

توزیع میدان سرعت جریان پلاسما در پایه جت‌های رنگین‌سپهر

الناز امیرخانلو^۱، احسان توایی^۲ و سیما ضیغمی^{۳*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، زنجان، ایران

۲. دانشیار، گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۳. استادیار، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

(دریافت: ۹۶/۱۱/۱۴، پذیرش نهایی: ۹۷/۷/۳)

چکیده

خورشید به‌طور مداوم ذرات یونیزه را به بیرون از اتمسفر پرتاب می‌کند که سبب بادهای خورشیدی می‌شوند. برای درک اینکه منشأ این بادهای کجاست ۵۰ سال است که تحقیقات گوناگون در شیدسپهر، تاج و رنگین‌سپهر انجام می‌شود. حفره‌های تاجی در مقیاس بزرگ معمولاً مناطقی هستند که به‌طور قطعی به‌عنوان منشأ بادهای خورشیدی پذیرفته شده‌اند. با این حال هنوز تحقیق و پژوهش در مناطق دیگر انجام می‌شود. جت‌های شبکه‌ای یکی از پدیده‌هایی هستند که به‌عنوان منشأ بادهای خورشیدی مطرح می‌باشند. هدف ما بررسی توزیع میدان سرعت درون آنها و پی بردن به ساختار این نوع جت‌ها و نقش آن در جریان‌های پلاسمایی می‌باشد. نوسانات و جابه‌جایی عرضی محور جت‌ها را می‌توان به‌دلیل وجود امواج عرضی در امتداد محور آنها تعبیر نمود. دو نوع موج که مسئول این نوسانات هستند عبارتند از امواج مگنتوآکوستیکی و امواج آلفون. در این مقاله با استفاده از تصاویر تلسکوپ IRIS با کمک الگوریتم FLCT تحت برنامه‌نویسی IDL توزیع میدان سرعت جریان پلاسما را در پایه جت‌های رنگین‌سپهر مورد مطالعه قرار دادیم.

واژه‌های کلیدی: پلاسما، جت رنگین‌سپهر، سرعت ظاهری، امواج آلفونی.

۱. مقدمه

نوع اول سیخک‌هایی با طول عمر معمولی ۴۰۰-۱۵۰ ثانیه با حرکت‌های رو به بالا و رو به پایین بر روی مسیرهای سهمی با حداکثر سرعت رو به بالا ۱۵ تا ۴۰ کیلومتر بر ثانیه و نوع دوم فقط حرکات رو به‌بالا با طول عمر ۵۰ تا ۱۵۰ ثانیه، و سرعت ۳۰ تا ۱۱۰ کیلومتر بر ثانیه دارند. سیخک‌های نوع دوم عمدتاً در هر دوناحیه خورشید آرام و حفره‌های تاج وجود دارند؛ اما در مناطق فعال سیخک‌های نوع اول تسلط دارند. سایر رویدادهای گذرا جت‌های شبکه‌ای هستند که به‌راحتی در حفره‌های تاجی واقع در نزدیکی لبه خورشید دیده می‌شوند. آنها به‌وضوح در هر مکانی روی سطح خورشید (Solar disk) خارج از مناطق فعال تشخیص داده می‌شوند. با توجه به بررسی‌های نمونه‌ای که توسط تیان و همکاران (۲۰۱۴) انجام شده است (۶۳ جت به‌صورت تصادفی انتخاب شده بود) سرعت جت‌های شبکه‌ای تقریباً ۳۰۰ کیلومتر بر ثانیه برآورد شده است. سرعت ظاهری این جت‌ها عمدتاً در

لایه‌های اصلی جو خورشید از سطح خورشید به‌سمت بالا شامل شیدسپهر (Photosphere)، رنگین‌سپهر (Chromosphere)، ناحیه انتقالی (Transition Region) و تاج (Corona) می‌باشد. در سال‌های اخیر دانشمندان تلاش زیادی برای درک سازوکار انتقال انرژی در رنگین‌سپهر خورشیدی و تاج انجام داده‌اند. محققان پیشنهاد می‌کنند که کلید حل این مشکل می‌تواند در درک ماهیت رویدادهای گذرا با مقیاس ریز باشد که در سراسر سطح خورشید توزیع یافته است. از این تعداد، سیخک‌های خورشید (Solar spicules) برجسته‌ترین پدیده‌های دینامیک در مقیاس کوچک در مناطق رنگین‌سپهر هستند که مواد نسبتاً سرد را از رنگین‌سپهر پایین به تاج می‌رانند. سیخک‌ها می‌توانند هم با خارج کردن پلاسمای داغ و هم با انتقال انرژی توسط امواج مگنتوایدرویدینامیک تاج را گرم کنند (ضیغمی و همکاران ۲۰۱۶). تاکنون دو نوع سیخک شناسایی شده:

