

# اثر فعالیتهای خورشیدی

## بر فعالیت ماهواره‌های دورسنجی و مخابراتی

دکتر عبدالله سیف

عضو هیات علمی گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان

مهندس مجید ناجی

کارشناس فیزیک (مرکز نجوم ادیب اصفهان و مخابرات کرج)

### مقدمه

امروزه هزاران ماهواره با اهداف مختلف در فضای اطراف در حال گردش به دور زمین می‌باشند و هر کدام از این ماهواره‌ها بسته به هدفی که دنبال می‌کنند در ارتفاع خاصی قرار دارند. ماهواره‌ها نقش بسیار مهمی در تحقیقات علمی و ارتباطات برعهده دارند. و شاید بتوان گفت این ماهواره‌ها هستند که این دهکده جهانی را تحقق بخشیده، بنابراین در تمدن کنونی نقش حساسی را برعهده دارند. برخلاف تصور ماهواره‌ها به دور از تأثیرات عوامل محیطی در فضای اطراف خودشان نبوده و متأثر از عواملی همچون خورشید و فعالیتهای خورشیدی و سایر تأثیرات اتمسفریند. از جمله آنها می‌توان به دفع ماده تاجی خورشید، شراره‌های خورشیدی و... اشاره نمود. در این مقاله برآنیم که برخی از عوامل مولد بی‌نظمی در کار و عمر ماهواره‌ها را به اختصار شرح دهیم.

از نقاط قوت مقاله می‌توان به جدید بودن بیشتر مطالب اشاره نمود و از جمله اینکه بسیاری از این مطالب در دهه‌های اخیر کشف شده و ما نیز آنها را از جدیدترین سایتهای اینترنتی و مقالات کسب نموده‌ایم.

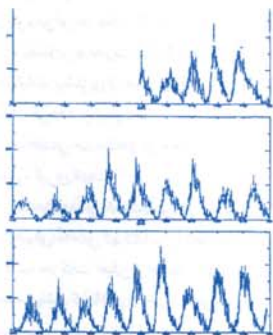
### بجث

خورشید کره سوزانی است که در فاصله  $150 \times 10^6$  کیلومتر از ما قرار دارد خورشید منبع حیات و تقریباً تمام انرژیهای موجود در سطح زمین است. برخلاف تصور خورشید همیشه آرام نیست و بیرون داد انرژی و ماده (نور و باد خورشیدی و...) از خورشید ثابت نبوده و دارای افت و خیزهای منظم و یا نامنظمی است. عوامل زیادی موجب این نوسانات می‌شوند که در اینجا در مورد سه عامل از مهمترین آنها که عبارتند از (۱) لکه‌های خورشیدی (۲) شراره‌های خورشیدی (۳) دفع ماده تاجی (CME) توضیح مختصری خواهیم داد.

### (۱) لکه‌های خورشیدی

در بیش از ۴۰۰۰ سال قبل نیز توسط منجمین چینی رصد شده بودند اما حدود ۲۰۰ سال است که منجمین شروع به بررسی در مورد ماهیت وجودی آنها کرده‌اند. لکه‌های خورشیدی نقاطی هستند که در آنها میدانهای مغناطیسی متراکم، با شدتی بیش از ۴۰۰۰ برابر شدت میدان مغناطیسی زمین وجود دارد. این میدان شدید از رسیدن کامل انرژی از لایه‌های پایین تر خورشید

۴۶ / دوره سیزدهم، شماره پنجاه و یکم



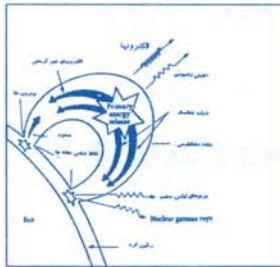
نگاره (۱): منحنی تغییرات تعداد لکه‌های خورشیدی از سالهای ۱۷۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی

به آن نقاط جلوگیری کرده و دمای آن نقاط را به حدود ۳۰۰۰-۴۰۰۰ درجه کلونین می‌رسانند. (در حالی که دمای نقاط اطرافشان در حدود ۶۰۰۰ درجه کلونین است) و این موجب می‌شود که ما آنها را به صورت نقاطی سیاه رنگ و تاریک در زمینه‌ای روشن (قرص خورشید) مشاهده کنیم. تعداد این لکه‌ها همیشه ثابت نبوده و با تناوبی تقریباً ۱۱ ساله کم و زیاد می‌شوند. (نگاره (۱)) که به آن دوره لکه‌های خورشیدی می‌گویند. در هنگامی که تعداد لکه‌ها بیشینه است، فعالیتهای خورشیدی نیز تقریباً بیشینه‌اند و برعکس. شدت نور خروچی از خورشید مخصوصاً در طیف‌های ایکس و ماوراء بنفش نیز تا حد زیادی با دوره لکه‌های خورشیدی در ارتباط است. (نگاره‌های (۲) و (۳)) پدیده‌های همچون شراره‌های خورشیدی و دفع ماده تاجی نیز در هنگام بیشینه بودن لکه‌ها در خورشید بیشتر اتفاق می‌افتند.

