Archive of SID

طوفان های مغناطیسی و تأثیرآن بر فناوری های نوین

محمد فولادی[۱]، دکتر بهروز اسکویی[۲] و دکتر حمیدرضا مصطفایی[۳]

چکیده

اغلب در میدان مغناطیسی زمین تغییرات ناگهانی ظاهر می‌گردد که به عنوان طوفان های مغناطیسی معروف اند. این پدیده های ناگهانی در نگاشت های مغناطیسی روزانه بروز می کنند. فراوانی ظهور این طوفانها به صورت مستقیم به لکه های خورشیدی مربوط می باشند. از طوفان های مغناطیسی می توان به عنوان بلایای مغناطیسی نام برد. این وقایع طبیعی در مواقعی که شدت قابل ملاحظه ای دارند، اثرات منفی بر روی تکنولوژی های نوین خواهد داشت. مقاله حاضر تاثیرات این طوفان ها را بر فناوری های نوین از قبیل سیستم های مخابراتی، خطوط لوله، خطوط نیرو، خطوط راه آهن، سیستم های موقعیت یاب جهانی، سیستم های ناوبری، سیستم های هواپیمایی، سفینه های فضایی و اکتشافات مغناطیسی نشان خواهد داد.

کلیدواژه ها: میدان مغناطیسی زمین، طوفان های مغناطیسی، مگنتوسفر، اکتشافات مغناطیسی، جریان های القائی ژئومغناطیسی، Dst

Magnetic Storms and their Effects on New Technologies

Mohammad Fouladi, Dr. Behrooz Oskooi and Dr. Hamid-Reza mostafaei

Abstract

Most of the times sudden changes occur in the geomagnetic field which are called as magnetic storms. These sudden events are shown up in the diurnal magnetic graph. The number of sunspots have direct effect on occuration of these storms. Magnetic storm can be classified as a hazard. When natural events are in high intensity, may have negative effects on new technologies. This research will show the effects of the storms on new technologies such as communication systems, pipelines, power lines, GPS, navigation systems, aviation systems, spacecraft, satellites and magnetic explorations.

Keywords: geomagnetic field, magnetic storms, magnetic storms phases, magnetic explorations, geomagnetically induced currents.

---

[۱]– دانش آموخته کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

[۲]– عضو هیئت علمی مؤسسهٔ ژئوفیزیک دانشگاه تهران

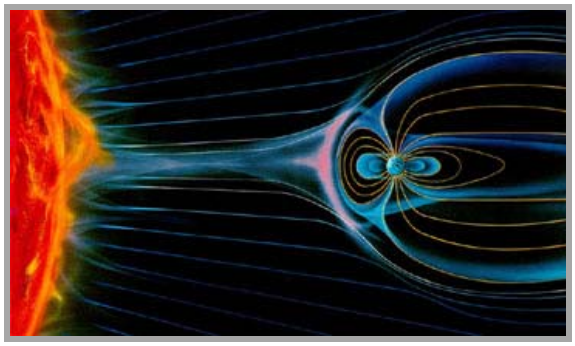
[۳]– عضو هیئت علمی گروه آمار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه:

یکی از خصوصیات کره زمین دارا بودن میدان مغناطیسی است. این میدان مغناطیسی باعث می شود که ذرات باردار باد های خورشیدی نتوانند بسادگی به داخل جو کره زمین نفوذ کرده و باسطح زمین برخورد داشته باشند. (شکل۱)



شکل۱: نمایش تابشهای ذرات باردار خورشیدی در میدانهای مغناطیسی زمین

آشوب های مغناطیسی بزرگ که عموما طوفان های مغناطیسی نامیده می شوند علی رغم ایجاد بی نظمی های زیاد در رفتار تک تک پارامترهای مغناطیسی، دارای سیمای مشخصی هستند که به منزله ویژگی هر یک از آنها شناخته می شوند.

طوفان های مغناطیسی از خورشید ریشه می گیرند و همبستگی تقریبا کاملی بین طوفان های مغناطیسی با عوامل خورشیدی مانند چرخه فعالیت لکه های خورشیدی و یا تغییرات ۲۷ روزه میدان مغناطیسی کره زمین که ناشی از چرخش خورشید است، وجود دارد (نیامدپور ۱۳۸۰).

طوفان های مغناطیسی از دیرباز مورد توجه قرار گرفته و در نقاط متعددی از سطح زمین ثبت شده و مورد مطالعه و استفاده های گوناگون قرار گرفته است. از مهمترین موارد استفاده مطالعه طوفانهای مغناطیسی شناسائی مگنتوسفر، یونسفر و خورشید می باشد.