جرمی ایجاد نمی‌شود (تیان و همکاران، ۲۰۱۴). این جت‌های شبکه‌ای به‌عنوان یک منبع متناوب، اما مستمری از توده و انرژی برای بادهای خورشیدی محسوب می‌شوند. برای این جت‌ها اگر فرض کنیم همه جت‌های پلاسمایی به باد خورشیدی کمک کنند، این مقدار حدود ۲ تا ۲۴ برابر بزرگتر است. بدون مشاهدات تاج خورشید نمی‌توان اندازه‌ای از باد خورشیدی را تعیین کرد. ساختارهایی وجود دارد که این جت‌های شبکه‌ای ممکن است مدل‌های باد خورشیدی را به چالش بکشند. مشاهدات آریس وجود جریان‌های متناوب با سرعت بالا از شبکه‌ها را نشان می‌دهد (تی یو و همکاران، ۲۰۰۵؛ توایی و همکاران، ۲۰۱۵ a). این سناریو شامل آن است که اتصال مجدد بین خطوط میدان باز در شبکه و حلقه‌های اطراف آن وجود دارد (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳). با این حال، حداکثر سرعت خروجی تولید شده توسط این مدل در حدود ۳۰ کیلومتر بر ثانیه است و معلوم نیست که کل جریان توسط جرم و انرژی بادی می‌تواند به این ترتیب تولید شود یا نه (کرانمر و همکاران، ۲۰۱۰). اگر این جت‌ها باد خورشیدی نوظهور نیستند، حداقل تعامل آنها با باد باید باشد و در مدل‌های انرژی خورشیدی مورد توجه قرار گرفته شود، زیرا آنها برجسته‌ترین ویژگی منطقه انتقالی در شبکه‌ها هستند جایی که معتقد هستیم باد از آنجا آغاز شود.

در این تحقیق با استفاده از داده‌های سایت IRIS (Interface Region Imaging Spectrograph) تصاویر مورد نظر را دریافت می‌کنیم. اساساً تحلیل حرکت‌های ساختارهایی همچون سیخک‌ها و جت‌های خورشیدی به دو روش پردازش تصویری و روش طیفی قابل ردیابی است. در اولین روش جابه‌جایی‌ها و اختلالات در تصاویر اندازه‌گیری می‌شود در حالی که در دومین روش طرح‌های پررودیکی در شیف‌های دوپلری به‌وسیله اسپکترومترها مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش آنالیز ما بر اساس پردازش و (Fourier Local Correlation) FLCT (Tracking) می‌باشد. به کمک الگوریتم FLCT تحت

