

مطالعه بای‌های ثبت شده در رصدخانه مغناطیسی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران (۱۹۷۱-۱۹۸۰)

اسداله جوع عطا بیرمی* و ناصر حسین زاده گویا*

*مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، صندوق پستی ۶۴۶۶-۱۴۱۵۵

(دریافت: ۱۳۸۱/۱۱/۲۴، پذیرش نهایی: ۱۳۸۵/۴/۱۳)

چکیده

میدان مغناطیسی زمین به شکل پیچیده‌ای نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند. تغییرات زمانی میدان مغناطیسی شامل تغییرات آهسته و تغییرات زودگذر است. این تغییرات به‌طور پیوسته روی مغناطیس‌نگارها ثبت می‌شوند. یکی از تغییرات زودگذر که روی مغناطیس‌نگارها شکلی مانند منحنی گوسی دارد، بای نامیده می‌شود. دوره تناوب بای‌ها از چند دقیقه تا چند ساعت (۲ تا ۴ ساعت) متغیر است. این رویدادها سبب القا جریان‌های الکتریکی به درون بخش‌هایی از پوسته و گوشته می‌شوند که این جریان‌ها نیز به نوبه خود میدان‌های مغناطیسی قابل اندازه‌گیری روی سطح زمین را ایجاد می‌کنند. نسبت میدان‌های داخلی و خارجی معیاری از پاسخ الکترومغناطیسی محیط است که با روش هماهنگ‌های کروی می‌توان آن را تعیین کرد و در نهایت هدایت الکتریکی آن بخش را به‌دست آورد. بای‌ها عموماً در روزهای آرام و توأم با ریزتپ‌های مغناطیسی $Pi1$ و $Pi2$ به وقوع می‌پیوندند. بای‌ها فرایندی دو مرحله‌ای هستند. اولین مرحله را بای آغازین و مرحله بعدی را بای اصلی می‌نامند. در این مقاله روی بای‌های ثبت شده در رصدخانه مغناطیسی تهران با عرض ژئومغناطیسی $35/73^{\circ} N$ و طول ژئومغناطیسی $51/38^{\circ} E$ در فاصله زمانی ۱۹۷۱ تا ۱۹۸۰ بر اساس زمان وقوع، شدت و جهت، و وقوع آنها در فصول ژئومغناطیسی بررسی آماری صورت گرفته است. با بررسی این رویدادها، تأخیر زمانی بین دو مرحله در گستره ۱۰ تا ۳۰ دقیقه به دست آمده است. بیشینه عددی این رویدادها در نیمه‌شب با شدت متوسط و مثبت به دست آمده و بیشتر بای‌ها در اعتدالین و انقلاب زمستانی رخ داده‌اند. با توجه به نوع رویدادهای ثبت شده می‌توان گفت که جریان‌های بازگشتی، جریان‌های غالب‌اند. رابطه تعداد توفان‌های مغناطیسی و لکه‌های خورشیدی با تعداد بای‌ها به صورت رابطه‌ای معکوس به‌دست آمده است. با تجزیه و تحلیل شدت جریان این تغییرات زمانی و سایر تغییرات به روش هماهنگ‌های کروی، بیضوی و هذلولوی می‌توان به طرح‌واری از مغناطیس‌سپهر (مگنتوسفر) دست یافت.

واژه‌های کلیدی: تغییرات زودگذر، ریزتپ، شفق قطبی، رصدخانه مغناطیسی، الکتروجت، فصول ژئومغناطیسی

۱ مقدمه

یکی از تغییرات زودگذر، بای‌ها هستند که معمولاً در روزهای آرام مغناطیسی به وقوع می‌پیوندند و شکلی خلیج مانند روی مغناطیس‌نگارها ایجاد می‌کنند که این یکی از ویژگی‌های ساختاری آنها است. بای‌ها عموماً در روزهای آرام و توأم با ریزتپ‌های (micropulsation) مغناطیسی $Pi1$ و $Pi2$ به وقوع می‌پیوندند. علت ایجاد این تغییرات مغناطیسی جریان‌های الکتریکی یونسپهر است. در مؤلفه افقی میدان H ، منحنی از تغییرات روزانه عادی تدریجاً تغییر می‌کند که این تغییر ممکن است به صورت افزایش یا کاهش مؤلفه افقی H باشد، تا این که به مقدار

میدان مغناطیسی یا در اصطلاح میدان ژئومغناطیسی، یکی از ویژگی‌های زمین است. عوامل پدید آورنده این میدان، درونی و بیرونی‌اند و عامل درونی از درجه اهمیت و سهم بیشتری برخوردار است. این میدان نسبت به زمان و مکان تغییر می‌کند. تغییرات زمانی شامل تغییرات آهسته و تغییرات زودگذر است که تغییرات آهسته منشأ درونی و تغییرات زودگذر منشأ بیرونی‌اند. دوره تناوب تغییرات آهسته، طولانی است ولی تغییرات زودگذر در مدت زمان کوتاهی ایجاد می‌شوند و سپس از بین می‌روند.

پیوسته (Pc) و نامنظم (Pi) تقسیم می‌کنند. ریزتپ‌های منظم و پیوسته دارای دوره تناوب ۰/۲ تا ۶۰۰ ثانیه‌اند و بر اساس همین ویژگی آنها را در زیرگروه‌هایی رده‌بندی می‌کنند (جدول ۱).

جدول ۱. انواع ریزتپ‌های منظم و پیوسته برحسب دوره تناوب.