شناسائی طوفانهای مغناطیسی به صورت مستقیم و غیرمستقیم مطالعه خورشید و فضا را پیش می آورد و انسان را به تحقیق در حوزه گسترده ای از علوم وامی دارد. مطالعه طوفانهای مغناطیسی معمولاً به صورت زنجیره ای و مقایسه ای و در ارتباط با داده های سایر مراکز علمی و اندازه گیری صورت می گیرد تا قابل استنتاج علمی و آماری باشد.

برای مطالعه طوفان های مغناطیسی، سطح کره زمین را به ۳ منطقه تقسیم می کنند.(شکل۲)

این مناطق عبارتند از:

۱)منطقه با عرض های جغرافیایی پایین و همچنین عرض های جغرافیایی متوسط:

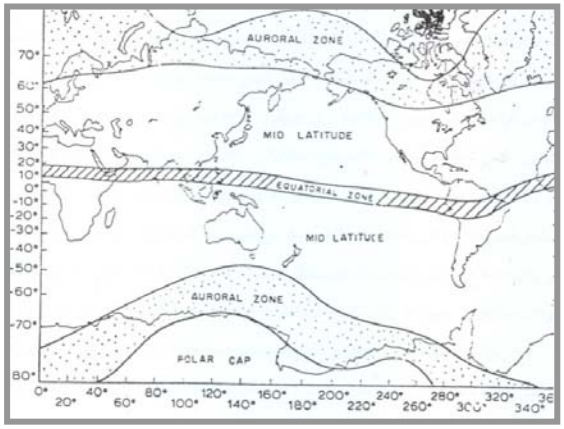
این منطقه به مگنتوسفر زمین متصل می باشد. این اتصال توسط خطوط نیرویی که بسته بوده یعنی دو طرف این خطوط همیشه بطرف زمین است، برقرار می گردد.

۲) منطقه شفق قطبی:

که دو نوار در عرض های جغرافیایی تقریبی ۶۸ تا ۷۵ درجه بوده و توسط خطوط قوایی در طرف روز کره زمین به مگنتوپاوز رسیده و در طرف شب کره زمین به پلاسماشیت دنباله مگنتوسفر متصل می شوند.

۳) منطقه با عرض های جغرافیایی بالا:

این منطقه را کلاهک های قطبی[1] می نامند که توسط خطوط قوای میدان مغناطیسی میان سیاره ای (IMF)[2] به هم متصل می شوند. برای مطالعه طوفان های مغناطیسی در عرض های جغرافیایی پایین مؤلفه H میدان مغناطیسی مناسب ترین مؤلفه می باشد.



شکل ۲: تقسیم بندی سطح کره زمین به مناطق سه گانه براساس عرض جغرافیایی

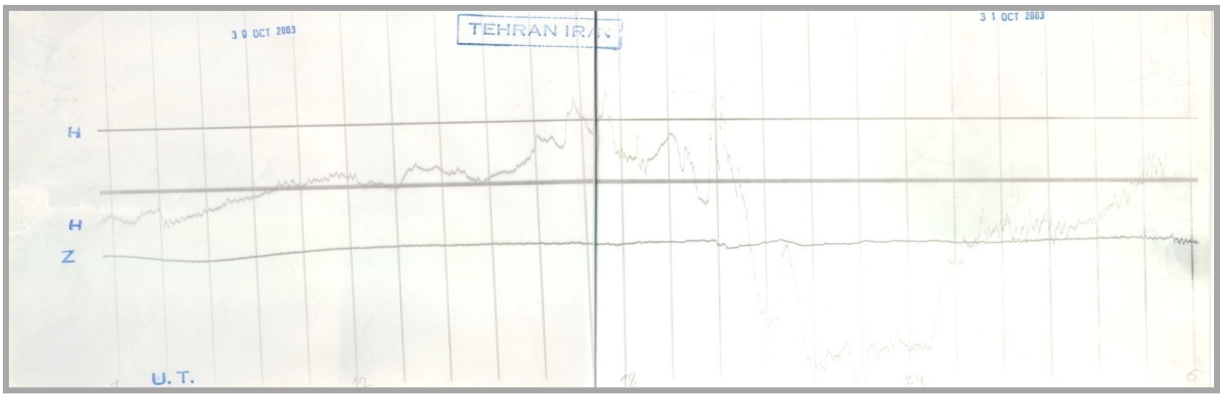
[1]. Interplanetary Magnetic Field
[2]. Polar Caps

www.SID.ir

Archive of SID

فازهای طوفان مغناطیسی

– طوفان های مغناطیسی به طور همزمان در تمام رصدخانه های دنیا ثبت می شوند. شکل یک طوفان مغناطیسی که توسط مغناطیس نگار مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران ثبت شده است، در تصویر زیر نمایش داده شده است. با توجه به این تصویر، فازهای مختلف طوفان مغناطیسی شرح داده می شود. (شکل۳)