### (۲) شراره‌های خورشیدی (Solar Flares)

هنگامی که دو سرسیم برق را به یکدیگر بسیار نزدیک کرده و بر روی یکدیگر قرار دهیم جرقه و دود زیادی همراه با حرارت در نقطه تماس تولید می‌شود. دو جریان مخالف الکتریکی در یک سیم یا نقطه، در جهت مخالف یکدیگر عبور کرده و انرژی جنبشی الکترونها و آنها بر اثر برخورد شدید آنها در داخل سیم برق به یکدیگر، تبدیل به نور و گرما می‌شود. بر روی سطح

ارتباطات رادیویی موج کوتاه در تمام قسمت روزگرمه زمین می‌گردد



نگاره (۴):  
مدل مخروطی یک  
شاره خورشیدی

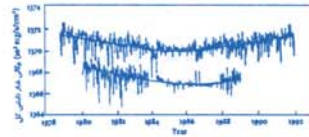
### دفع ماده تاجی (Corona Mass Ejection (CME

در بعضی از مواقع در هنگامی که خورشید در بیشینه‌اش (بیشینه لکه‌ها) است به میزان بسیار زیادی از موادی اجزای خروج ناگهانی رامی‌دهد. یک ابر بزرگ و داغ از پلاسما یوسیله فشار میدان مغناطیسی خورشید در بالای فوتوسفر (نورسپهر) در ناحیه‌ای به نام رنگین سپهر (کروموسفر) نگه داشته می‌شود، پناهی دلایلی که هنوز هم کاملاً روشن نیست. این ابر میلیاردها تنی از ماده، می‌تواند از هم باز شده و از خورشید به بیرون پرتاب شود. هنگامی که این ابر به نقاط کم برد (Lower Reach) تاج خورشید رسید، گازهای درون ابر ناگهان منبسط شده و تاسرعت‌های میلیونها کیلومتر بر ساعت شتاب می‌گیرند. در عرض چند روز در حالی که قسمتهایی از ابر پلاسما هنوز مدارهای عطارد دوزهره را احاطه کرده است، ابر پلاسما به زمین می‌رسد. در این موقع دفع مواد تاجی (CME) موجب تغییر شکل چارچوب تکه ابرهای پلاسمایی و حباب میدانهای مغناطیسی (مگنتوسفر) در منظومه شمسی و زمین می‌شود. این مواد تاجی به شکل یک فر فر عظیم چرخان تا فراتر از مدار پلوتو نیز جریان می‌یابند. هیچ دو (CME) ای با هم یکسان نیستند و منجمین این انفجارات را با خواص متوسطشان می‌سنجند. این (CME) ها هر یک موجب وقوع طوفانهای مغناطیسی، و یا شفقهای قطبی (نور شمالگان و جنوبگان) می‌شوند.

### اثرات خورشید زمین

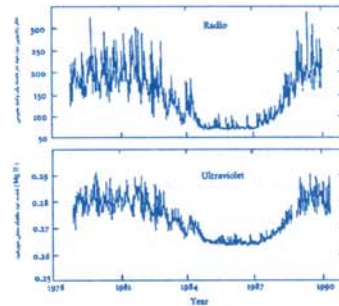
در یانوردن سالها از میدان مغناطیسی زمین همچون راهنمایی مطمئن برای یافتن راه خود در دریا استفاده می‌کرده‌اند. شکل میدان مغناطیسی زمین تقریباً مانند شکل میدان مغناطیسی یک آهن ربای میله‌ای است و اگر بادهای خورشیدی (ذرات باردار خارج شده از خورشید) وجود داشتند، این میدان از مدار ماه نیز فراتر می‌رفت. در حقیقت در اثر بادهای خورشیدی، شکل این میدان تا حد زیادی در فضای خارج تغییر شکل پیدا کرده و در سمت روز بر اثر فشار باد خورشیدی میدان مغناطیسی به سمت زمین هل داده شده است و در سمت شب نیز بر اثر فشار باد خورشیدی کشیده شده و شکلی مانند دم یک دنباله‌دار پیدا کرده است. (شکل میدان در قسمتهای خارجی (U) شکل شده است) (نگاره ۵). این ناحیه در نزدیک زمین را که در آن میدان مغناطیسی زمین حرکت ذرات باردار را کنترل می‌کند دانشمندان کره مغناطیسی یا مگنتوسفر (Magnetosphere) نامیده‌اند.

خورشید نیز تقریباً چنین پدیده‌ای (شاره‌های خورشیدی) با مقیاس و اندازه‌های بسیار بزرگتر و شدیدتر، و با نتایج بسیار مهیب‌تری که می‌تواند تمام منظومه شمسی را تحت تأثیر قرار دهد اتفاق می‌افتد.



نگاره (۲): ثابت  
خورشیدی (1370w/m<sup>2</sup>)  
میزان ثابتی نیست

و میزان آن در طول روزها و سالها تغییر می‌کند. تابش سنجهای سوار شده بر روی دو ماهواره نیمبوس (Nimbus) (نگاره بالا) و ماوریت ماکزیم خورشیدی (SMM) (نگاره پایین) این تغییرات ثابت خورشیدی را در تمام طول موجها، ثبت و اندازه‌گیری کرده‌اند. همانطور که دیده می‌شود بین تعداد لکه‌ها و چگالی شار تابشی کل رابطه مستقیمی وجود دارد.