محدوده ۸۰ تا ۲۵۰ کیلومتر بر ثانیه قرار دارند، که بسیار بزرگتر از سرعت صوت و نزدیک به سرعت آلفون در رنگین‌سپهر است (دی‌پونتی و همکاران، ۲۰۱۱). این سرعت‌ها به‌طور قابل‌توجهی بزرگتر از سرعت‌های مورد بررسی جت‌ها در رنگین‌سپهر و ناحیه انتقالی هستند (شیباتا و همکاران، ۲۰۰۷؛ پیرا و همکاران، ۲۰۱۲). در برخی از جت‌ها شتاب نیز مشاهده می‌شود و طول عمر آنها بین ۲۰ تا ۸۰ ثانیه قرار گرفته است. اکثر جت‌ها دارای طول ۴ تا ۱۰ مگامتر می‌باشند، اگرچه طول برخی از آنها به ۱۵ مگامتر هم می‌رسند. بسیاری از جت‌های شبکه‌ای حرکت‌های آشکاری را به‌صورت عرضی در زمان انتشار از خود نشان می‌دهند که گویای این حقیقت است که آنها می‌توانند امواج مگنتوهیدرودینامیکی عرضی معروف به امواج آلفون را حمل کنند. مشاهدات طیفی برای تخمین تقریبی سرعت امواج آلفون انجام شده است که به‌طور میانگین تغییر نوسان دوپلری آنها در خط $1393/77 \text{ \AA}$ فیلتر سیلیسیم چهار (Si IV) در حدود ۵ کیلومتر بر ثانیه است، که می‌تواند به‌عنوان دامنه موج حل شده در نظر گرفته شود. بسیاری از این جت‌های شبکه‌ای برخلاف جت‌های واقع بر روی خورشید و منطقه انتقالی، احتمالاً از نوع سیخک‌های نوع دوم هستند. از جمله ویژگی‌های این جت‌ها این است که با سرعت‌های ۵۰-۱۱۰ کیلومتر بر ثانیه به‌سمت بالا حرکت می‌کنند و در رنگین‌سپهر و در لبه خورشید دیده می‌شوند (دی‌پونتی و همکاران، ۲۰۰۷a؛ پیرا و همکاران، ۲۰۱۲). مشاهدات نیز نشان می‌دهد منشأ در شبکه‌ها است، که مشاهدات خارج از لبه نمی‌تواند آن را تعیین کند. با این حال، قابل توجه است که سرعت جت‌های شبکه‌ای به‌طور کلی دو برابر بیشتر از سیخک‌های نوع دوم بوده، که نشان می‌دهد جت‌های شبکه‌ای نمونه‌هایی هستند که توسط پس‌باندهای منطقه انتقالی مورد استفاده قرار گرفته و در رنگین‌سپهر بالایی و منطقه انتقالی گرم شده و شتاب می‌گیرند (مارتینز و همکاران ۲۰۱۱) و همچنین سرعت‌های ظاهری که در جت‌های شبکه‌ای مشاهده می‌شود، همه به‌واسطه جریان

برنامه‌نویسی IDL و نرم‌افزار متلب، تصاویر را مورد مطالعه و تحلیل قرار داده و به‌این ترتیب مؤلفه‌ها، مقدار و جهت بردارهای سرعت ذرات پلاسما پیرامون جت‌های شبکه‌ای را محاسبه و رسم می‌کنیم.

۲. مشاهدات رصدی

در ابتدای کار با استفاده از سایت IRI تصاویر مورد نظر را دریافت کردیم. داده مورد نظر تصاویر مربوط به تاریخ نوزدهم فوریه ۲۰۱۴ از ساعت ۱۶:۲۷ تا ۱۷:۳۵ زمان جهانی همراه با طیف‌نگار می‌باشد. میدان دید این مجموعه ۱۱۹° در راستای شمال جنوب و محل شکاف تقریباً در قطب جنوب خورشید واقع شده است. این شبکه داده‌ها از نوع شکاف ثابت بوده که به‌خاطر همین موضوع میدان دید شکاف پهنا ندارد. مرکز شکاف نسبت به مختصات خورشیدی در نقطه ی $X = 6''$ و $Y = -980''$ واقع شده است. گام‌ها در تولید شبکه داده‌ها ۹ ثانیه کمانی می‌باشد. تصاویر داده‌ها در سه فیلتر با طول‌موج‌های ۱۳۳۰، ۱۴۰۰ و 2832 \AA بوده که در این تحقیق کار بر روی تصاویر فیلتر 1400 \AA انجام شده است. برای بررسی جهت و مقدار سرعت جت‌های شبکه‌ای، از الگوریتم FLCT تحت برنامه‌نویسی IDL و نرم‌افزار متلب بهره جستیم و بردارهای سرعت را محاسبه و رسم کردیم. شکل ۱ تصویر به‌دست آمده از مشاهدات IRIS در فیلتر Si IV مربوط به تاریخ نوزدهم فوریه ۲۰۱۴ می‌باشد که در شکل ۱-الف منشأ جت‌های شبکه‌ای با دایره‌های قرمز رنگ و یکی بامستطیل زرد رنگ (ناحیه مورد مطالعه) نمایش داده شده است، شکل ۱-ب منطقه مورد مطالعه را با بزرگ‌نمایی نشان می‌دهد. ابتدا مختصات پایه جت‌های شبکه‌ای مورد نظر را به‌دست آوردیم. شکل ۲ تصویر IRIS در سه فیلتر نمایش رنگی می‌باشد و مستطیل نقطه‌چین به رنگ زرد در تصویر سمت چپ ناحیه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۳. آنالیز داده‌ها

با $I_1(x, y), I_2(x, y)$ پس از انتخاب ناحیه مورد نظر

۱- منزوی بودن نقطه‌ای که بر روی تصویر در نظر می‌گیریم.