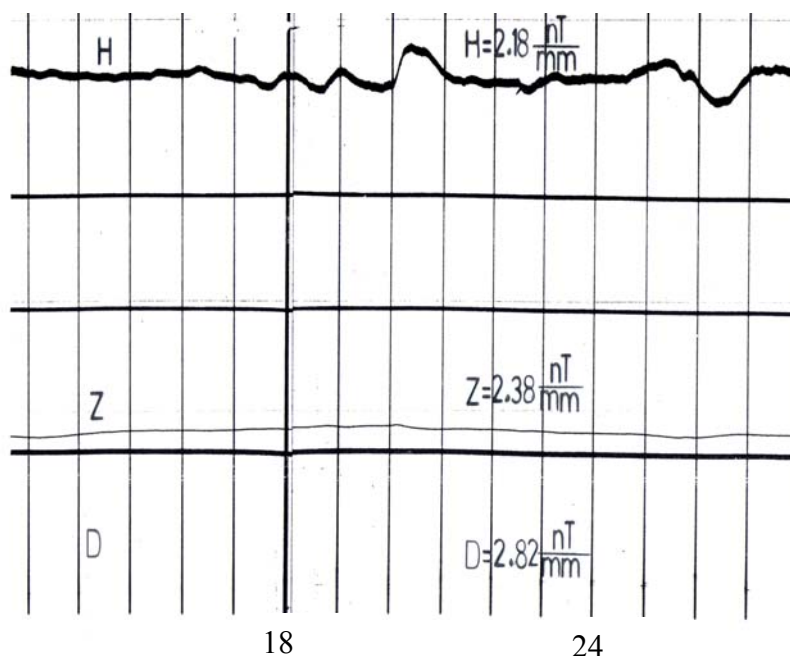
نوع ریزتپ	دوره تناوب (sec)
Pc1	۰/۲-۵
Pc2	۵-۱۰
Pc3	۱۰-۴۵
Pc4	۴۵-۱۵۰
Pc5	۱۵۰-۶۰۰

ریزتپ‌های نوع Pi با طرح نامنظم خود، رابطه نزدیک با آشفتگی‌های میدان مغناطیسی و پدیده‌های موجود در جو فوقانی، شناخته می‌شوند. این گروه از ریزتپ‌ها را می‌توان در دو زیرگروه رده‌بندی کرد (جدول ۲).

بیشینه یا کمینه خود برسد، آن‌گاه منحنی H به تدریج به مقدار قبل از آشفتگی بر می‌گردد. اگر H کاهش یابد، بای را منفی و اگر افزایش یابد مثبت گویند. این انحرافات روی مؤلفه Z کمتر است و مؤلفه D معمولاً این آشفتگی‌ها را ندارد (شکل ۱). آشفتگی‌های نوع بای، گستره وسیعی از تناوب‌ها و دامنه‌ها را در بر می‌گیرند. تناوب بای‌ها تقریباً زیاد یعنی از حدود ۱۰ دقیقه تا ۳ ساعت یا حتی بیشتر است و دامنه آنها نیز از ده تا چند صد گاما است. در مناطق شفقی، بای‌های با دامنه ۲۰۰۰ گاما نیز معمولاً به وقوع می‌پیوندد (پارکینسون، ۱۹۸۳).

۲ ریزتپ‌های ژئومغناطیسی

ریزتپ‌های ژئومغناطیسی، افت و خیزهای میدان مغناطیسی زمین‌اند که دامنه آنها در حدود کسری از یک گاما تا ده‌ها گاما و دوره تناوب آنها در گستره‌ای از ۰/۲ ثانیه تا ۱۰ دقیقه است. ریزتپ‌ها را به‌طور کلی به دو گروه منظم و



شکل ۱. نمونه‌ای از یک بای مثبت که در ساعت ۲۰،۰۰ و یک بای منفی که در ساعت ۰۱،۵۱ به وقوع

پیوسته‌اند (ثبت در رصدخانه مغناطیسی تهران).

جدول ۲. انواع ریزتپ‌های نامنظم برحسب دوره تناوب.

نوع ریزتپ	دوره تناوب (sec)
Pi1	۱-۴۰
Pi2	۴۰-۱۵۰

بسیاری از پدیده‌های مغناطیسی در نواحی قطبی را می‌توان با استفاده از اثر مغناطیسی الکتروجت‌ها تفسیر کرد (پارکینسون، ۱۹۸۳).

۴ ساختار ریز بای‌ها

ساختار ریز بای را با ریزتپ‌های آنی ایجاد شده در طی مراحل اولیه پیشرفت آشفستگی تعیین می‌کنند. این ریزتپ‌ها در رده Pi1 (۴۰-۱ ثانیه) و Pi2 (۱۵۰-۴۰ ثانیه) قرار دارند. رویدادهای Pi2 به ندرت منفردند و زوجی از نوسان‌های Pi2 با فاصله تقریباً ۱۵ دقیقه‌ای بسیار معمول‌تر است. ظاهر یک بای از ایستگاهی به ایستگاه دیگر روی سطح زمین تغییر می‌کند. شکل یک بای متأثر از تشکیل و زوال سامانه جریان تشکیل دهنده آن و نیز حرکت سامانه جریان نسبت به مشاهده‌گر است. از این رو تعیین زمان آشفستگی بیشینه با مشاهده قله بای در یک ایستگاه کاملاً غیرواقعی است. زیرا این قله در ایستگاه دیگر در زمان دیگر رخ می‌دهد. به همین نحو تعریف و تعیین شروع یک بای در زمانی که مؤلفه H کاهش یا افزایش می‌یابد نیز نامناسب است. برای تعیین زمان آغاز یک بای از این واقعیت استفاده می‌شود که شروع بای همواره با یک قطار موج Pi2 همراه است. این معیار انتخاب شروع بای‌ها نشان می‌دهد که بیشتر آنها حداقل با دو Pi2 مجزا توأم‌اند. شروع اولین Pi2 در این زوج، منطبق بر شروع یک نوسان کوچک بای است در صورتی که دومین Pi2 با شروع نوسان بای اصلی تطابق دارد.

۵ بای آغازین

در بسیاری از موارد، قبل از نوسان بای اصلی، یک نوسان کوچک‌تر با تناوب معمولاً ۲۰ دقیقه روی می‌دهد که بای آغازین نام دارد و معمولاً انحراف منحنی H در آن هم‌جهت با نوسان بای اصلی است. تناوب این رویداد کوتاه، ولی قابل تشخیص است (شکل ۲). در بعضی مواقع این حرکت اولیه تناوبی طولانی دارد به طوری که با بای

ریزتپ‌های نوع Pi1 ساختار ریزآشفستگی‌های میدان مغناطیسی در خلال فاز اصلی توفان مغناطیسی را تشکیل می‌دهند. دامنه آنها در مناطق شفقی بیشینه است و شدتشان به طور بارزی با عرض ژئومغناطیسی کم می‌شود. Pi1ها بیشتر در اوایل صبح و اواخر شب مشاهده می‌شوند.