نگاره (۳): شدت  
تابش رادیویی  
(نگاره بالا) و ماوراء  
بنفش (پایین)  
خورشید در یک دوره  
تقریباً ۱۱ ساله  
تغییر می‌کند. شدت  
آنها در هنگام بیشینه  
لکه‌ها (اوایل ۱۹۹۰  
و ۱۹۸۰) بیشتر از  
هنگام کمینه لکه‌ها (۱۹۸۶) است.

هرگاه یک گروه از لکه‌های خورشیدی با گروه دیگری از لکه‌ها برخورد کند (مانند دو کشتی متحرک بر روی دریا) و یا یک لکه جدید فروزان در کنار لکه دیگری پدیدار شود، در صورتی که قطبیت دو لکه (یا گروه لکه) مشابه یکدیگر نباشند، دو جریان از گازهای جاری در یک قسمت مشابه از سطح خورشید و در دو جهت مخالف یکدیگر به حرکت درمی‌آید. (مشابه دو سیم برق) میلیونها امپر جریان در جهات مختلف یکدیگر حرکت کرده و انرژی ای در حدود ۱۰ ژول را در جو خورشید آزاد می‌نمایند. (این انرژی بیش از انرژی هزار بمب هیدروژنی است) به خاطر اینکه لکه‌های خورشیدی و گازهای اطراف آنها با سرعت هزاران کیلومتر در دقیقه در جریان و حرکت اند. شرایط مغناطیسی می‌تواند تنها در عرض چند دقیقه از یک طوفان خورشیدی کوچک تا یک انفجار بزرگ بالا رود، بعد از ۲۰ دقیقه یا کمتر میدانهای مغناطیسی به شکل هموارتری برای آزادسازی انرژی دوباره به یکدیگر وصل می‌شوند و گازها تا میلیونها درجه سانتیگراد گرم شده و با انفجاراتی از اشعه (X) از محیط خارج می‌شوند. (نگاره ۴) و بعد از حدود ۹-۸ دقیقه این اشعه ایکس به زمین رسیده و اغلب موجب قطع

تا ۱۲۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارد. کمربند خارجی نیز بیشتر شامل الکترونهای با انرژی بیش از (Mev) ۱ است و در ارتفاعی بین ۲۵۰۰۰ تا ۴۰۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارد.

به غیر از این دو کمربند دو سیستم مه از ذرات باردار که دارای مدارهای ناپیدایی به دور زمین اند، نیز وجود دارند. این دو سیستم به نامهای پلاسماکره (Plasmasphere) و حلقه جریان (Ring Current) نامیده شده‌اند. هر دو سیستم شامل ذرات با انرژی کمتر از ذرات موجود در کمربندهای وان آلن اند، ولی هر دو فضایی در حدود فضای کمربندهای وان آلن را اشغال کرده و دست کم تا ارتفاعی در حدود ۴۵۰۰۰ کیلومتر بالاتر از سطح زمین گسترده‌اند.

### عوامل خورشیدی به وجود آورنده بی نظمی‌های در حرکت و کار ماهوارهها

عوامل مؤثر بر بی نظمی در کار و حرکت ماهواره‌ها به چندین دسته تقسیم‌بندی می‌شوند در زیر چند بی نظمی بالقوه در ماهواره‌ها که در ارتباط مستقیم با فعالیتهای خورشیدی اند را توضیح خواهیم داد.

- ۱) باردار شدن سطح ماهواره‌ها (۲ باردار شدن دی الکترونیک‌های داخلی یا حجم (گوشته) ماهواره (۳ آشفتگی‌های تک حادثه‌ای (SEU) بر اثر (a) پرتوهای کیهانی کهکشانی (b) رخدادهای پرتوئی خورشیدی (SPE) (۴) اثر ترمزی جو بر ماهواره (برای ماهواره‌های با ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر)
- ۵) اثر میزان تابش کلی (۶) تداخلهای رادیویی (RF) خورشیدی و سوسوزنی در دروسنجی (۷) خرددهای فضایی (۸) جهت یابی ماهواره (۹) نوفه‌های (نویزها) فوتونیکی (۱۰) فرسایش مواد ماهواره (۱۱) برخورد با شهاب‌سنگها.

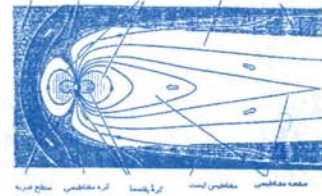
در اینجا به شرح هر کدام از این عوامل خواهیم پرداخت:

#### باردار شدن سطح ماهواره

باردار شدن سطح ماهواره تا ولتاژ بالا با فاصله موجب مشکلاتی برای ماهواره نمی‌شود. باردار شدن دیفرانسیلی ماهواره و در نتیجه تولید جرقه الکتریکی بین دو سطح با میزان بار متفاوت است که موجب می‌شود که مواد بر روی سطح ماهواره آسیب دیده و نیز تداخل الکترومغناطیسی ایجاد شود، که این تداخل نیز می‌تواند به قطعات الکترونیکی ماهواره آسیب برساند. باردار شدن سطح ماهواره اغلب بر اثر تغییرات در پارامترهای پلاسمای کم انرژی در اطراف ماهواره همراه با اثر فوتوالکترونیک نور خورشید است. به خاطر کم انرژی بودن پلاسمای این نوع باردار شدن به قسمتهای داخلی ماهواره نفوذ نمی‌کند و می‌توان آنرا با انتخاب بدنه درست و صحیح مواد به کار رفته در سطح ماهواره و تکنیکهای اتصال بدنه تا حد زیادی کم کرد.