شکل۳: طوفان مغناطیسی ثبت شده توسط مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران در تاریخ ۲۰۰۳/Oct/۳۰

۱- فاز SSC [1]

بیشتر طوفان ها (اما نه همه آنها) با یک تغییر ناگهانی در مؤلفه H شروع می شوند، که معمولاً به صورت یک افزایش در حدود ۵۰ تا ۱۰۰ گاما در مؤلفه H است (نیامدپور ۱۳۸۰).

SSC برای همه جهان یکسان است و کمتر از یک دقیقه طول می کشد. قبل از SSC نگاشت مربوط به همه عناصر کاملاً آرام است. اما بعد از SSC بسته به نوع عنصر مغناطیسی دچار آشفتگی می شوند. بعضی از انواع تغییرات ناگهانی ممکن است در طول اغتشاش اتفاق بیافتند که این تغییرات را SI می نامند.

۲- فاز اولیه [2]

اغلب اوقات به مدت یک ساعت یا کمتر بعد از SSC، مؤلفه H افزایش می یابد و در سطح ۳۰ تا ۵۰ نانوتسلا بالاتر از مقدار قبل از طوفان، به مدت یک یا دو ساعت باقی می ماند. این قسمت به عنوان فاز اولیه شناخته شده است. بعضی از طوفان ها فاز اولیه ندارند بنابراین این فاز بخش اساسی طوفان ها نمی باشد.

۳- فاز اصلی

این بخش اساسی ترین بخش یک طوفان مغناطیسی می باشد. بعد از ۲ تا ۱۰ ساعت از حادثه ابتدای طوفان، فاز اصلی شروع می شود. این فاز یک کاهش سریع و به اندازه ۱۰۰ یا ۲۰۰ نانوتسلا در مؤلفه می باشد. ماکزیمم دامنه کاهش مؤلفه افقیH مربوط به مناطق استوایی بوده و به سمت مناطق قطبی این دامنه افت پیدا می کند.

۴- فاز بازیافت [3]

بعد از اینکه Dst (رشد طوفان معمولاً با یک اندیس مغناطیسی بنام اغتشاش زمان طوفان، Dst، اندازه گیری می شود) به مقدار کمینه خود رسید، تقریباً به صورت نمایی به مقدار اولیه اش بازگشت خواهد نمود. این امر چندین روز طول خواهد کشید که از زمان کاهش فاز اصلی بسیار بیشتر است. بعضی اوقات گفته می شود که طوفان بعدی، قبل از آنکه میدان H کاملاً به مقدار طبیعی خود برگردد، شروع می شود.

۵- فاز افت و خیز نامنظم [4]

ایـن تغییرات که در زمـان SSC شـروع می شـوند و

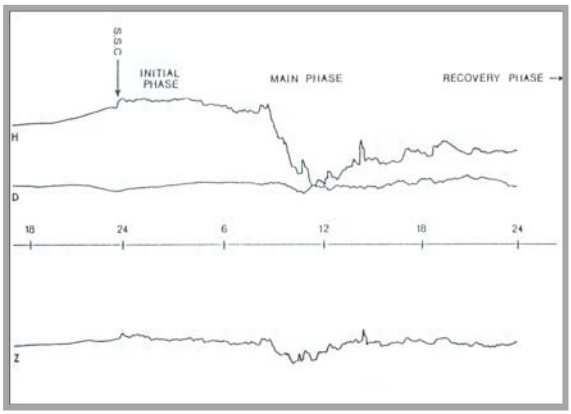
[2] .Initial Phase
[1]. Sudden Storm Commencements

[2] . Irregular Phase
[1]. Recovery Phase

www.SID.ir

Archive of SID

حتی در آغاز مرحله بازیافت میدان نیز وجود دارند، سری هایی از تغییرات نامنظم هستند که در هر سه عنصر مغناطیسی میدان بوجود می آیند. این تغییرات یک طیف وسیع از پریودها را شامل می شوند که از یک ساعت تا کسری از یک دقیقه می باشند. این بخش علی رغم نامنظم بودن تغییراتش یک جزء اساسی از طوفانها



می باشد (نیامدپور ۱۳۸۰).

