاهده و ثبت و توسط ماهواره **Ging** برای تعدادی **GRB** تأیید شدند نشان می دهند که فورانگرهای پرتو گاما توسط ستاره های نوترونی مغناطیده قوی تولید شده اند.

در سال ۱۹۹۱ ناسا مأموریت **CGRO**^۵ را آغاز کرد که در کنار تلسکوپ فضایی هابل یکی از چهار مأموریت اصلی این سازمان در برنامه ۲۰ ساله بود و توانست تحولی در مشاهدات فورانگرهای پرتو گاما به وجود آورد که به دنبال آن، عقاید درباره ماهیت این پدیده دگرگون شد (شکل ۱.۱).

CGRO به دلیل جرم بزرگش (۱۷ تن) از شاتل فضایی پرتاب شد. برنامه ریزی برای پرتاب آن در سال ۱۹۸۶ صورت پذیرفت ولی به خاطر حادثه چلنجر^۶ در ژانویه ۱۹۸۶ تا سال ۱۹۹۱ این مأموریت به تعویق افتاد. **CGRO** آشکار ساز هایی را حمل می کرد که در میان آن ها **BATSE** حساسیت بیشتری برای یافتن فورانگرهای پرتو گاما داشت [3].



شکل ۱-۱ آشکار ساز **BATSE**. هشت عدد از این آشکار سازها در گوشه های **CGRO** نصب شده بودند. مشاهدات **BATSE**، بر همسانگرد بودن توزیع فضایی فورانگرها و نیز کم بودن خارج از انتظار تعداد فورانگرهای پرتو گامای کم سو دلالت می کرد و بدین ترتیب مدل هایی را که **GRB** را به

⁵ Compton Gamma – Ray Observatory

⁶ challenger

ستاره های نوترونی واقع در قرص کهکشان نسبت می داد بی اعتبار کرد و در مقابل مدل های خارج از کهکشان^۷ را که در آن ها فورانگرهای پرتو گاما در فواصل کیهان شناسی اتفاق می افتند را تقویت نمود [1].

در این دوره ویژگی های اصلی فورانگرهای پرتو گاما نظیر: مدت^۸، تنوع زیاد^۹، عدم تناوب^{۱۰}، وجود دو کلاس از فوران ها (کوتاه مدت و بلندمدت)^{۱۱} به طرز قابل قبولی تأیید شدند. طبیعت غیر گرمایی طیف انرژی آن ها و تنوع طیف آن ها در طی فوران تأیید شدند و به خوبی نیز مورد مطالعه قرار گرفتند.

حضور خطوط جذبی در ۲۰-۴۰ KeV در هیچ یک از طیف های فورانگرهای پرتو گامای مشاهده شده توسط ماهواره BATSE تأیید نشد و بر اساس آن مدل هایی که فورانگرهای پرتو گاما را به ستارگان نوترونی در قرص کهکشان نسبت می داد بی اعتبار شد.

برای فورانگرهای پرتو گامای موجود در قرص کهکشان در فاصله ۱۰۰ pc انرژی مورد نیاز برای هر فوران 10^{38} erg است که این امکان توسط مشاهدات ماهواره BATSE رد شد و کمینه مقیاس فاصله سازگار با همسانگردی منابع ۱۰۰ Kpc افزایش یافت. از این رو تصور اینکه فورانگرهای پرتو گاما در فواصل کیهان شناختی باشند رفته رفته قبول شد.