Pi2 در آغاز بای‌ها و در بیشتر نواحی مشاهده می‌شوند. تداوم کم از ویژگی‌های بارز آنها است. این نوع ریزتپ‌ها را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. یک دسته آنهایی که قبل از بای منفی در مناطق شفقی رخ می‌دهند و دسته دیگر که قبل از بای مثبت به وقوع می‌پیوندند. ریزتپ‌های Pi2 بیشتر در نیمه شب محلی رخ می‌دهند. منشأ اصلی Piها تریق ذرات باردار (احتمالاً الکترون) به درون جو فوقانی است (ژاکوب، ۱۹۶۰).

۳ الکتروجت

استوای مغناطیسی به صورت نوار باریکی به پهنای حدود ۶۰۰ کیلومتر، با هدایت زیاد و در جهت شرقی-غربی عمل می‌کند. میدان الکتریکی دینام یونسپهری باعث تشکیل جریان غرب‌سویی با چگالی تقریباً دو برابر نواحی مجاور در طول این نوار می‌شود و به تبعیت از آن بیشینه مقدار H روزانه در رصدخانه‌های استوایی نیز به طور تقریبی دو برابر می‌شود. این نوار را جریان الکتروجت استوایی می‌نامند.

ارتباط نزدیک بین زیرتوفان‌های مغناطیسی و شفقاها علت بارزی دارد. الکترون‌های پرنرژی که در هنگام فعالیت شفقاها به درون یونسپهر تریق می‌شوند، مانند مولکول‌های جوئی، نوار باریکی از پلاسمای یونیده در طول منطقه شفقی ایجاد می‌کنند. این نوار باریک جریان الکتروجت شفقی نامیده می‌شود.

بیرونی‌اند. در صفحه افقی، جریان‌های عمودی آشفتگی‌هایی به صورت زیر ایجاد می‌کند:

$$b_x = \left(\frac{\mu_0 j}{2\pi} \right) \theta \quad (۲-۶)$$

$$b_y = \left(\frac{\mu_0 j}{2\pi} \right) \left| \log \frac{r_2}{r_1} \right|$$

که b_x و b_y به ترتیب مؤلفه‌های عمود بر صفحه و موازی صفحه جریان، θ زاویه قطع صفحه، r_1 و r_2 فاصله از دو لبه صفحه جریان است (آتکینسون، ۱۹۶۷). پیکربندی اولیه به وجود دو الکتروجت شفق‌ی اشاره داشت که یکی قبل از نیمه شب و شرق سو و دیگری بعد از نیمه شب و غرب سو بود (ژاکوب، ۱۹۹۱). هر دو سلول، دارای سامانه جریان بازگشتی در بین کلاهک قطبی و نواحی زیر شفق‌ی بودند (شکل ۴). آکاسوفو و همکاران (۱۹۶۵) روشن ساختند که تنها شاهد مبتنی بر وجود یک الکتروجت شرق‌سوی قبل از نیمه شب، وقوع بای با H مثبت در طول آن زمان است. این بای می‌تواند توضیح خوبی از جریان بازگشتی الکتروجت غرب‌سویی که در ناحیه کلاهک قطبی در سمت تاریک عرض‌های بالاتر از منطقه شفق‌ی کنده می‌شود، باشد. (دانکن، ۱۹۶۰) این سلول الکتروجت غرب سو تنها سامانه جریان پدید آورنده بای‌هاست (شکل ۵).

بای منفی در منطقه شفق‌ی در ارتباط تنگاتنگ با فاز شکست یک شفق است و این شکست در بخش محدودی از الکتروجت رخ می‌دهد. شکست در اطراف نصف‌النهار نیمه شب رخ می‌دهد و با حرکت قطب سوی سریع قوس‌های شفق‌ی و با امواج شرق سو و غرب سو حاصل از پیرامون نصف‌النهار نیمه شب توأم است (ژاکوب، ۱۹۹۱). نتیجه کلی چنین حرکاتی، یک حرکت سریع از سامانه‌های جریان پدید آورنده بای است (شکل ۶).

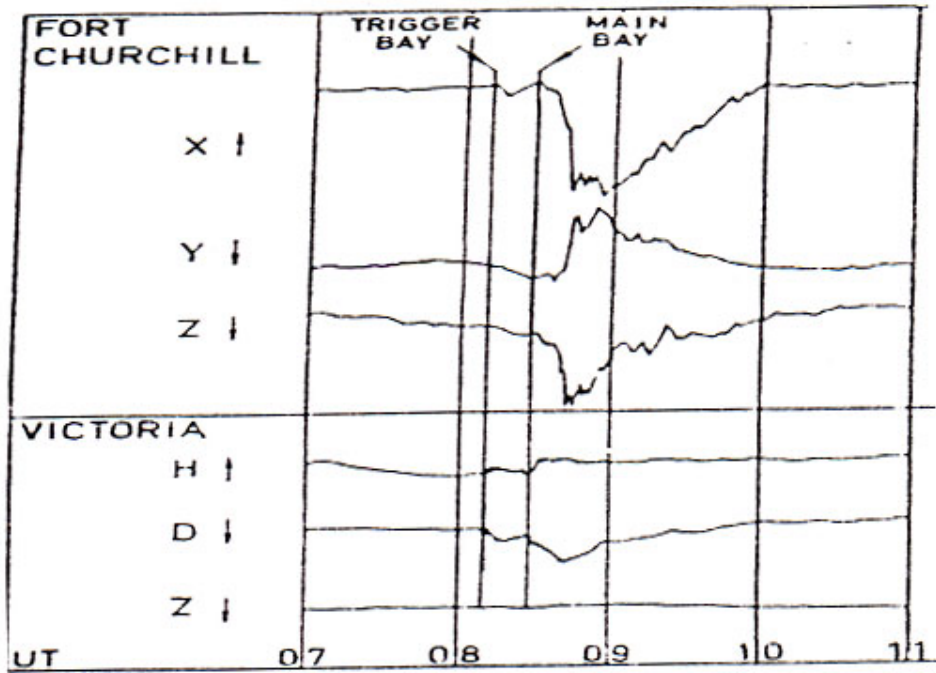
اصلی آمیخته شده و تشخیص ساختار دوگانه موجود در مغناطیس‌نگارها را دشوار می‌کند. تقریباً در همه موارد حرکت اولیه بای آغازین در جهتی مشابه با حرکت اولیه بای اصلی است. اما گاهی اوقات این دو رویداد خلاف جهت یکدیگر می‌شوند. از این رو احتمال دارد که سامانه جریان هم‌ارز بای اصلی تنها یک افزایش حاصل از بای آغازین نباشد. زمان شروع هر دو رویداد با استفاده از حرکات $\pi/2$ ها در حکم مرجع مشخص می‌شود. چون $\pi/2$ ها تقریباً به طور هم‌زمان روی سطح زمین مشاهده می‌شوند لذا زمان‌های تأخیر مستقل از موقعیت مشاهده‌گر نسبت به منشأ اندازه‌گیری‌اند. زمان تأخیر در گستره‌ای از ۱۰ تا ۳۰ دقیقه تغییر می‌کند (شکل ۳). زمان تأخیر بین شروع دو مرحله به فاصله زمانی بین شروع شرایط بین سیاره‌ای برای ایجاد زیرتوفان‌های شفق‌ی و زمان شروع اتصال مجدد مغناطیسی در دنباله مغناطیس‌سپهر بستگی دارد (راستوکر، ۱۹۶۸).