۲- محاسبه تابع همبستگی (Cross correlation) بین دو تصویر

۳- تعیین محل اوج تابع همبستگی عرضی برای هر پیکسل.

دیدگاه محاسباتی به‌کار رفته توسط FLCT به‌این صورت است که ابتدا ماتریس دو تصویر با شدت های I_1, I_2 در زمان‌های t_1 و $t_2 = t_1 + dt$ به‌عنوان ورودی به برنامه معرفی شده و کد مذکور بر روی تمام پیکسل‌های تصاویر I_1, I_2 در یک حلقه اجرا می‌شود. برای ساختن یک میدان سرعت دو بعدی که دو تصویر $I_1(x, y), I_2(x, y)$ را در زمانهای t_1, t_2 به هم مربوط می‌سازد باید از نقطه‌ای داخل هر دو تصویر شروع کرده تا یک بردار سرعت محاسبه شود، سپس این محاسبات برای تمام موقعیت‌های پیکسلی تصویر تکرار می‌شود. این محاسبات شامل سه عملکردها: ۱-تنظیم کردن پنجره‌ای در تصاویر ورودی جهت جدا کردن محیط پیرامون پیکسل مورد نظر ۲- محاسبه تابع همبستگی بین دو تصویر ۳- مشخص کردن پیک تابع همبستگی عرضی. برای هر پیکسلی که قرار است برای آن سرعت محاسبه شود یک تابع پنجره به‌کار می‌رود تا بخش‌هایی از تصویر دورتر از آن پیکسل را مشخص کند، به‌عبارت‌دیگر عمل موضعی کردن انجام می‌شود. الگوریتم FLCT می‌تواند این موضعی کردن را با ضرب کردن دو تصویر توسط یک تابع گوسی با عرض σ که در محل پیکسل (x_i, y_i) متمرکز شده به‌صورت زیر انجام دهد.

شکل ۳ تصاویر آنالیز شده در برنامه IDL را مشاهده می‌کنید که توسط نرم‌افزار متلب توانستیم بردارهای سرعت را که حالت پیچشی دارند و نشان دهنده سرعت آلفون می‌باشد نمایان سازیم. ابعاد تصاویر برحسب پیکسل می‌باشد که هر پیکسل معادل با ۰/۳ ثانیه کماتی است. شکل ۳ توزیع میدان سرعت جت‌های شبکه‌ای را نشان می‌دهد که پیکان‌های آبی‌رنگ بردارهای سرعت را در ناحیه مورد مطالعه نمایش می‌دهد که شکل‌های ۱-الف تا ۱-د به ترتیب خروجی نتایج مربوط به بازه‌های زمانی ۱۶:۱۹ الی ۱۶:۳۸، ۱۶:۳۸ الی ۱۶:۵۷، ۱۶:۵۷ الی ۱۷:۱۶ و ۱۷:۱۶ الی ۱۷:۳۵ می‌باشد که به‌عنوان نمونه از بین ۱۸۰ تصویر انتخاب شده است. شکل ۴ هیستوگرام توزیع مؤلفه‌های افقی و قائم سرعت پایه جت‌های شبکه‌ای را در ناحیه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

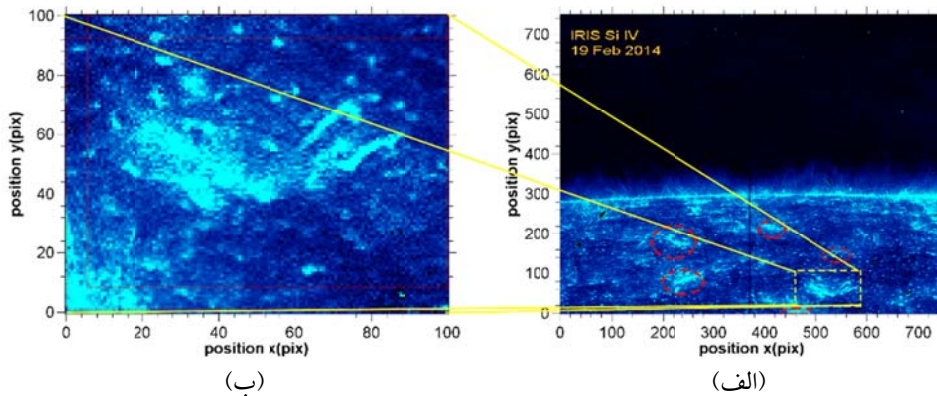
$$S_1^{(i,j)}(x, y) = I_1(x, y)e^{-[(x-x_j)^2+(y-y_j)^2]/\sigma^2} \quad (1)$$