سرانجام، با در نظر گرفتن نتایج ماهواره BATSE و در نبود هم‌تایان مرئی ویژگی های منابع فورانگرهای پرتو گاما مشخص نگردیدند. سوالات اساسی در این زمینه در سال ۱۹۹۲ توسط محققینی نظیر B.Paczynski مطرح شدند:

چقدر تا فورانگرهای پرتو گاما فاصله داریم؟
آن ها چه هستند؟

چگونه آن ها پرتو گاما تولید می کنند؟

در سال ۱۹۹۶ ماهواره جدیدی که به نجوم پرتو گاما و پرتو X اختصاص داشت پرتاب شد، این مأموریت آلمانی - ایتالیایی که Beppo SAX نام داشت، این امکان را فراهم آورد تا فورانگرهای پرتو گاما بهتر از گذشته شناسایی و تعیین موقعیت گردند، امکان تعیین موقعیت فورانگرهای پرتو گاما را طی چند ساعت پس از فوران فراهم ساخت و سرانجام منجر به کشف شریک اپتیکی در طول موج X برای فورانگرهای پرتو گاما گردید [3].

⁷ Extra - galactic

⁸ duration

⁹ Rapid variability

¹⁰ Lack of periodicities

¹¹ Short and long

پدیده جدید که به دنبال فورانگرهای پرتو گاما مشاهده گردید، اصطلاحاً پس تاب^{۱۲} نامیده می شود. وجود این نوع تابش که شامل گستره خطوط جذب اتمی و مولکولی می تواند باشد در اختر فیزیک دارای اهمیت فوق العاده ای است. پیدا کردن خطوط جذبی در انتقال به سرخ $Z=0.835$ در پس تاب مرئی GRB970508 منجر به تشخیص فاصله این GRB از ما شد [4] و به دنبال آن، خطوط جذبی در پس تاب GRB971214 (با $Z=3.418$) و GRB980703 (با $Z=0.966$) مشاهده شدند [5] که انتقال به سرخ آن ها منطبق بر کهکشان هایی در محل آن ها بود و بدین ترتیب کهکشان هایی در محل این فورانگرهای پرتو گاما و سایر فورانگرهای پرتو گامایی که انتقال به سرخ آن ها از طریق بررسی خطوط جذبی در پس تاب به دست آمده بود پیدا شدند [1].

بدین گونه بود که ماهواره Beppo SAX زمینه جدید بسیار ارزشمندی از درک فورانگرهای پرتو گاما را برای ما گشود و برای این دستاورد، گروه Beppo SAX در سال ۱۹۹۸ جایزه رسی^{۱۳} انجمن نجوم آمریکا و در سال ۲۰۰۲ جایزه دسکارت^{۱۴} انجمن نجوم اروپا را دریافت کرد. در سالی که به سال فورانگرهای پرتو گاما شهرت یافت (سال ۱۹۹۷)، بسیاری از فورانگرهای پرتو گاما شناسایی شدند و انتقال به سرخ آن ها اندازه گیری شد، نشان داده شد که فورانگرهای پرتو گاما در فواصل کیهان شناختی قرار دارند و در این فواصل، قوی ترین انفجار های کیهان هستند و در حدود ده ها ثانیه انرژی ای را آزاد می کنند که خورشید در تمام طول عمرش (سال 10^{10}) آن را تولید نموده است. ماهواره Beppo SAX هم چنین اطلاعات قاطعی را در مورد سرچشمه های فورانگرهای پرتو گاما^{۱۵} ارائه کرد.

بررسی پس تاب فورانگرهای پرتو گاما در کهکشان های میزبانشان به وسیله تلسکوپ فضایی هابل نشان داد که فورانگرهای پرتو گاما در منطقه شکل گیری ستارگان روی می دهند. در سال ۱۹۹۸، Beppo SAX اولین نکته کلیدی از ارتباط بین ابرنواخترها^{۱۶} (SN) و GRB ها را بیان نمود. GRB980425 با دقت اندازه گیری یک الی دو روز با ابر نو اختر SN1998bw سازگاری داشت. این مشاهده مهم نکته مثبتی در شناخت سرچشمه های فورانگرهای پرتو گاما بود. این ارتباط SN-GRB، بعد تر توسط مأموریت های HETE-2 و Swift تأیید شد، تأییدی که در حمایت از مدلی تحت عنوان مدل رمبش وار^{۱۷} که بر پایه انفجار یک ستاره پرجرم از نوع WR^{۱۸} استوار است، دارای اهمیت است.