۶ جریان‌های مولد بای

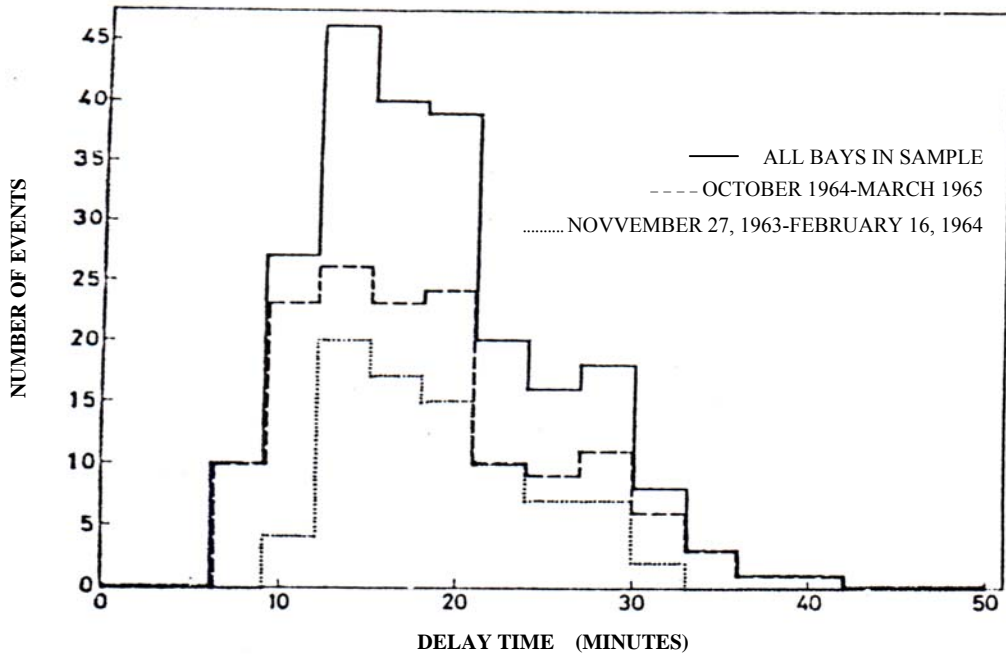
علت ایجاد این نوع تغییرات مغناطیسی، سامانه جریان‌های الکتریکی یون‌سپهر (جریان‌های هال (Hall current) و پدرسین (Pedersen)) است. سامانه جریان هال سامانه‌ای دوسلولی است که در صفحه یون‌سپهر قرار دارد. با استفاده از تقریب جریان صفحه‌ای برای اثرات مغناطیسی جریان هال می‌توان نوشت:

$$\vec{b} = \frac{1}{2} \mu_0 \sigma B (\vec{v} \times \vec{k}) \quad (۱-۶)$$

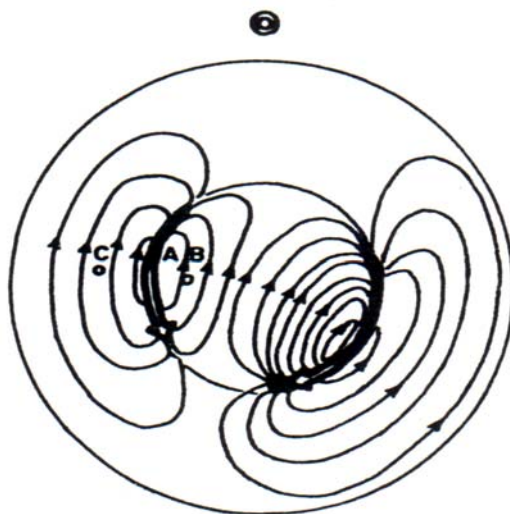
که \vec{b} آشفتگی مغناطیسی ناشی از جریان هال، σ هدایت الکتریکی هال، B میدان مغناطیسی ناآشفته (و عمودی)، \vec{k} بردار واحد قائم (به سمت بالا مثبت) و \vec{v} سرعت شارش متناسب با عکس فاصله بین خطوط جریان (S) است. میدان‌های الکتریکی با سرعت جریان تعیین می‌شوند و ناشی از تنش‌های موجود در مغناطیس‌سپهر



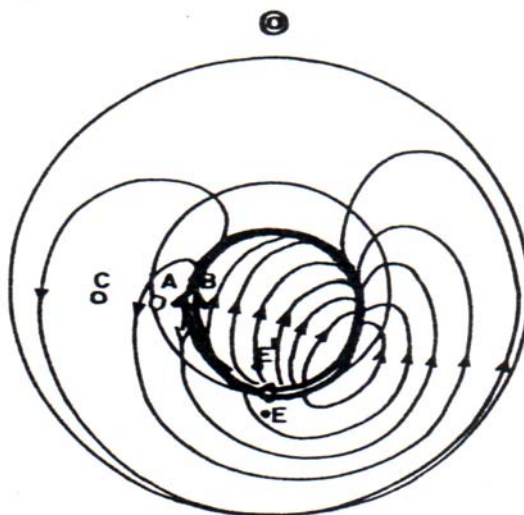
شکل ۲. ساختار درشت یک بای (ثبت شده در رصدخانه‌های فورت چرچیل و ویکتوریا). شروع بای آغازین در ساعت ۰۸.۱۰ و بای اصلی در ساعت ۰۸.۲۷.