$$S_2^{(i,j)}(x, y) = I_2(x, y)e^{-[(x-x_j)^2+(y-y_j)^2]/\sigma^2} \quad (2)$$

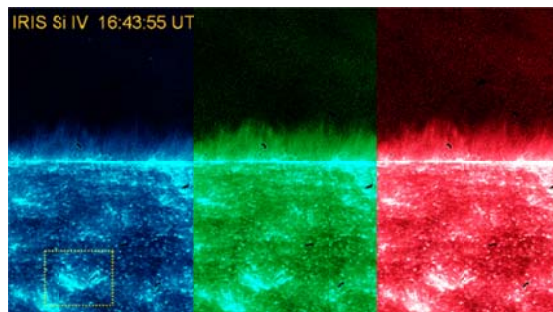
برای (i, j) امین پیکسل تابع همبستگی عرضی زیر تصویر ۱ با زیر تصویر ۲ به صورت زیر تعریف می‌شود (ولش و فیشر، ۲۰۰۴).

$$C^{i,j}(\delta x, \delta y) = \iint dx dy S_1^{i,j}(-x, -y) S_2^{i,j}(\delta x - x, \delta y - y) \quad (3)$$

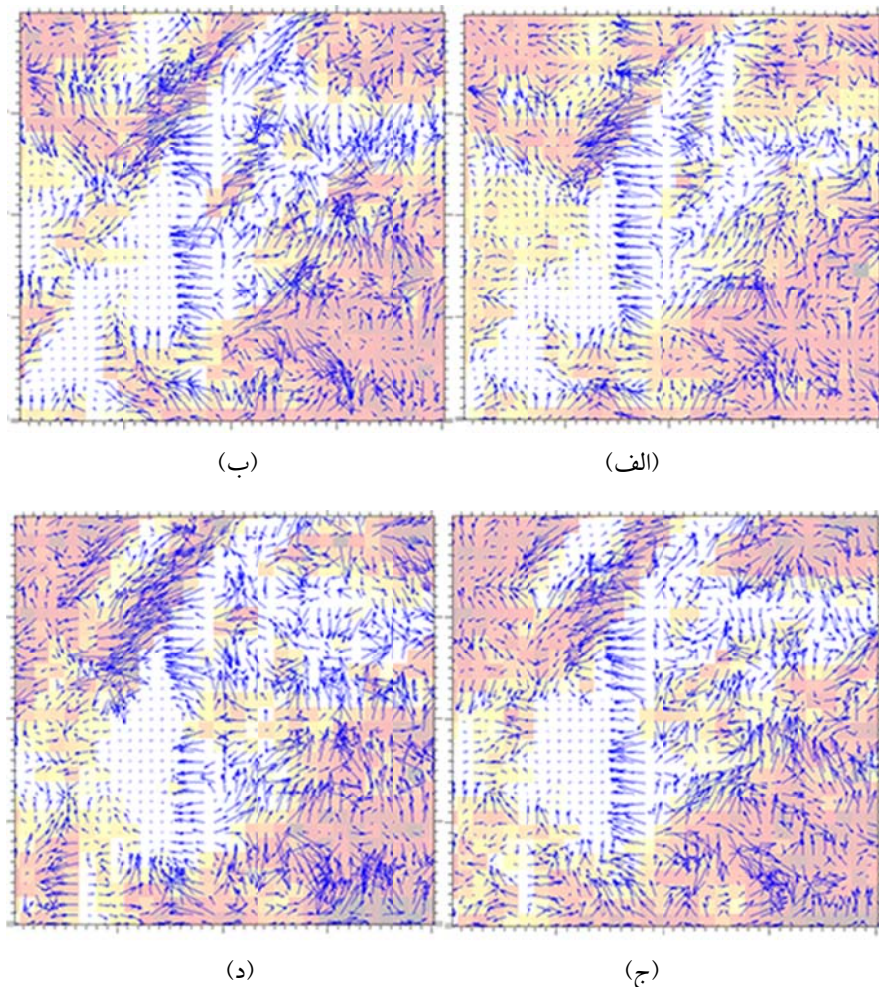
سپس برای هر دو تا زیر تصویر S_1, S_2 که در مکان (x_i, y_j) متمرکز شده، جابه‌جایی‌های $\delta x, \delta y$ طوری محاسبه می‌شود که تابع همبستگی $C(\delta x, \delta y)$ را بیشینه کند. دامنه جابه‌جایی‌ها بین تصاویر ۱ و ۲ تقسیم بر $\delta t = t_2 - t_1$ مقدار سرعت را خواهد داد: $v_x = \delta x / \delta t$ و $v_y = \delta y / \delta t$