¹² afterglow

¹³ The Rossi prize

¹⁴ The Descartes prize

¹⁵ progenitors

¹⁶ supernova

¹⁷ collapsar

ارتباط بین **GRB** و **SN** یک مکاشفه فوق العاده است، اما این بدان معنی نیست که هر انفجار ابر نو اخترى منجر به تولید **GRB** می شود چرا که اکثریت متنوعی از ابرنواخترها فوران نسبیتی¹⁹ که برای تولید **GRB** مورد نیاز است را تولید نمی کنند، برای این منظور شرایط ویژه ای مورد نیاز است. این موضوع با این حقیقت که ابرنواخترها با نرخ یک در ثانیه روی می دهند در حالیکه فورانگرهای پرتو گاما با نرخ یک در روز روی می دهند بیان می گردد.

مأموریت موفقیت آمیز **Beppo SAX**، منجر به کشف بسیاری از ویژگی های ظاهری فوران گرهای پرتو گاما گردید:

- تأیید وجود زیرگروهی از فورانگرهای پرتو گاما که فلاش های پرتو $X(XRF)$ ²⁰ نامیده می شوند و انرژی کم تری از فورانگرهای پرتو گامای کلاسیکی از خود منتشر می کنند.
- کشف و شناسایی فورانگرهای پرتو گامای تاریک²¹ که پس تاب هایی در پرتو X دارند. اما به عنوان پس تاب های مرئی قابل شناسایی نیستند.
- کشف ارتباط بین انرژی همسانگرد تابش شده توسط فورانگرهای پرتو گاما و پیک انرژی طیف vF_v آن ها. این ارتباط و سایر کشفیات بعدی، امکان این که از فورانگرهای پرتو گاما به عنوان خط کش های کیهان شناختی استفاده گردد را ممکن ساخت.

بدیهی می نماید که مأموریت فضایی **Beppo SAX** مأموریت مهمی بوده و بسیاری از اسرار فورانگرهای پرتو گاما توسط آن شناسایی شده است اما **Beppo SAX** قادر نبود موقعیت فورانگرهای پرتو گاما را در مدت زمان کوتاه چند ثانیه ای تعیین نماید، این امر وظیفه **HETE-2** و به صورت ویژه **Swift** بود که زمان تعیین موقعیت فورانگرهای پرتو گاما را به مدت ده ها ثانیه کاهش دهد. متخصصین چند ثانیه پس از تریگر از وقوع **GRB** مطلع می شوند و این امر اجازه می دهد تا پیچیدگی های پس تاب های اپتیکی فورانگرهای پرتو گاما آشکار شود.

درماه مارس ۲۰۰۳، ارتباط بین فورانگرهای پرتو گامای بلندمدت و ابرنواخترها به طور کامل تأیید شد زمانی که **HETE-2** ارتباط بین یک **GRB** به شدت درخشان با یک ابرنواختر را در $Z=0.17$ یافت.

در جولای ۲۰۰۵، **HETE-2** توانست اولین پس تاب اپتیکی فورانگرهای پرتو گامای کوتاه مدت را شناسایی کند. این نوع مشاهدات پنجره ای جدید از مطالعات را درباره فورانگرهای پرتو گامای

¹⁸ Wolf-Rayet

¹⁹ Relativistic Jet

²⁰ X-Ray flashes

²¹ Dark GRBs

کوتاه گشود. سرانجام، مطالعه تعداد زیادی از XRF ها توسط HETE-2 نشان داد آن ها چیزی به جز فورانگرهای پرتو گامای نرم نیستند.