باردار شدن سطحی بیشتر در زمان طوفانهای مغناطیسی اتفاق می‌افتد و در هنگامی که ماهواره وارد نیمه شب محلی اش (از دید خورشید کاملاً در پشت زمین قرار گیرد) می‌شود معمولاً این اثر شدیدتر است، هر چند ممکن است در هر زمانی این اثر اتفاق بیفتد. در هنگام وقوع طوفانهای خورشیدی عبور از حالت شب به روز و یا روز به شب برای ماهواره خصوصاً مسئله‌ساز است، در هنگامی که اثر فوتوالکترونیک نور خورشید در جایی (در قسمت روز) وجود دارد و در جایی دیگری به ناگهان قطع شده و وجود ندارد عبور از این دو ناحیه متفاوت در یک زمان کوتاه می‌تواند موجب تخلیه الکتریکی

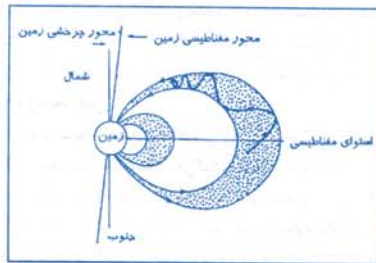
نوفه‌های پلاسمای خورشیدی که در کمربندهای وان آلن توسط میدان مغناطیسی زمین



نگاره (۵)

بر اثر چرخش زمین و ضربه باد خورشیدی و دفع ماده تاجی از بیرون، ناحیه مغناطیسی که سرعش شده و می‌تواند طوفانی شود، در چنین مواقعی (حالت طوفان مغناطیسی) عقربه قطب‌نماهای بروی سطح زمین تا چندین درجه انحراف و خطا پیدا کرده و دقت خود را از دست می‌دهند. در هنگامی که قطبیت میدان مغناطیسی باد خورشیدی مشابه با قطبیت میدان مغناطیسی زمین نباشد (قطبیت جنوب جو) میدان مغناطیسی باد خورشیدی با میدان مغناطیسی زمین اتصال پیدا کرده و انرژی مغناطیسی و ذرات باردار به درون مغناطیسی زمین از طریق باد خورشیدی انتقال می‌یابند.

در این حالت طوفان مغناطیسی زمانی آغاز می‌شود که آنرا حتی با داشتن یک مغناطیس سنج ساده نیز می‌توان آشکار کرد. تغییرات در باد خورشیدی و مغناطیسی، موجب تغییرات در ناحیه دم مغناطیسی زمین می‌شود. این دم بر اثر نیروی فشار باد خورشیدی کشیده شده و دارای درازایی در حدود ۱ میلیون کیلومتر است. تغییرات در این دم مغناطیسی موجب می‌شود که بعضی از ذرات موجود در ناحیه خنثی دم، از طریق خطوط مغناطیسی زمین هدایت شده و در قطبین مغناطیسی زمین، (S,N) مغناطیسی شفق‌های زیبای قطبی را به وجود آورند.



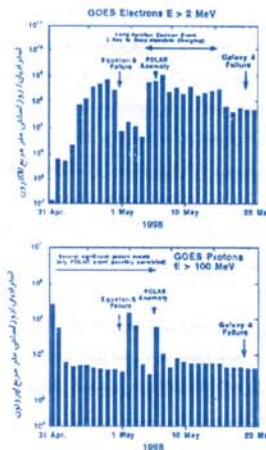
نگاره (۶): شکل دقیق‌تر کمربندهای وان آلن در اطراف زمین

اطراف کره زمین را کمربندهایی از ذرات باردار به نام کمربندهای وان آلن نیز احاطه کرده‌اند. این کمربندها که از نزدیک قطب شمال تا جنوب مغناطیسی امتداد دارند، شامل ذرات باردار اغلب آمده از خورشید هستند که توسط میدان مغناطیسی زمین گرفتار شده‌اند. آنها در حقیقت شامل دو کمربند داخلی و خارجی اند. کمربند اول شامل ذرات با انرژی (Mev) ۱۰ است که اغلب آنها پروتوئینهای پر انرژی‌تری اند. این کمربند در ارتفاعی بین ۷۰۰

بر روی سطح ماهواره گردد. شاخص (K) برای اندازه گیری عمومی طوفانهای زمین مغناطیسی (ژئومغناطیسی) و بنابراین وقوع باردار شدن سطحی است. این شاخص از ۰ تا ۹ (۰ = حالت آرام و ۹ = حالت بسیار آشفته) درجه بندی شده و هر سه ساعت به سه ساعت اندازه گیری می شود. این شاخص از اطلاعات حاصل از مغناطیس سنج های بر روی زمین، استخراج می شود و به عنوان جانشینی برای سنجش پلاسما حقیقی در ارتفاع ماهواره به کار می رود. عموماً اثر باردار شدن سطحی از  $K=4$  تا  $K=5$  شروع می شود. در  $K=6$  باردار شدن سطحی مسئله ساز می شود. برای ریز طوفانها (طوفانهای کوچک و محلی در ناحیه خنثی و قطبی مغناطیسی) که در فضای محدود کوچکی قرار دارند نیز شاخص (KP) (شاخص سیاره ای) (K) بکار می رود.