(شکل۴) طوفان مغناطیسی و بخش های مختلف آنرا نشان می دهد.

شکل۴: طوفان مغناطیسی و بخش های مختلف

خطرات و تاثیرات منفی طوفان های مغناطیسی

با افزایش فعالیت های خورشیدی به بالاترین میزان خود، انفجارات خورشیدی نیز افزایش یافته و در نتیجه شدت اشعه تابشی از جانب خورشید نیز افزایش می یابد. لکه های خورشیدی به همراه انفجارات سطح خورشید به عنوان منابع اصلی ایجاد بادهای خورشیدی می باشند که موجب ایجاد آشفتگی در میدان مغناطیسی زمین و در لایه مگنتوسفر می گردند و تاثیرات مخربی را بر تکنولوژی می گذارند که عبارتند از:

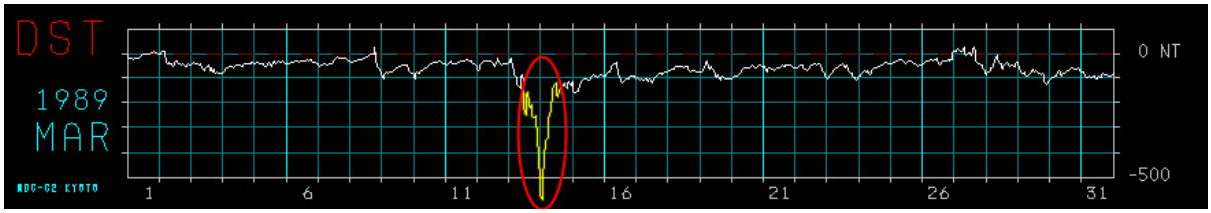
۱- اکتشافات مغناطیسی و الکترومغناطیسی

تغییرات طوفان های مغناطیسی در میدان مغناطیسی زمین موجب ایجاد آشفتگی و مختل شدن داده های برداشت شده گردیده و برای استفاده از آنها می بایست داده ها به شکل مناسبی تصحیح گردند. نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که در حین بروز طوفان های مغناطیسی نباید اکتشافات مغناطیسی انجام پذیرد. زیرا تغییرات بوجود آمده دراثر این گونه طوفان ها در میدان مغناطیسی اثر گذاشته و در نتیجه امکان تصحیح آن از داده های برداشت شده بسیار مشکل می گردد. حال تاثیرات این طوفان ها را بر برداشت های زمینی و هوایی مورد بررسی قرار می دهیم:

- **برداشت های مغناطیسی زمینی**

تصحیح تغییرات روزانه دشوار است. از آنجاییکه تغییرات روزانه میدان مغناطیسی زمین خیلی متغیر است به آسانی نمی‌توان توسط مدلهای ریاضی تصحیحی برای آنها انجام داد. تغییرات روزانه تابع تغییرات دامنه و فاز بوده و به موقعیت جغرافیایی مشاهده شده بستگی خواهد داشت. تغییرات روزانه همچنین می‌تواند تحت تأثیر شرایط زمین شناسی مثل قابلیت مغناطیسی سنگها قرار بگیرند.

دستگاه های برداشت مغناطیسی زمینی قابلیت تصحیح روزانه حدوداً تا ۶۰nT را دارند. به همین علت با بروز طوفان مغناطیسی حدود ۴۰۰ nT تمام برداشت ها ایجاد اختلال شده و قابلیت تصحیح را نخواهند داشت. (شکل۵)



شکل۵: طوفان مغناطیسی رخ داده در تاریخ ۲۰۰۳/Nov/۲۰ برگرفته از اندیس Dst کشور ژاپن و برابر ۴۲۲ nT

www.SID.ir

Archive of SID

- **برداشت های مغناطیسی هوایی**

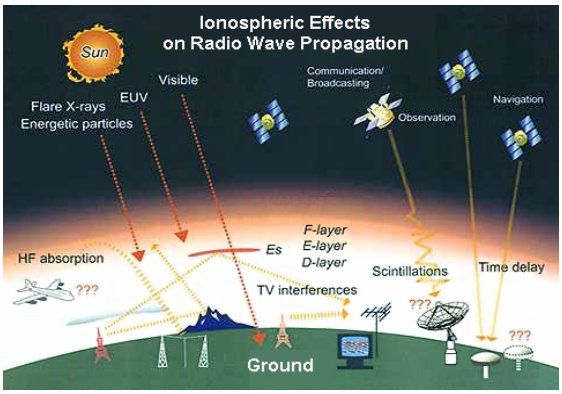
برداشتهای ژئوفیزیک هوابرد توسط هواپیما یا هلی کوپتر انجام می گیرد. مناطقی که وسعت زیادی دارند (بیش از صد هزار کیلومتر مربع) غالباً از روشهای هوابرد استفاده می شود. زیرا این روشها خیلی سریعتر و با دقت بیشتری انجـــام می گیرد.