در این دوره، مدل هایی مطرح شدند تا تنوع فورانگرهای پرتو گاما را توصیف نمایند، مدل هایی که بیان می کردند: انتشار فوران نسبی توسط ستاره در حال مرگ، دو ستاره در حال ادغام، یک ستاره و سیاه چاله در حال ادغام و یا مغناطیدگی شدید یک ستاره، ممکن است مکانیزم های کلی برای توصیف فورانگرهای بلند مدت و کوتاه مدت باشند.

اولین استفاده ممکن از فورانگرهای پرتو گاما به عنوان خط کش های کیهان شناختی، بسط و توسعه نمودار هابل با استفاده از مشاهدات ابرنواخترهای نوع Ia می باشد. گرچه فورانگرهای پرتو گاما شمع های استاندارد نیستند اهمیت ویژه آن ها این است که چگونه درخشندگی فورانگرهای پرتو گاما می تواند استاندارد شود، با وجود تمام پیشنهادهای موجود هنوز روشی برای استاندارد کردن درخشندگی فورانگرهای پرتو گاما با دقت به اندازه کافی به دست نیامده است تا قیود جدیدی بر روی پارامترهای کیهان شناسی اضافه گردد.

بررسی فورانگرهای پرتو گاما در انتقال به سرخ بالا، پنجره جدیدی از جستجو بر روی کیهان اولیه در زمان بازیونش، زمانی که اولین نسل از ستارگان ظاهر شدند را می گشاید. این موضوع، اجازه می دهد، فلز (عناصر سنگین) کهکشان های میزبان به وسیله خطوط منتشر شده ای که از گاز داغ یونیزه در منطقه شکل گیری ستارگان سرچشمه می گیرند بررسی و مطالعه شود، هم چنین اجازه می دهد ویژگی های کهکشان های میزبان GRB ها با میانگین جمعیت کهکشان ها در همان انتقال به سرخ مقایسه گردد.

مطالب فوق و فوتون های دارای انرژی بالا و نشر غیر الکترومغناطیسی نظیر: $^{22}\text{UHECRS}$ ، نوترینوهای انرژی بالا و موج های گرانشی زمینه مطالعات جدید و پیش روست که دو مأموریت فضایی GLAST/Fermi (پرتاب شده توسط ناسا در سال ۲۰۰۸) و ماهواره کوچک تر AGILE (پرتاب شده توسط ASI در سال ۲۰۰۷) به منظور انجام همین مطالعات و در همین راستا صورت پذیرفته است [3].

²² Ultra High Energy Cosmic Rays

فصل دوم

مشاهدات، ویژگی ها و روابط

۱.۲. مقدمه:

مطالعه اجرام اخترفیزیکی اساساً بر مبنای سه نوع اطلاعات، زمانی، طیفی و زاویه ای سیگنال های الکترومغناطیسی این اجرام صورت پذیرد. فورانگرهای پرتو گاما، با توجه به تعریف، سیگنال هایی در مدت کوتاه (زمان) و در باند پرتو گاما (طیف) و از چشمه هایی نقطه ای (زاویه) گسیل می شوند. این سیگنال ها نوعاً در انرژی های زیر MeV هستند و به علت محدود بودن اطلاعات موجود، در شرایط فعلی درک ماهیت این پدیده امری دشوار است. در حالی که اکثریت پدیده های اخترفیزیکی، در دوره زمانی طولانی تر و در باند طیفی گسترده تری روی می دهند.

در سال های نخستین کشف این پدیده یعنی اواخر دهه ۱۹۶۰ میلادی، تعداد مدل های ارائه شده برای فورانگرهای پرتو گاما از تعداد فورانگرهای پرتو گامای کشف شده بیش تر بود که رفته رفته با تجمع داده های مشاهداتی، بسیاری از این مدل ها حذف و قیود جدیدی نیز بر برخی از مدل ها وارد شد.