### باردار شدن دی الکتریک های داخلی یا حجم ماهواره

این پدیده اصولاً برای ماهواره های دارای ارتفاع زیاد یک مسئله است. این مشکل در زمانهایی که زمین در جریان بادهای خورشیدی با سرعت بالا، غوطه ور می گردد و شارهای الکترونیکی نسبی ( $E > 1 \text{ MeV}$ ) در کمربندهای وان آلن زیاد می شوند می تواند به وجود آید. این الکترونها به راحتی از پوشش محافظ ماهواره گذشته و در هر جایی بر روی عایقهای مانند کابل های رشته ای صفحات مدارو... می نشینند و آنها را باردار می کنند. اگر شار این الکترونها زیاد و طولانی مدت باشد، تخلیه های الکتریکی ناگهانی ممکن است در درون ماهواره اتفاق افتد. میزان شار این الکترونها با دوره ۱۱ ساله خورشید تغییر می کند. شارش زیاد آنها در اواخر دوره و کمینه فعالیتهای خورشیدی رایج تر است. گاهی اوقات مربوط به الکترونها با انرژی بالا با یک تناوب ۲۷ روزه (تناوب متوسط حرکت چرخشی خورشید به دور خودش) نیز تکرار می شوند.



نگاره (a): مقدار شار پروتانه الکترونیکی با انرژی (E) برای یک دوره زمانی بین ۲۱ آوریل ۱۹۹۸ تا ۲۰ می ۱۹۹۸. در این نمودار نام تعدادی ماهواره که با مشکل روبرو شده اند را می بینید.  
نمودار (b): شبیه نمودار (a) است. اما برای پروتونهای با انرژی ( $E > 100 \text{ MeV}$ )

به نظرمی رسد که این گونه تخلیه های الکتریکی، با تناوبهای طولانی (۱۱) ساله شارهای بالای الکترونیکی پراکنشی در تناسب است در این زمانها، بارنشسته شده بر روی عایقها، میزان نشتی طبیعی عایقها را زیاد می کند به عبارت دیگر بارها بر روی عایقها می نشینند و بعد از رسیدن به ولتاژ شکست، تخلیه الکتریکی اتفاق می افتد. (SEC) (مرکز محیط فضا) حس گرهای شار الکترونیکی پراکنشی را در ماهواره (GEO GOES) قرار داده است. این دستگاهها شارهای الکترونیکی، الکترونیکی با انرژی بیشتر از  $0.6 \text{ MeV}$  و بیشتر از  $2 \text{ MeV}$  را اندازه گیری می کنند. به طور مشهود دیده شده است که در هنگامی که شار الکترونیکی ( $> 2 \text{ Mer}$ ) بیشتر از  $1000 \text{ cm}^2/\text{sec}$  ذره شارهای الکترونیکی برای تمام ماهواره های (GEO) (ماهواره های زمین آهنگ) در یک زمان زیاد می شود ولی یک تغییرات روزانه وجود دارد بگونه ای که برای ماهواره هایی که در ظاهر محلی (روبروی خورشید) قرار دارند این شارها به اندازه یک مرتبه بزرگی بیشتر می شود.

### آشفتنگی تک حادثه ای (SEUs)

آشفتنگی های تک حادثه ای هنگامی اتفاق می افتد که ذره ای با انرژی زیاد ( $> 50 \text{ MeV}$ ) از پوشش حفاظتی ماهواره گذشته و به قطعه ای برخورد نماید و موجب اختلال در کار ماهواره شود این آشفتنگی عموماً یک حالت برخوردی یا از دست دادن است. اثرات می تواند از حدود لغزش یک قطعه ساده تا قفل شدن و یا از کار افتادن یک قسمت از ماهواره باشند. بمباران ذره ای قطعات حافظه می تواند موجب تغییرات در نرم افزار بر روی ماهواره شود، که این می تواند از یک خسارت فیزیکی تا یک باردار شدن که موجب یک تکان کوچک می شود را در برگیرد. دو حادثه طبیعی موجب این اثر می شود، یکی پرتوهای کیهانی کهکشانی (GCRs) و دیگری رخدادهای پروتونی خورشیدی. (SPEs) (GCR)ها در حقیقت ذرات پراکنشی اند که گاهی ذرات با جرم هسته ای بالا و انرژی های تا حد (Gev) نیز در آنها دیده می شود خوشبختانه شارش (GCR) نسبتاً کم است و بنابراین اثرات (SEU) حاصل از آنها نیز بسیار کم است. شارش (GCRs) در حالت کمینه خورشید در حدود ۲۵٪ بیشتر می شود. (به این خاطر که خورشید مواد کمتری را به خارج از خودش می فرستد)