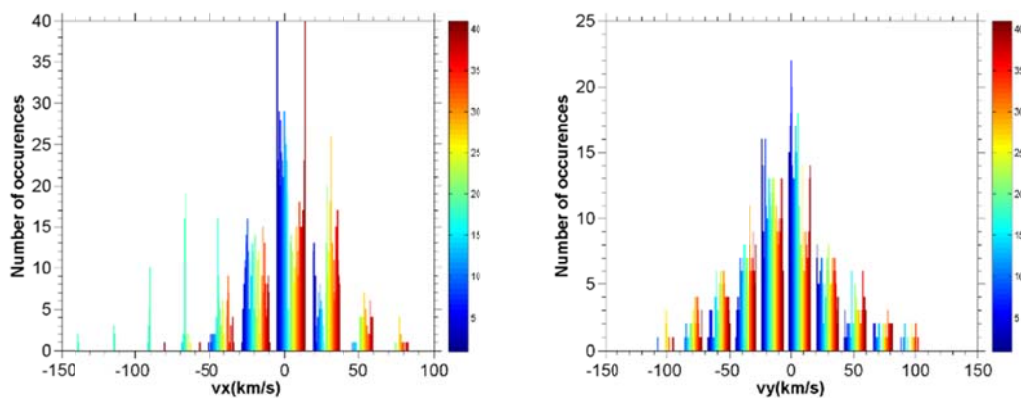
شکل ۱. الف) تصویر به دست آمده از مشاهدات IRIS در فیلتر Si IV مربوط به تاریخ نوزدهم فوریه ۲۰۱۴ که منشأ جت‌های شبکه‌ای با دایره‌های قرمز رنگ و یکی به رنگ زرد رنگ (مستطیل نقطه‌چین به رنگ زرد ناحیه مورد مطالعه) را نشان می‌دهد. ب) منطقه مورد مطالعه با درشت‌نمایی نشان داده شده است.



شکل ۲. تصویر IRIS مربوط به تاریخ نوزدهم فوریه ۲۰۱۴ در سه فیلتر رنگی نمایشی را نشان می‌دهد. مستطیل نقطه‌چین به رنگ زرد در تصویر سمت چپ ناحیه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. میدان سرعت دو بعدی در پایه جت کروموسفری برای ناحیه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که در شکل ۱ این ناحیه با مستطیل زرد رنگ نمایش داده شده است. پیکان‌های آبی رنگ نشان دهنده بردارهای سرعت هستند که با استفاده از الگوریتم FLCT تحت برنامه‌نویسی IDL و نرم‌افزار متلب محاسبه و رسم شده است. شکل‌های الف تا د به ترتیب مربوط به بازه‌های زمانی ۱۶:۱۹ الی ۱۶:۳۸، ۱۶:۳۸ الی ۱۶:۵۷، ۱۶:۵۷ الی ۱۷:۱۶ و ۱۷:۱۶ الی ۱۷:۳۵ می‌باشد که به‌عنوان نمونه از بین ۱۸۰ تصویر انتخاب شده است.



شکل ۴. هیستوگرام توزیع مؤلفه‌های افقی و قائم سرعت جت‌های شبکه‌ای در ناحیه مورد مطالعه که در شکل ۱ با مستطیل زرد رنگ نمایش داده شده است.