شکل ۳. فراوانی وقوع زمان تأخیر بین بای آغازین و بای اصلی برای چند نمونه رویداد، فراوان‌ترین زمان تأخیر حدود ۱۵ دقیقه است.



شکل ۴. سامانه جریان برای بای مغناطیسی (ژاکوب، ۱۹۹۱).



شکل ۵. مدل آکاسوفو-چپمن از یک الکتروجت شفقی و سامانه جریان بازگشتی توأم با آن (ژاکوب، ۱۹۹۱).

است. a شعاع زمین، e_a و e_b ضرایب هماهنگ‌های کروی با منشأ خارجی‌اند، درحالی‌که i_a و i_b ضرایب هماهنگ‌های کروی مربوط به بخش داخلی هستند. φ و θ به ترتیب طول جغرافیایی و متمم عرض جغرافیایی‌اند (ریکتاک، ۱۹۶۶).

۹ معیارهای تقسیم‌بندی

به منظور بررسی تفصیلی بای‌ها، تقسیم‌بندی‌هایی صورت گرفته است که به قرار زیرند:

۱. تقسیم‌بندی براساس زمان وقوع: در این تقسیم‌بندی شبانه‌روز به ۱۲ بخش ۲ ساعته تقسیم می‌شود و نیمه‌شب، مبدأ انتخاب می‌شود.

۲. تقسیم‌بندی براساس شدت مؤلفه افقی: این تقسیم‌بندی براساس میزان افزایش یا کاهش مؤلفه افقی H روی فیلم‌های مغناطیسی صورت گرفته است و شامل بای شدید A ($\Delta H > 40\gamma$)، بای متوسط B ($20\gamma < \Delta H < 40\gamma$) و بای ضعیف C ($\Delta H < 20\gamma$) است.

۳. تقسیم‌بندی براساس جهت تغییرات مؤلفه افقی H : با توجه به جهت تغییر بای‌های مثبت P (افزایش ΔH)، بای منفی N (کاهش ΔH) و بای انتقالی T (کاهش و افزایش توأم) مشخص شده‌اند.

۴. تقسیم‌بندی براساس فصول ژئومغناطیسی: فصول ژئومغناطیسی شامل:

الف- گروه انقلاب تابستانی (JUN): شامل ماه‌های مه، ژوئن، ژوئیه و اوت که در آنها شدت فعالیت خورشیدی زیاد است.

ب- گروه اعتدالین (EQU): شامل ماه‌های مارس، آوریل، سپتامبر و اکتبر است که شدت فعالیت‌های خورشیدی نسبت به (JUN) کم‌تر است.

ج- گروه انقلاب زمستانی: ماه‌های این فصل شامل نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه است که شدت فعالیت‌های خورشیدی در این فصل ناچیز است.

۷ بای انتقالی

گاهی اوقات روی مغناطیس‌نگارها نوسانات منفی و مثبت پی‌درپی ظاهر می‌شوند و یک حالت قله و دره و یا بالعکس را نشان می‌دهند. به این نوع بای‌ها که نوسانات مثبت و منفی را توأم دارند، بای‌های انتقالی می‌گویند (شکل ۷). این نوع بای‌ها عمدتاً به علت تشکیل و زوال سامانه جریان یونسپهر به وجود می‌آیند. بای‌های انتقالی ممکن است در مؤلفه H یا D و یا هر دو به طور همزمان به وقوع بپیوندند (راستوکر، ۱۹۶۶).

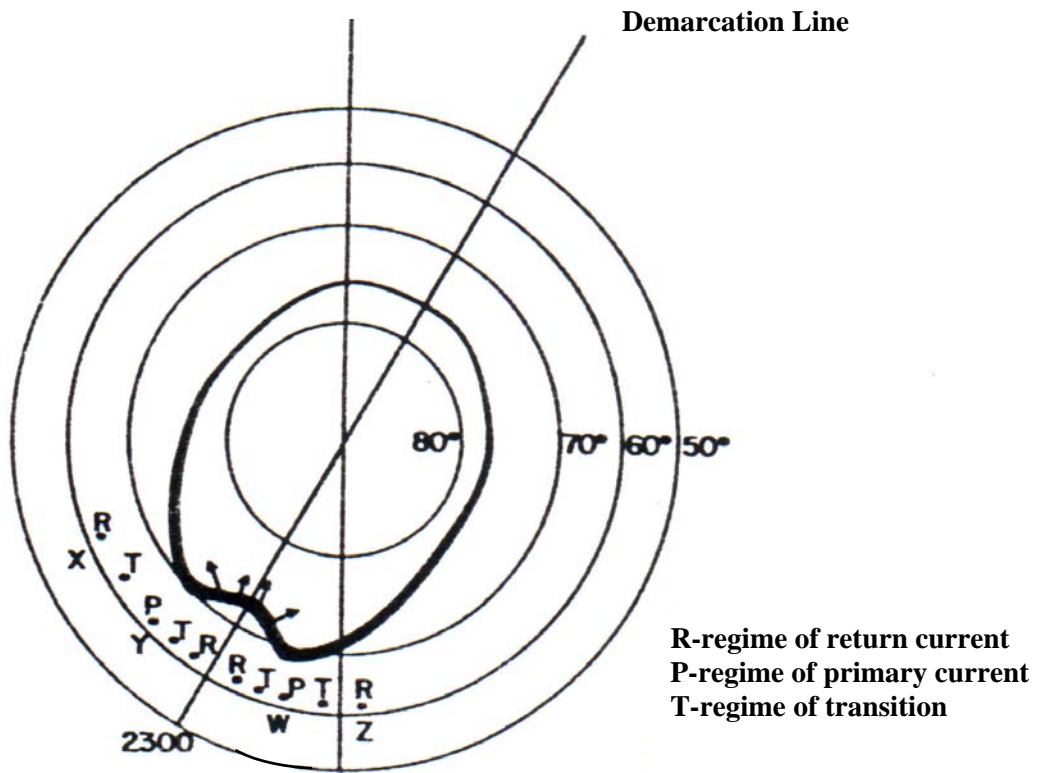
۸ پتانسیل مغناطیسی بای‌ها

میدان آشفته ناشی از بای‌ها روی دایره‌ای موازی به صورت سینوس و کسینوس طول جغرافیایی تغییر می‌کند. چون بای‌ها دارای دوره تناوب تا یک ساعت و بیشتر است، لذا پاسخ الکترومغناطیسی زمین به تغییرات مغناطیسی با دوره‌های کمتر از Sq را می‌توان با آنالیز بای‌ها مورد بررسی قرار داد.