از آنجا که برداشت های هوابرد در امتداد خطوط پروازی انجام می پذیرد، لذا تغییرات بلند مدت میدان مغناطیسی (تغییرات با اندازه بزرگتر از ۱ دقیقه) تاثیر قابل توجهی بر اندازه گیری های صورت گرفته نخواهد داشت لذا تغییرات کوتاه مدت میدان مغناطیسی، اگر دارای بزرگای قابل توجهی باشند، داده های بدست آمده را ایجاد اختشاش می نمایند. برای جلوگیری از وقوع چنین اتفاقی می بایست برداشت های صورت گرفته بوسیله یک رصد خانه مغناطیسی و یا ایستگاه نزدیک به شکل کلی مورد پایش قرارگیرند.

به طور کلی می توان عنوان نمود در صورتیکه تغییرات میدان کلی مغناطیسی زمین در پریودهای بزرگتر از ۱ دقیقه، بزرگتر از تلورانس مشخصی که برابر nT ۳ می باشد، (این مقدار توسط سازمان زمین شناسی کانادا تعیین شده است) گردد برداشت های صورت گرفته مخدوش می باشند و اگر پنج درصد برداشت ها با چنین خطایی روبرو گردند ، پرواز دوباره باید انجام پذیرد.

۲- مخابرات

یونسفر به عنوان بازتابندهٔ امواج رادیویی نقش مهمی در ارتباطات رادیویی و مخابرات بازی می کند. نفوذ ذرات باردار به یونسفر در هنگام وقوع یک طوفان مغناطیسی که ناشی از اختلالهای خورشیدی است، موجب ایجاد تغییرات شدیدی در لایه های یونسفر می شود که در نتیجه آن، اختلالاتی در سامانهٔ ارتباطات رادیویی روی زمین ایجاد می شود و حتی بعضی مواقع ممکن است قطع این ارتباطات را در پی داشته باشد. (شکل۶)



شکل۶: یونسفر و تاثیرات آن بر انتشار امواج رادیویی

طوفان های مغناطیسی موجب مختل شدن شبکه های رادیویی، شبکه های تلویزیونی، ارتباطات دریایی و شبکه های سراسری می شوند. همچنین عملیات امداد و نجات، تشخیص نظامی، اعلام خطر نیز تحت تاثیر این پدیده قرار می گیرند. این تاثیرات در عرض های جغرافیایی بالا بیشتر مشهود است و جریان های بسیار قوی را در تجهیزات الکتریکی و مخابرات بر می انگیزد. (Ezekoye and Obodo)

۳- خطوط نیرو

در شبکه‌های برق‌رسانی برای انتقال انرژی تولیدی نیروگاه‌ها به مراکز مصرف، ایجاد ارتباط بین استان‌ها یا مراکز مهم مصرف با هدف افزایش قابلیت اطمینان برق‌رسانی یا دلایل متعدد دیگر از خطوط انتقال نیرو استفاده می‌شود.

اختلالات ژئومغناطیسی تأثیرات شدیدی بر روی سیستم های نیرو می گذارند. جریان های القائی ژئومغناطیسی (GIC)[1] در خطوط نیرو از میان ترانسفورماتورهای ایستگاه های زمینی جریان می یابند که این جریان موجب اشباع هسته ترانسفورماتور می شود که این عمل مشکلات گوناگونی را منجر می شود. برخی سنگها به راحتی و برخی دیگر به سختی جریانهای القایی زمین را هدایت می کنند. این امر سبب ایجاد اختلاف پتانسیل در نقاط مختلف زمین می شود و در نتیجه، جریانها در جستجوی مسیری با کمترین مقاومت بر