رخدادهای پروتونی خورشیدی (SPEs) در هنگامی که خورشید در سالهای پیشینه فعالیتهايش قرارداد بیشتری است. (SPEs) بر اثر شارهای نیرومند خورشیدی و همراه با دفع ماده سریع تاجی اند. در هنگام وقوع (SPE) ماهواره ها افزایش ناگهانی بمباران شدن توسط ذرات پراکنشی، عموماً پروتونها را تجربه می کنند. در این حالت شارهایی از ذرات با انرژی بیش از  $10 \text{ MeV}$  می تواند تا  $1000 \text{ cm}^2/\text{sec}$  پروتون  $70000$  نیز برسند. (SEC) دارای آشکار سازه های پروتونهای با انرژی بالا بسر روی ماهواره های (Goes, GEO, NOAA) با بامیل زیاد و ارتفاع کم (LEO) در هنگامی که در ناحیه شفقی (ناحیه ای که در آن شفقی قطبی اتفاق می افتد) در بالای زمین قرار می گیرند، بیشترین میزان شارش را تجربه می کنند. و در رویدادهای نادری هنگامی که یک (SPE) همزمان با یک



اشعه (UV) خورشید استفاده می‌شود. (بین تغییرات (UV) و تابش (10/7cm) ارتباط مستقیم وجود دارد. (نگاره (۳))

از شاخص (KP) نیز معمولاً به عنوان جانشینی برای سنجش گرم شدن کوتاه مدت جو بر اثر طوفانهای مغناطیسی استفاده می‌شود. عموماً یک شارش بزرگتر از ۲۵۰ واحد شارخورشیدی در تابش (10/7cm) خورشید و (KP >= 6) موجب افزایش آشکاری در ترمز جوی ماهواره‌های (LEO) می‌شود یک شارش بسیار زیاد امواج (UV, 10/7cm) و میزان (KP) زیاد می‌تواند در زمان بسیار کوتاهی ترمز جوی را افزایش دهد. به طور مثال در طوفان مغناطیسی بزرگ ۱۳ و ۱۴ مارس ۱۹۸۹ مسیر بیش از ۱۳۰۰ جسم فضایی (اغلب آنها خرده‌های فضایی (debrids) بودند بر اثر ترمز جوی حاصل از طوفان تغییر کرد و دارای ارتفاع کمتری شدند حتی ارتفاع یکی از ماهواره‌های (LEO) در حدود ۳۰ کیلومتر کم شد. این اثر در سالهای قبل از ۱۹۸۹ نیز موجب سقوط ایستگاه فضایی (Skylab) و ماهواره Solar SMM Maximum mission نیز شده بود.

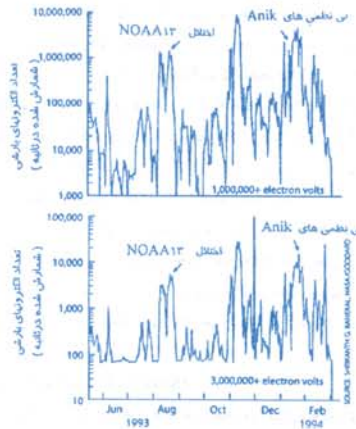
### اثرات میزان تابش کل

عمر ماهواره‌ها بر اثر بمباران دائمی ماهواره بوسیله (GCR)ها و تابشهای به دام افتاده و (SPE)ها کم می‌شود. مدل‌های زیادی وجود دارد که عمر یک ماهواره را با توجه به میزان چشم‌داشتی تابش کل در مدارهای مختلف و حالت‌های مختلف دوره خورشیدی تعیین می‌کند. به توسط این مدل‌ها میزان تابش کلی حدث زده می‌شود که این حدث برای تخمین زمان عمر یک ماهواره مهم و مفید است. میزان (GCR) هایی که یک ماهواره در یافت می‌کند معمولاً ثابت است، تغییرات در تابشهای گیر افتاده که با دوره‌های خورشیدی در ارتباطند نیز به خوبی مدل سازی شده‌اند، اما (SPE)ها با اینکه اغلب در سالهای پیشینه خورشیدی اتفاق می‌افتند مدل سازی شان از جنبه شدت و زمان وقوع بسیار سخت است. قطعات ماهواره‌ها در مقابل میزان زیاد تابش کلی پایدار و مقاوم ساخته شده‌اند اما دانستن اینکه هر ماهواره‌ای در حین عبورهای سریعش چه میزانی از تابش را تحمل می‌کند برای سازندگان ماهواره‌ها مهم است. صفحات خورشید (پانل) ماهواره‌ها دائماً و به طور فیزیکی توسط ذراتی که دارای انرژی کافی برای نفوذ به داخل سطحشان هستند تخریب می‌شوند در مدت زمان یک (SPE) بزرگ و پر انرژی چندین درصد از خروجی این پانلها بر اثر تخریب می‌تواند از دست برود که این خود موجب کم شدن عمر سلولهای خورشیدی و در نهایت عمر ماهواره می‌شود.