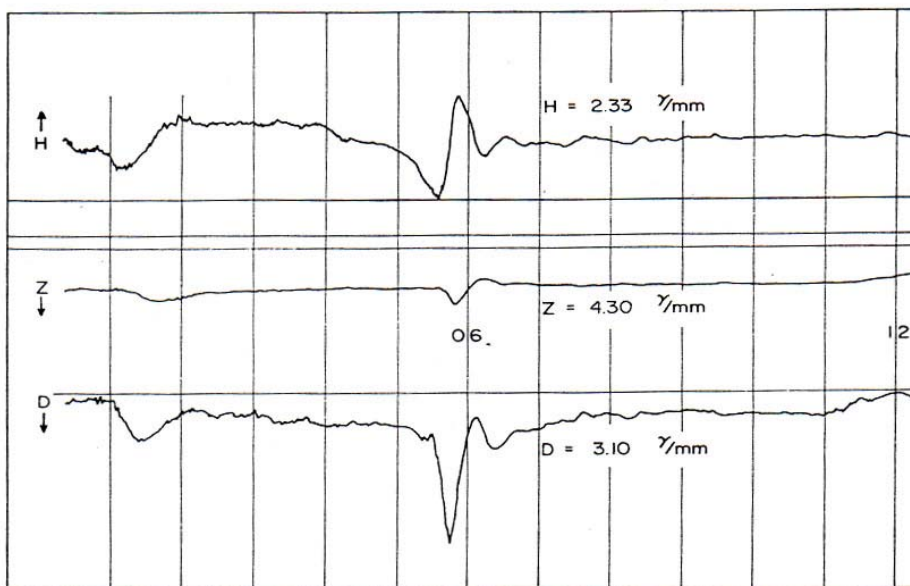
به علت افزایش بزرگ میدان آشفته حول مناطق شفقی، بررسی بای با استفاده از آنالیز هماهنگ‌های کروی عملاً غیرممکن است. در عرض‌های پایین و متوسط می‌توان از توابع لژاندر وابسته نوع دوم $Q_n^m(\cos\theta)$ به جای توابع لژاندر وابسته نوع اول $P_n^m(\cos\theta)$ استفاده کرد. چون $Q_n^m(\cos\theta)$ ها در قطب‌ها ($\theta = 0, \pi$) بی‌نهایت می‌شوند، آنالیز حاصل از آنها برای قسمتی از سطح زمین به استثنای قطب‌ها میسر است. با توضیحات مفصل بالا می‌توان پتانسیل مغناطیسی ناشی از بای‌ها را چنین نوشت:

$$W = a \left[\left\{ \left(\frac{r}{a} \right) e_a + \left(\frac{r}{a} \right)^2 i_a \right\} \cos \varphi + \left\{ \left(\frac{r}{a} \right) e_b + \left(\frac{a}{r} \right)^2 i_b \right\} \sin \varphi \right] Q_1^1(\cos \theta) \quad (1-7)$$

رابطه فوق در دستگاه مختصات کروی نوشته شده



شکل ۶. مدل اصلاح شده الکتروجت شفقی در خلال وقوع بای مغناطیسی (آکاسوفو، ۱۹۶۵).



شکل ۷. وقوع یک بای انتقالی در ساعت ۰۵،۰۰ (ثبت در رصدخانه آگین کورت).

۱۰ نتیجه گیری

یونسپهر ایجاد می‌شود که تعداد ناچیز این نوع پدیده نشان از تناوب کم تشکیل و زوال جریان‌های یونسپهر در این منطقه است.

از مجموع بای‌های ثبت شده، ۳۵۸ رویداد در انقلاب تابستانی (JUN)، ۴۱۹ رویداد در اعتدالین (EQU) و ۴۴۶ رویداد نیز در انقلاب زمستانی رخ داده‌اند (شکل ۱۲). با توجه به این که معمولاً بای‌ها در روزهای آرام مغناطیسی رخ می‌دهند، می‌توان نتیجه گرفت که منطقه مورد بررسی در طی سال‌های ۸۰-۱۹۷۱ از نظر مغناطیسی شرایط آرامی را سپری کرده است.

بیشینه وقوع بای‌ها در سال ۱۹۷۵ است که مبین آرام بودن این سال از نظر فعالیت‌های مغناطیسی نسبت به دیگر سال‌هاست. رابطه بین تعداد لکه‌های خورشیدی و توفان‌های مغناطیسی و بای‌ها در خلال این سال‌ها مورد بررسی قرار گرفته است و معلوم شده است که در هنگام بیشینه لکه‌های خورشیدی، بیشینه توفان‌ها و کمینه بای‌ها را داریم. این نتیجه مؤید وقوع بای‌ها در شرایطی است که فعالیت‌های خورشیدی حداقل است (شکل ۱۳). در اکثر قریب به اتفاق سال‌ها، فراوانی رویدادهای شدید از سایر رویدادها بیشتر است (شکل ۱۴). تأخیر زمانی بین دو مرحله بین ۳۰-۱۰ دقیقه به دست آمده است. یعنی مدت زمان لازم برای تشکیل شرایط بین سیاره‌ای به منظور ایجاد زیرتوفان مغناطیسی و نیز اتصال مجدد مغناطیسی در دنباله مغناطیس‌سپهر در محدوده زمان به دست است.