۴. بحث و نتیجه گیری

و سرعت بالا (نزدیک به سرعت آلفون در منطقه انتقال) را نشان می‌دهد که اتصال مجدد مغناطیسی بین حلقه‌های مغناطیسی کوچک و پس زمینه را امکان‌پذیر می‌سازد. بر اساس یافته‌های رصدی، تاکنون مدل‌های نظری و شبیه‌سازی‌های عددی مختلفی توسعه یافته‌اند تا سازوکار این ساختارها را توصیف کنند. البته، برخلاف پیشرفت‌های قابل توجه ایجاد شده با رصدهای خیلی دقیق و گسترش نظریه‌ها و شبیه‌سازی‌های عددی، هنوز هم رابطه متقابل آنها، تعیین پارامترهای فیزیکی آنها، تعریف ساز و کار شکل‌گیری آنها و همچنین نقش احتمالی آنها در گرمایش تاج خورشیدی به‌طور دقیق مشخص نیست و مطالعه و تحقیق بیشتر در این زمینه رامی‌طلبد. این ابهامات عمدتاً ناشی از تفاوت در ظاهر این پدیده‌ها در هنگام مشاهده در خطوط طیفی مختلف است.

مراجع

- Cranmer, S. R., 2010, Incorporating Kinetic Effects into Global Models of the Solar Wind, American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, Harvard, USA.
- De Pontieu, B., Hansteen, V. H., Rouppe van der Voort, L., van Noort, M. and Carlsson, M., 2011, High-Resolution Observations and Modeling of Dynamic Fibrils, *The Astrophysical Journal*, 655, 624-641, doi: 10.1086/509070.
- De Pontieu, B., McIntosh, S. W., Carlsson, M., Hansteen, V. H., Tarbell, T. D., Schrijver, C. J., Title, A. M., Shine, R. A., Tsuneta, S. and Katsukawa, Y. P., 2007a, Chromospheric Alfvénic Waves Strong Enough to Power the Solar Wind, *science*, 318, 1574, doi: 10.1126/science.1151747.
- Fisher, G. H. and Welsch, B. T., 2008, FLCT: A Fast, Efficient Method for Performing Local Correlation Tracking, Subsurface and Atmospheric Influences on Solar Activity, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series*, proceedings of the conference., New Mexico, USA.
- Martinez-Sykora, J., De Pontieu, B., McIntosh, S. W., Carlsson, M., Hansteen, V. H., Tarbell, T. D., Boerner, P., Schrijver, C. J. and Title, A. M., 2011, The Origins of Hot Plasma in the Solar Corona, *science*, 331, 55, doi: 10.1126/science.1197738.
- Pereira, T., Tiago, M. D., De Pontieu, B., Carlsson, M., 2012, Quantifying Spicules, *The Astrophysical Journal*, 759, 16, doi: 10.1088/0004-637X/759/1/18.
- Shibata, K., Nakamura, T., Matsumoto, T., Otsuji, K., Okamoto, T. J., Nishizuka, N., Kawate, T., Watanabe, H., Nagata, S., UeNo, S., Kitai, R., Nozawa, S., Tsuneta, S., Suematsu, Y., Ichimoto, K., Shimizu, T., Katsukawa, Y., Tarbell, T. D., Berger, T., E. Lites, B. W., Shine, R. A. and Title, A. M., 2007, Chromospheric Anemone Jets as Evidence of Ubiquitous Reconnection, *Science*, 318, 1591, doi: 10.1126/science.1146708.
- Tavabi, E., Koutchmy, S. and Golub, L., 2015a, Limb Event Brightenings and Fast Ejection Using IRIS Mission Observations. *Solar Physics*, 290, 2871-2887, doi: 10.1007/s11207-015-0771-3.
- Tavabi, E., Koutchmy, S., Ajabshirizadeh, A., Ahangarzadeh Maralani, A. R. and Zeighami, S., 2015b, Alfvénic wave in polar limb spicules, *Astronomy and Astrophysics*, 573, 7, doi: 10.1051/0004-6361/201423385.
- Tian, H., DeLuca, E. E., Cranm, S. R., De Pontieu, B., Peter, H., Martinez-Sykora, J.,