### تداخلهای رادیویی (RF) خورشیدی و سروسزنی در دوررسنجی

خورشید چشمه قوی و بسیار متغیری در پاند و وسیع رادیویی است در بعضی از مواقع خورشید در کلرگ کناری (Side-Lobe) و یا حتی شعاع اصلی (Mainbeam) آنتن زمینی‌ای که به سمت ماهواره است قرار می‌گیرد. در آن حالت اگر در خورشید انفجار رادیویی بزرگی صورت گیرد، علامت رادیویی که از ماهواره فرستاده می‌شود توسط امواج رادیویی خورشیدی پوشانده می‌شوند. بیشترین تکرار این انفجارات بزرگ رادیویی اغلب در هنگام سالهای پیشینه خورشیدی است و بنابراین در هنگامی که مسیر ماهواره از نزدیکی خورشید عبور می‌کند (تا حدود ۱ درجه) به وقوع انفجارات رادیویی

طوفان ژئومغناطیسی شدید در ناحیه شفق زمین اتفاق می‌افتد ماهواره‌های کم میل (LEO) نیز ممکن است با مشکلاتی روبرو شوند.



نگاره (۸): میزان بارش الکترونیهای از مغناطسکره به سمت زمین ومشکلات بوجود آمده برای تعدادی از ماهواره‌ها

### اثر ترمزی جو بر ماهواره

ماهواره‌های (LEO) دوره‌هایی از اثر ترمز جو زمین (Drag) را که موجب کند شدن سرعت آنها و کم شدن ارتفاعشان و در نهایت ورود مجدد آنها به جوی می‌شود را تجربه می‌کنند. این اثر معمولاً برای ماهواره‌هایی است که در ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر از سطح زمین قرار دارند. و موجب کم شدن عمر مفید این گونه از ماهواره‌ها می‌شوند. زمانی که یک ماهواره می‌تواند در یک مدار دایره‌ای و در نزدیک سطح زمین با وجود اثر ترمزی جو سبزی کند به ارتفاع ماهواره، شکل و جرم ماهواره بستگی دارد. با یک تخمین نسبی می‌توان زمان عمر یک ماهواره که دارای مدار دایره‌ای است را در ارتفاعات مختلف به صورت زیر نوشت:

ارتفاع (km)	۱۰۰	۲۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۵۰۰	۶۰۰
عمر ماهواره	۱ ساعت	۴/۵ روز	۶۷ روز	۱/۲ سال	۵/۴ سال	۱۸ سال

همانطور که دیده می‌شود یک رابطه تقریبی مستقیم بین زمان عمر یک ماهواره (LEO) و ارتفاع ماهواره به توان ۶/۶ وجود دارد.

حاصل میزان افزایش ترمز جوی با میزان افزایش در خروجی اشعه ماوراء بنفش (UV) خورشید و گرم شدن بیشتر لایه‌های بالای جو زمین، که در زمان طوفانهای مغناطیسی اتفاق می‌افتد، کاملاً در ارتباط است. شارخروجی اشعه ماورای بنفش (UV) از خورشید با دوره ۱۱ ساله خورشیدی و به میزان کمتری با تناوب چرخش ۲۷ روز خورشید تغییر می‌کند. طوفانهای مغناطیسی نیز هر چند به طور پراکنده اتفاق می‌افتند، اما اغلب طوفانهای مغناطیسی بزرگ در سالهای پیشینه خورشیدی اتفاق می‌افتند. در اغلب مدل‌هایی که برای ترمز جوی استفاده می‌شوند از اندازه گیری تابش رادیویی (10/7cm) خورشید به جای اندازه گیری

الکترونیهای اضافی در تصاویر (CCD)ها نیز می‌تواند موجب پایین آمدن کیفیت داده‌ها شوند.

نام ماهواره	تاریخ بی‌نظمی	نوع بی‌نظمی
MorecsA	فوریه ۱۹۸۲	از کارافتادگی برانژرهای فوی الکتریکی
TDRS1	آوریل ۱۹۸۳	لغزشها و خطاهای کامپیوتری که به برخورد اشعه کیهانی به آن مرتبط بود
GOES7	مارس ۱۹۸۹	از دست دادن نیمه از سلولهای خورشیدی اش بر اثر شراره پروتونی (SPE)
Marecs1	مارس ۱۹۹۱	نقص کلی بعد از گزارش مسائل محیط فضا
NOAA13	آگوست ۱۹۹۳	از دست دادن توان برانژر نقص مدارها
AnikE1,E2	ژانویه ۱۹۹۴	نقص نسبت داده شده به برخورد الکترونیهای پرانژری
Telstar401	ژانویه ۱۹۹۷	نقص آن احتمالاً بر اثر برخورد (CME) و الکترونیهای پرانژری بوجود آمد
Tempo2	آوریل ۱۹۹۷	انصال کوتاه در باندهای خورشیدی به خاطر تخلیه الکتریکی
Pas6	آوریل ۱۹۹۷	مشکلاتی شبیه به آنچه (Tempo2) تجربه کرد. برای سلولهای خورشیدی اش مشکلاتی پیش آمد
Adeos	سپتامبر ۱۹۹۷	ذرات اشعه کیهانی به پردازنده اصلی کامپیوتری اش صدماتی را وارد کردند.
Galaxy4	می ۱۹۹۸	نقص احتمالی بر اثر در معرض تابش الکترونیهای پرانژری قرار گرفتن