منابع

فیلم‌های مغناطیسی رصدخانه مغناطیسی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

Akasofu, S. I., Chapman, S., and Meng, C. I., 1965, The polar electrojet. *J. Atmos. Terr. Phys.*, **27(11/12)**, 1275-1305.

Atkinson, G., 1967, The current system of geomagnetic bays, *J. Geophys. Res.*, **72**, 6063-6067.

Duncan, R. A., 1960, The cause of magnetic

رصدخانه مغناطیسی تهران با مختصات ژئومغناطیسی ۳۵/۷۳ شمالی و ۵۱/۳۸ شرقی در عرض‌های میانی قرار دارد. با توجه به این که ویژگی‌های تغییرات مغناطیسی مشاهده شده در مناطق متفاوت به زمان محلی و عرض ژئومغناطیسی بستگی دارد، از این رو می‌توان با بررسی تغییرات مغناطیسی مختلف، فرایندها و پدیده‌های مغناطیسی موجود در این مناطق و عوامل ایجاد آنها را مشخص کرد. بدین منظور یک بررسی کلی از بای‌ها براساس زمان وقوع آنها در طول شبانه روز، شدت و جهت تغییر مؤلفه افقی میدان، تشکیل و پیدایش آنها در فصول ژئومغناطیسی متفاوت صورت گرفته است.

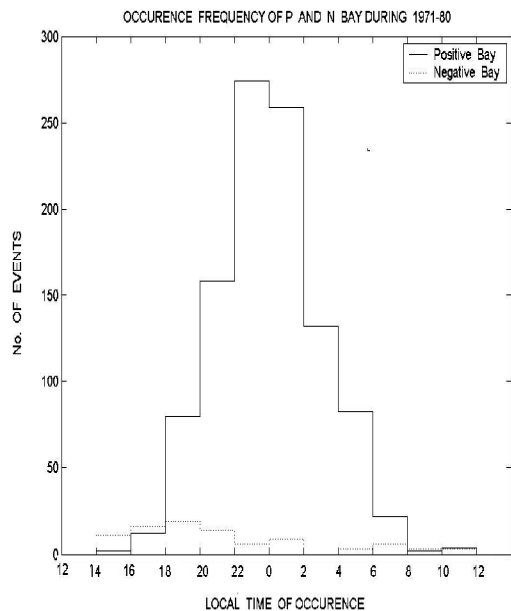
مجموع بای‌های ثبت شده در رصدخانه مغناطیسی تهران در مدت ۱۰ سال (۸۰-۱۹۷۱)، ۱۱۲۳ رویداد بوده است که بیشترین فراوانی وقوع آنها در بازه زمانی ۲-۲۲ وقت محلی است (شکل ۸). با توجه به این گستره زمانی می‌توان گفت که جریان‌های موجب این رویدادها اکثراً در حول و حوش نیمه‌شب فعال بوده‌اند.

از تعداد کل بای‌ها، ۱۰۳۴ بای مثبت (P) بوده است که تقریباً ۹۲٪ کل بای‌های ثبت شده است. بیشینه فراوانی وقوع این نوع بای‌ها در محدوده زمانی ۲-۲۲ وقت محلی است. این موضوع مؤید غالب بودن جریان بازگشتی در این منطقه است. بای‌های منفی تنها ۸٪ کل بای‌ها را شامل می‌شوند و بیشینه آنها در ۲۰-۱۸ وقت محلی است (شکل ۹).

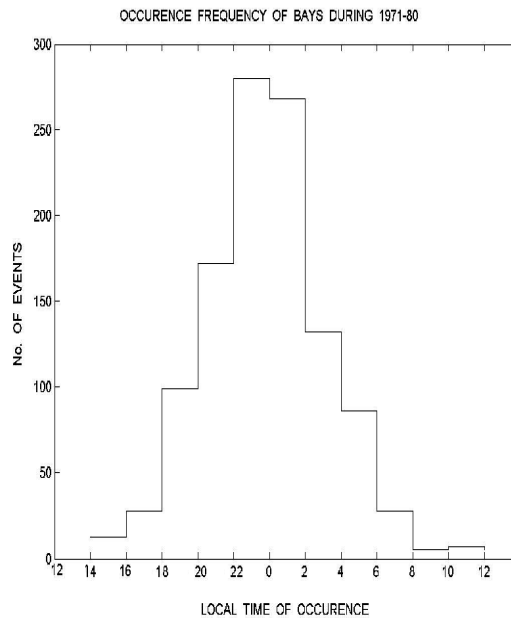
از کل بای‌های ثبت شده، ۱۲۶ رویداد شدید (A)، ۵۹۶ رویداد متوسط (B) و ۴۰۱ رویداد ضعیف (C) بودند. شدت و ضعف مؤلفه افقی میدان H، معیار شدت و جریان‌های پدید آورنده بای‌ها است (شکل ۱۰).

تعداد بای‌های انتقالی ۴۱ رویداد است که بیشینه فراوانی آنها ۲-۲۰ وقت محلی است (شکل ۱۱). این نوع بای به علت تشکیل و زوال پی‌درپی سامانه جریان

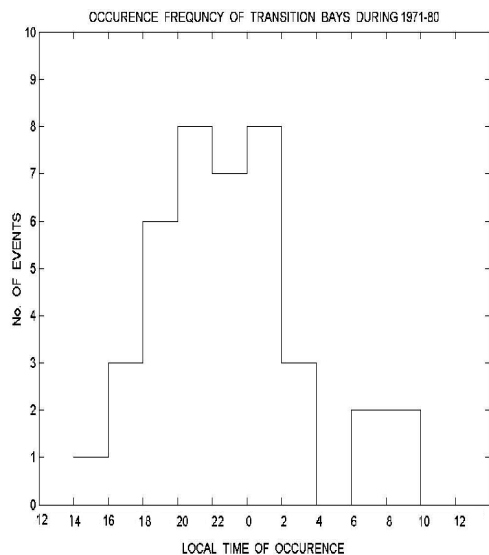
- Earth's Interior: Elsevier publishing Company.
- Rostoker, G., 1966, Midlatitude transition bays and their relation to spatial movement of overhead currents system, J. Geophys. Res., **71**, 79-95.
- Rostoker, G., 1968, Macrostructure of geomagnetic bays, J. Geophys. Res., **73**, 4217-4229.
- storm and bays, J. Geophys. Res., **65**, 3589-3592.
- Jacobs, J.A., 1970, Geomagnetic Micropulsations, Springer-Verlag Berlin.
- Jacobs, J. A., 1991, Geomagnetism, Vol. 4, Academic Press.
- Parkinson, W. D., 1983, Introduction to Geomagnetism, Scottish Academic Press.
- Rikitake, T., 1966, Electromagnetism and the