- Golub, L., McKillop, L., Reeves, K. K., Miralles, M. P., McCauley, P., Saar, S., Weber, M., Murphy, N., Lemen, J., Title, A., Boerner, P., Hurlbur, N., Testa, P., Tarbell, T. D., Wuelser, P. J., Kleint, L., Kankelborg, C., Jaeggli, S., Carlsson, M., Hansteen, V. and McIntosh, S. W., 2014, Prevalence of Small-scale Jets from the Networks of the Solar Transition Region and Chromosphere, *Science*, 346, doi: 10.1126/science.1255711.
- Tu, C-Y., Chuan, Yi., Zhou, C., Marsch, E., Xia, L- D., Zhao, L., Wang, J-X. and Wilhelm, K., 2005, Correlation Heights of the Sources of Solar Ultraviolet Emission Lines in a Quiet-Sun Region, *The Astrophysical Journal*, 624, 133-136, doi: 10.1086/430520.
- Welsch, B. T. and Fisher, G. H., Abbett, W. P. and Regnier, S., 2004, Recovering Photospheric Velocities from Magnetograms by Combining the Induction Equation with Local Correlation Tracking, *The Astrophysical Journal*, 610, 1148-1156, doi: 10.1086/421767.
- Yang, L., Zhang, J., Liu, W., Li, T. and Shen, Y., 2013, SDO/AIA and Hinode/EIS Observations of Interaction between an EUV Wave and Active Region Loops, *The Astrophysical Journal*, 775, 12, doi: 10.1088/0004-637X/775/1/39.
- Zeighami, S., Ahangarzadeh Maralani, A. R., Tavabi, E. and Ajabshirizadeh, A., 2016, Evidence of Energy Supply by Active-Region Spicules to the Solar Atmosphere, *Solar Physics*, 291, 847-858, doi: 10.1007/s11207-016-0866-5.
- <http://iris.lmsal.com/operations.html>.

Distribution of plasma flow velocity field at the base of chromospheric jets

Amirkhanlou, E.¹, Tavabi, E.² and Zeighami, S.^{3*}

1. M.Sc. Student, Department of Physics, Payame Noor University, zanzan, Iran

2. Associate Professor, Department of Physics, Payame Noor University, Tehran, Iran

3. Assistant Professor, Department of Physics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

(Received: 3 Feb 2018, Accepted: 25 Sep 2018)

Summary

The sun is constantly throwing ionized particles out of its surface and causing solar storms. Various investigations have been carried out for finding out the origin of these storms for 50 years, in the photosphere, corona, and chromosphere. Large-scale coronal holes are usually areas that are definitely accepted for origin of the storms. However, research is still being done in other areas. Network jets are one of the issues that we have tried to investigate the distribution of their velocity field and their structures and also their role in plasma flows. Oscillations and transverse displacement of the jet axis can be interpreted as the presence of transverse waves along their axis. The two types of waves responsible for these fluctuations are magneto-hydrodynamic waves and alfvénic waves. In this paper, we studied the transverse displacement of the network jet axis, with the FLCT algorithm under IDL. The FLCT method is widely used to obtain the speed of moving features. The observed area is so large that we can identify many of the network jets. After choosing the coordinates of the item using the FLCT algorithm, we intend to obtain the Alfvén velocity of the desired coordinates. The FLCT algorithm is a mathematical program used to construct a two-dimensional velocity field of connected images. The calculation of speed in this method depends on three factors: 1. Isolate the point on the image, 2- Calculation of correlation function between two images, 3. Peak location of the mutual correlation function, calculated for each pixel of the velocity. The FLCT algorithm uses interpolation to eliminate the complexity of the fixed angle on the center of the images. In results we can see the images analyzed in the IDL program, using MATLAB software to show the speed vectors that are torsional and indicate the speed of the alphabet. The images are in pixels and each pixel are is 0.3 sec. We estimated the chromosphere mass velocity of about 20 kms^{-1} using FLCT. Some of the network jets in the images seem to be other than the second type solar spicules sticks. However, we noticed that the speed of the jets is generally twice as large as the second type of sticks, which indicates the high contribution of these jets to the mass and energy of the solar atmosphere. We have noticed that network jets are important regardless of their relationship with second-generation sticks. A bunch of network jets is considered as an example of a jet. The network jet mechanism demonstrates the dynamics of the jets with high speeds (close to the speed of the Alfvén in the interface area), which allows magnetic reconnection between the small magnetic rings and the background. Based on observational findings, several theoretical models and numerical simulations have been developed to describe the mechanism of these structures. Of course, unlike the remarkable improvements created by very accurate observations and the expansion of numerical theories and simulations, it is still unclear and their mutual relationship, their physical parameters, the definition of their formation mechanism and their possible role in the solar corona heat is unknown. These ambiguities are mainly due to the difference in the appearance of these phenomena when viewed in a variety of spectral lines.

Keywords: Plasma, chromospheric jets, velocity, Alfvén waves.

* Corresponding author:

zeighami@iaut.ac.ir