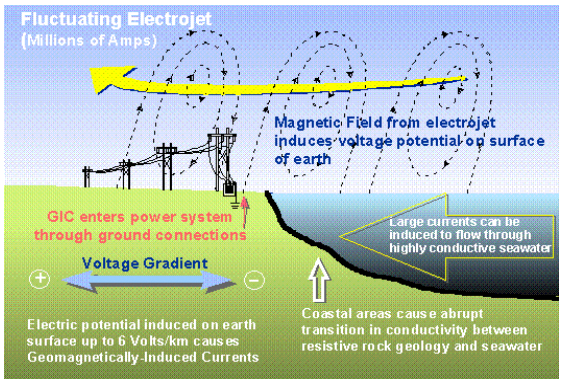
[1].geomagnetically induced currents

www.SID.ir

Archive of SID

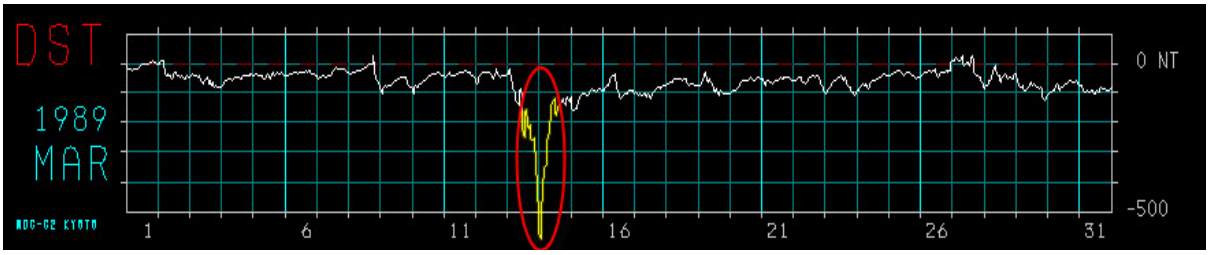
می آیند و در مسیر خود هادیهای فلزی ساخته بشر (شبکه های انتقال نیرو) را انتخاب می کنند. این جریانها مستقیم، جریان های (DC) هستند. در صورت ورود جریانهای DC القایی زمین به ترانسفورماتورها، هارمونیکهایی با دامنه بسیار بالا پدید می آید. وقوع چنین هارمونیکهایی که از اشباع نیم سیکل ترانسفورماتورها سرچشمه می گیرد، عملکرد سیستم را مختل می کند، به ژنراتورها آسیب می رساند و سیگنالهای قطع نامناسبی را پدید می آورد. (شکل۷)

با گسترش و بهم پیوستگی شبکه های برق سراسری، وقوع طوفانهای مغناطیسی می تواند جریانهای بسیار بزرگی را در خطوط انتقال نیرو القا کند که اضافه بار زیادی را در شبکه ایجاد می نماید. چنین شرایطی سبب عملکرد تعداد زیادی از رله های حفاظتی و در نتیجه، خاموشی سراسری در شبکه می شود. به عنوان نمونه، طوفان مغناطیسی ۱۳ مارچ ۱۹۸۹، منجر به خاموشی تمامی استان های شرقی کشور کانادا برای مدت ۹ ساعت شد که شدت این طوفان در (اشکال۸و۹) نشان داده شده است. (Kappenman, 1996).



شکل۷: چگونگی پدیداری و نفوذ جریانهای القایی زمین

شکل۸: خسارت ناشی از طوفان مغناطیسی ۱۳ مارچ ۱۹۸۹



شکل۹: طوفان مغناطیسی رخ داده در تاریخ ۱۹۸۹/MAR/۱۳ برگرفته از اندیس Dst کشور ژاپن و برابر ۵۸۹ nT

۴- خطوط لوله

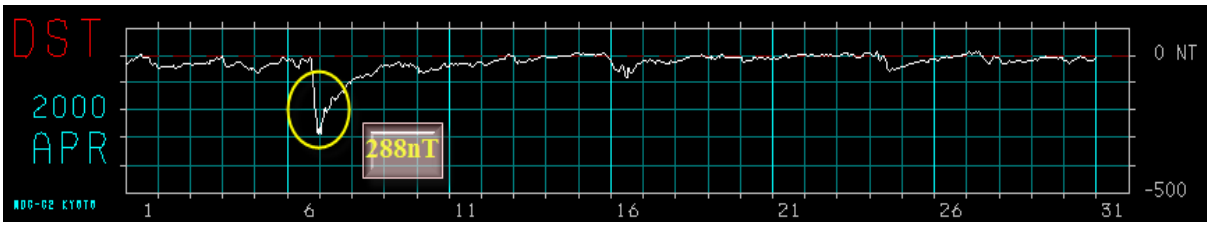
خطوط لوله به طور وسیعی در صنایع نفت، گاز و آب مورد استفاده قرار می گیرد. آسیب رسیدن به خطوط لوله بسیار هزینه بر است از اینرو برای احداث خطوط لوله باید به دو عامل توجه نمود. ۱- هزینه خطوط لوله ۲- خطرات زیست محیطی که به زندگی افراد وارد می سازد.