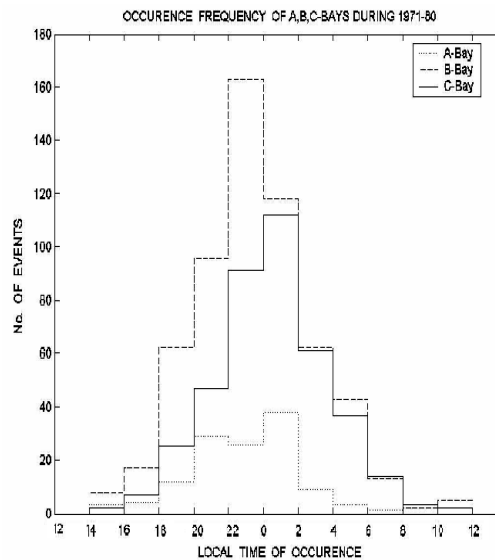
شکل ۹. فراوانی وقوع بای های مثبت و منفی نسبت به زمان محلی طی سال های ۸۰-۱۹۷۱ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



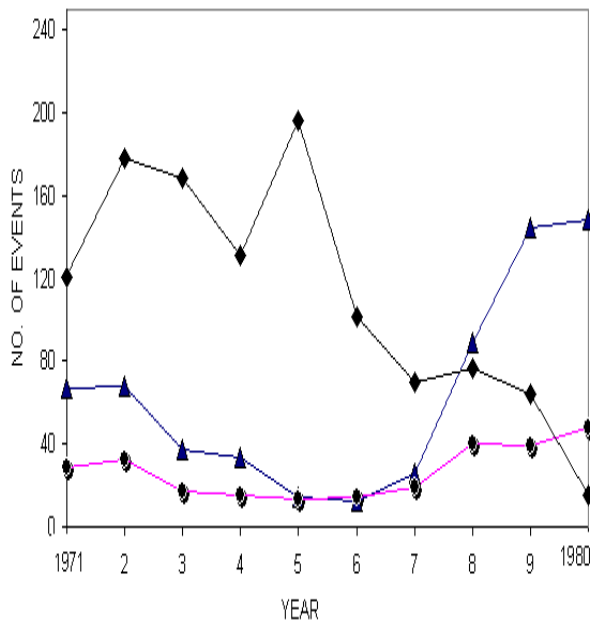
شکل ۸. فراوانی وقوع بای های مغناطیسی نسبت به زمان محلی طی سال های ۸۰-۱۹۷۱ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



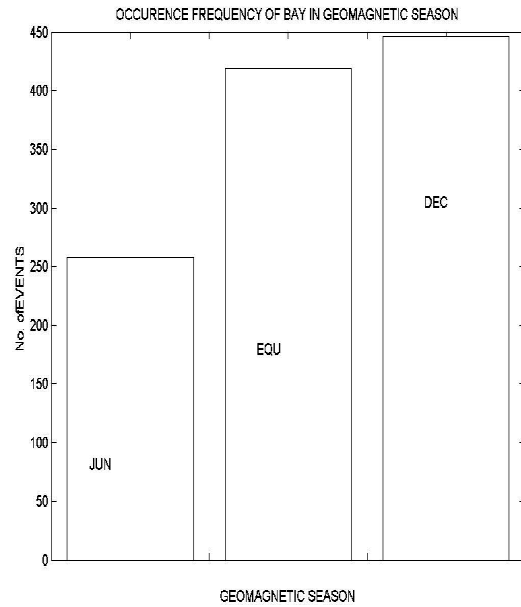
شکل ۱۱. فراوانی وقوع بای های انتقالی نسبت به زمان محلی طی سال های ۸۰-۱۹۷۱ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



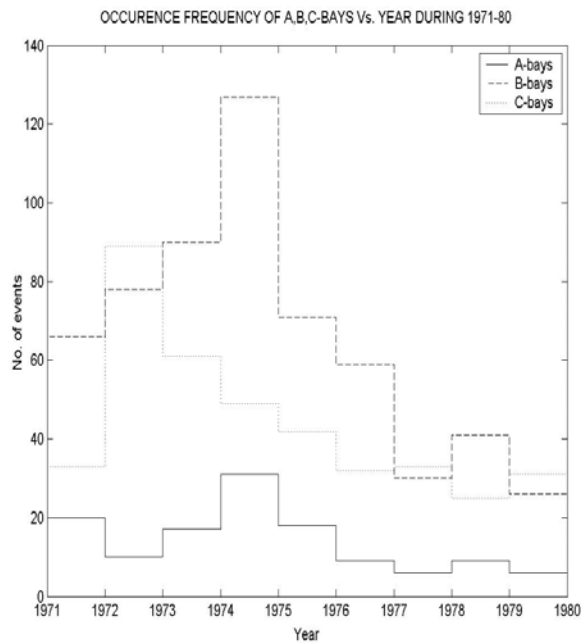
شکل ۱۰. فراوانی وقوع بای های شدید A، متوسط B، ضعیف C نسبت به زمان محلی طی سال های ۸۰-۱۹۷۱ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



شکل ۱۳. رابطه بین فراوانی وقوع بای‌ها (■)، لکه‌های خورشیدی (▲) و توفان‌های مغناطیسی (●) در سال‌های ۱۹۷۱-۸۰ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



شکل ۱۲. فراوانی وقوع بای‌ها در فصول ژئومغناطیسی مختلف طی سال‌های ۱۹۷۱-۸۰ در رصدخانه مغناطیسی تهران.



شکل ۱۴. فراوانی وقوع بای‌های شدید A، متوسط B، ضعیف C طی سال‌های ۱۹۷۱-۸۰ در رصدخانه مغناطیسی تهران.