امروزه فورانگرهای پرتو گاما پدیده هایی ستاره ای تصور می گردند که در فواصل کیهان شناختی روی می دهند، رویدادهایی که احتمالاً شامل سیگنال های غیر الکترو مغناطیسی نظیر پرتو های کیهانی، نوترینوها و امواج گرانشی نیز می باشند از این رو فورانگرهای پرتو گاما را فصل مشترک شاخه های مختلف اخترفیزیک می نامند.

فورانگرهای پرتو گاما تقریباً هم زمان با کوازارها (یا در بیانی وسیع تر، هسته های فعال کهکشانی^{۲۳} یا AGN ها) و تپ اخترها^{۲۴} کشف شدند. کشف این دو پدیده تحول مهم دهه ۱۹۶۰ به شمار می آید. طبیعت این دو گونه اجرام تقریباً به فاصله کمی از کشف آن ها مورد توافق عمومی قرار گرفت. در حالی که در مورد فورانگرهای پرتو گاما گرچه مدل استاندارد ا ارائه گردیده است اما هم

²³ Active Galactic Nuclei

²⁴ Pulsars

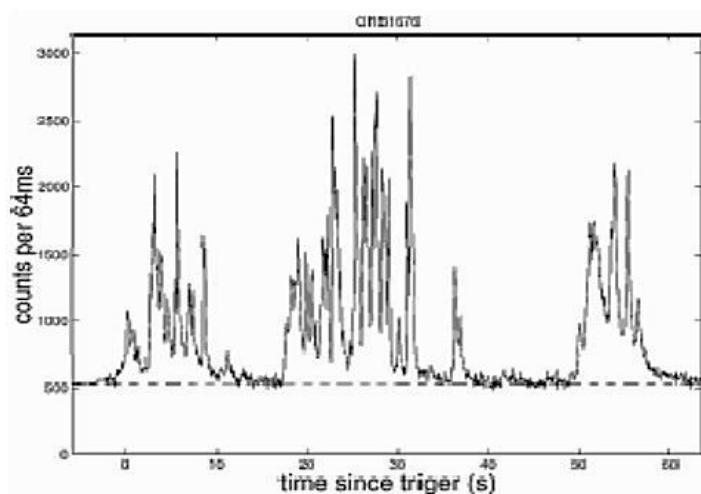
چنان مشاهدات تجربی در این حوزه منجر به درک غیر منتظره ای در درک چشمه مرکزی فورانگرهای پرتو گاما نگردیده به گونه ای که توافق عمومی را به دنبال داشته باشد. در این فصل، برخی از ویژگی های فوران گرهای پرتو گاما، با توجه به مشاهدات تجربی ماهواره های فضایی، علی الخصوص BATSE که تحولی را در این حوزه به وجود آورد بیان می گردد.

۲.۲. ویژگی های ظاهری:

۱.۲.۲. شکل ظاهری:

منحنی نور^{۲۵} در فورانگرهای پرتو گاما بی قاعده بوده، در بعضی از فورانگرها پر از مولفه های میخ دار و به شدت نامنظم و در بعضی دیگر از فورانگرها منحنی نور شامل یک یا چند مولفه می باشد (نگاه کنید به نمودار ۱.۱).

در برخی دیگر از فورانها، منحنی نور دارای فعالیت های جداگانه ایست. به طوری که در یک مدت کوتاه، فعالیتی دیده نمی شود ولی دوباره شمارش از حد آستانه فراتر می رود تا این که نهایتاً به صفر می رسد. این روال گاهی چند بار در یک GRB دیده می شود.



نمودار ۱-۲ نمونه ای از یک GRB که دارای چند اپیزود جداگانه پس از آغاز تریگر است. تنوع در اشکال ظاهری فورانگرهای پرتو گاما بسیار سریع درک گردید و گرچه کوشش هایی در جهت طبقه بندی فورانگرهای پرتو گاما با توجه به این خاصیت صورت پذیرفت اما موفقیتی حاصل نگردید.

²⁵ Light Curve