طوفان های مغناطیسی موجب ایجاد جریان های القایی در خطوط انتقال گاز و یا نفت می گردد، که در نتیجه جریان سنج ها میزان جریان اشتباهی را در این حالت نمایش می دهند و نهایتا میزان خوردگی یکباره افزایش می یابد.برای جلوگیری از خوردگی تدریجی خطوط لوله فولادی باید خطوط لوله از یک روکش عایق پوشیده شود و محتوی تمهیدات مخصوصی باشد که آنرا سیستم حفاظت کاتدی می نامند. این سیستم پتانسیل خط لوله را نسبت به خاک در مناطق بی خطر از۰٫۸۵ V- تا ۱٫۳۵ V- قرار می دهد.

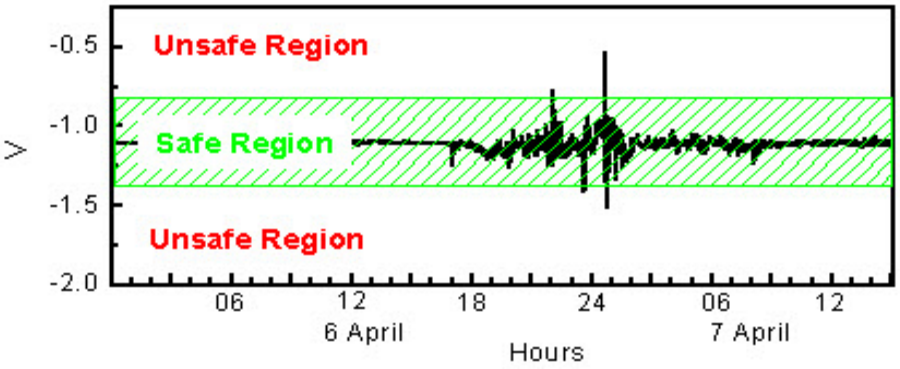
برای نمونه در هنگام وقوع طوفان مغناطیسی تاریخ ۶ و۷ آپریل سال ۲۰۰۰ در ottava کانادا، اختلاف پتانسیل لوله در خاک از منطقه بی خطر بیرون افتاده شده است که این کار امکان خوردگی تدریجی را در خط لوله افزایش می دهد. (اشکال۱۰،۱۱) (Gummow ,2002).

www.SID.ir

Archive of SID



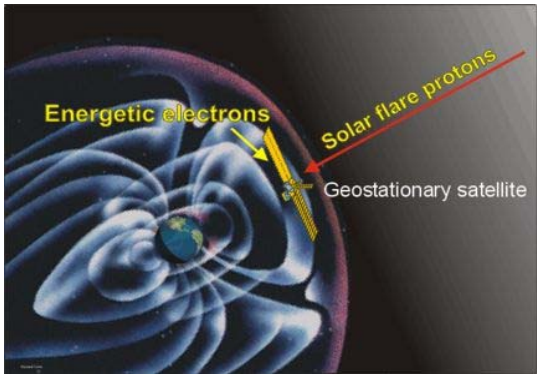
شکل۱۰: طوفان مغناطیسی رخ داده در ۶و۷ آپریل ۲۰۰۰، ثبت توسط رصدخانه مغناطیسی کشور ژاپن شده



شکل۱۱: اختلاف پتانسیل لوله در روز ۶ و ۷ آپریل ۲۰۰۰

۵- ماهواره ها

هنگامی که یک طوفان مغناطیسی رخ می دهد، این ذرات با برخورد به ماهواره ها می توانند باعث اختلال در نرم افزارهای آن گردند. افزایش فعالیت خورشیدی می تواند موجب گرم شدن و همینطور منبسط شدن اتمسفر گردیده و برای ماهواره هایی که در مدارهای کم ارتفاع حرکت می کنند ، این تغییر اندازه اتمسفر می تواند موجب افزایش نیروی جذبی زمین و در نتیجه کاهش سرعت حرکت ماهواره گردیده و نهایتا ماهواره از مدار خود خارج می شود. در صورتیکه ماهواره در این حالت ارتفاع خود را افزایش ندهد، کاهش سرعت ادامه یافته و باعث برخورد ماهواره به اتمسفر زمین می گردد که نتیجه آن سوختن ماهواره است.(شکل۱۲)



شکل۱۲: طوفان مغناطیسی و تأثیرات آن بر ماهواره ها

۶- سیستم های راهبری

سیستم های راهبری سیستم هایی هستند که امکان سفر مطمئن و بی خطری را مهیا می سازند. امروزه علم راهبری به معنی هدایت کشتی ها، حمل و نقل جاده ای و ریلی، هواپیماها و سفینه های فضائی در کوتاهترین و بهترین زمان ممکن می باشد.