### مرجع‌ها

- 1 - Kenneth R.Long,Sun,Earth and Space, 1995, Springer - verlag.
- 2 - Space Weather Website [www.spaceweather.com](http://www.spaceweather.com).
- 3 - United state space command.  
[www.spacecom.af.mil.us.space](http://www.spacecom.af.mil.us.space)
- 4 - Satellites and space weather.  
[www.scl.nasa.gov/satelliteandspaceweather](http://www.scl.nasa.gov/satelliteandspaceweather)
- 5 - Sten Odenwaldmsky & Telescope  
March 2000 Solar storms
- 6 - Space Environment site,paper satellite Failure, [www.agu.org](http://www.agu.org).
- 7 - Exploring Sun-Earth connection Kit,by Dr.sten Odenwald, Nasa 2001.
- 8 - Image CD Ram (a CD Rom about the Image Satellite Mission and Reserches Nasa 2001).

دوره سیزدهم، شماره پنجاه و یکم / ۵۱

خورشیدی باید توجه داشت. زیرا که موجب اختلال و پوشانده شدن امواج رادیویی فرستاده شده از ماهواره می‌شود. در زمانهایی که یونکره زمین نیز بسیار نامنظم است. (زمان طوفانهای مغناطیسی و یا انفجار یک شراره خورشیدی) به خاطر عبور علائم ماهواره‌ها از درون یک محیط آشفته (یونکره) گیرنده یک اثر سوسوزنی در علائم رسیده از ماهواره‌ها را تجربه می‌کند. طوفانهای مغناطیسی موجب بروز اثر سوسوزنی شدیدتر در نواحی شفق (نواحی نزدیک قطب شمال و جنوب مغناطیسی) زمین می‌شوند.

اثر سوسوزنی برای اعلامی که استوای یونکره را قطع می‌کنند نیز مسئله‌ساز است. در این نواحی ستونهای ابری شکل آشفته بالارونده در قسمت عصر و غروب یونکره موجب تغییرات سریع و در نتیجه اتلاف قابل توجهی در شدت علائم می‌شوند. این امر نه تنها موجب قطع و وصل سریع علائم در دورسنجی می‌شود بلکه استفاده کنندگان از (GPS) (سیستم تعیین موقعیت جهانی) را نیز در دنبال کردن و یافتن تعداد کافی ای ماهواره در فضای بالای سرشان و در نتیجه تعیین دقیق موقعیت‌شان با مشکل روبرو می‌سازد. (به علاوه تغییراتی که در ضرب شکست قسمتهایی از محیط اطراف شخص به وجود می‌آید دقت مکان یابی (GPS) را نیز کم می‌کند)

### جهت یابی ماهواره Orientation

در بعضی از ماهواره‌ها از میدان مغناطیسی زمین برای تعیین موقعیت و یا به عنوان نیرویی برای خشی سازی همان ماهواره و در چرخهای کندکننده کمک گرفته می‌شود. تغییرات سریع و غیر منتظره در میدان مغناطیسی ثبت شده توسط ماهواره‌ها در هنگام طوفانهای مغناطیسی موجب تعیین موقعیت اشتباه ماهواره می‌شود. بعضی از این اثرات حتی در میزان (KP) به کمی ( $KP \geq 4$ ) نیز گزارش شده‌اند. اما معمولاً تا هنگامی که ( $KP > 6$ ) نشده است مشکلی بروز نمی‌کند. ماهواره‌های زمین آهنگ (GEO) یک اتفاق دیگر را هم تجربه می‌کنند. مرز رو به خورشید میدان مغناطیسی زمین (مغناطیس ایست (Magnetopause)) معمولاً در فاصله ۱۰ برابر شعاع زمین از مرکز زمین قرار دارد تغییرات در فشار (بر اثر تغییرات در سرعت چگالی و میدان مغناطیسی) باد خورشیدی آمده از خورشید، محل این مرز را تغییر می‌دهد. تحت شرایط باد خورشیدی با سرعت و چگالی بالا و قطبیت جنوب جو این مرز تا ارتفاع ماهواره‌های (GEO) یعنی تقریباً ارتفاع ۶/۶ شعاع زمین به طرف زمین هل داده می‌شود. بنابراین یک ماهواره (GEO) می‌تواند برای دقایق یا ساعتی در قسمت رو به خورشید زمین در خارج از مغناطیس ایست (فشرده) یعنی در فضایی که میدان مغناطیسی باد خورشیدی موجود است قرار گیرد. در این حالت مغناطیس سنج‌های درون ماهواره، متعشوش شده و میدان مغناطیسی ردیابی و آشکار شده از میزان ۲۰۰~ نانو تسلا (۲ میلی گوس) به میزان تقریبی صفر تغییر می‌یابد.

### نوفه‌های فوتونیک

در زمان رخدادهای پروتونی خورشید، لوازم فوتونیک ماهواره‌ها، مانند (CCD)ها و بعضی از دنبال گرهای ستاره‌ای (برای جهت یابی) یک افزایش سطح نوفه (نویز) را تجربه می‌کنند. برای دنبال گرهای ستاره‌ای، نوفه‌ها می‌توانند موجب بروز مسائلی در جهت یابی ماهواره شوند خطوط و فوتو