هنگامی که طوفان مغناطیسی رخ می دهد، بر روی انتشار سیگنال های سیستم هایی چون GPS[11] (مکان یاب جهانی)، سیستم LORAN[12] (سیستم های راهبری رادیویی زمینی که در فرکانس های پایین مورد استفاده قرار می گیرند) و سیستم OMEGA (سیستم های راهبری رادیویی جهانی مورد استفاده در هواپیما که توسط کشور امریکا با همکاری ۶ کشور راه اندازی شده است) تأثیر می گذارند و در طول مدت طوفان های مغناطیسی و خورشیدی، سیستم های هدایت کننده، اطلاعات نادرستی را حتی تا چندین مایل دریافت می کنند(wikipedia).

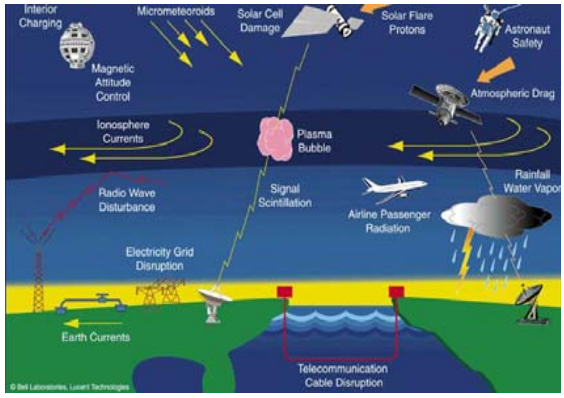
[11] . Global Positioning System.
[12].Long Range Aid to Navigation

www.SID.ir

Archive of SID

۷- آب و هوا

خورشید به عنوان موتور حرکت اتمسفر در کره زمین محسوب می گردد که به عنوان تنها منبع انرژی ثابت زمین نیز فرض می شود. بر طبق اندازه گیری های صورت گرفته، ثابت خورشیدی که مقدار انرژی رسیده بر واحد سطح زمین می باشد، هر یازده سال یکبار، دو دهم درصد افزایش می یابد. دانشمندان بر این عقیده اند که این میزان تغییر مهم بوده ومی تواند بیانگر سیستم آب و هوایی کره زمین در طول زمان باشد. تصویر زیر به طور کلی تأثیرات منفی طوفان های مغناطیسی را بر فناوری های نوین نشان می دهد.



شکل۱۳: طوفان مغناطیسی و تأثیرات آن بر فناوری های نوین

نتیجه گیری و پیشنهادات

استفاده از داده های مغناطیسی و همچنین کاربرد وسیع آنها در مباحث علوم زمین شناخته شده است. موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران به عنوان تنها مرجع مسئول برداشت داده های مغناطیسی در سطح ایران می باشد که لازم است با تجهیز نمودن این موسسه با تأسیسات به روز، استاندارد داده های برداشت شده را به سطح استاندارد جهانی ارتقاء داد. لذا برای بهبود روند توسعه ژئومغناطیس در ایران و جلوگیری از اختلالات ناشی از عدم پیش بینی و آگاهی از وقوع طوفان های مغناطیسی، پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

-پیش بینی طوفان های مغناطیسی و افزایش دقت داده های اکتشافی ژئوفیزیک زمینی و هوایی

-استفاده از تجهیزات لازم برای برداشت داده های مغناطیسی به شکل دیجیتال که بتوان خروجی آن برداشت‌ها را بر روی وب و یا رایانه قرار داد.

-ارتباط با شبکه های برداشت و رصدخانه های جهانی

-تشکیل بانک داده های مغناطیسی ایران به منظور اطلاع رسانی realtime

منابع

- نیامدپور، ا.، ۱۳۸۰.، پیشگویی طوفانهای مغناطیسی بااستفاده از شبکه های عصبی مصنوعی.، پایان نامه کارشناسی ارشد ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- J.G.Kappenman1996, Geomagnetic Storms and Their Impact on Power Systems, IEEE Power Engineering Review, May 1996, pp. 5–8.
- Gummow, R.A., Boteler, D.H. and Trichtchenko, L. 2002, Telluric and Ocean Current Effects on Buried- http://en.wikipedia.org/-Websiteof - http://swdcwww.kugi.kyoto u.ac.jp/World.Data Center for Geomagnetism, Kyoto.
- B. A. Ezekoye, and R. M. Obodo, 2007, The Effects of Solar Radiations on Telecommunications, Department of Physics and Astronomy, University of NigeriaNsukka

www.SID.ir