




Imaging and Spectral Multi layer Investigation of Solar Chromosphere and Transition Region Jets by *IRIS* Telescope Data

Zeighami, S.¹  | Tavabi, E.²  | Ajabshirizadeh, A.³ 

1. **Corresponding Author**, Department of Physics, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran. E-mail: zeighami@iaut.ac.ir
2. Department of Physics, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. E-mail: e_tavabi@pnu.ac.ir
3. Department of Theoretical Physics and Astrophysics, Faculty of Physics, University of Tabriz, Tabriz, Iran. E-mail: ali_ajabshir@yahoo.com

(Received: 16 May 2022, Revised: 18 June 2022, Accepted: 4 Oct 2022, Published online: 14 June 2023)

Summary

Simultaneous observations of the Interface Region Imaging Spectrograph (*IRIS*) data, with a spatial resolution of less than one second consisting of ultraviolet (UV) spectra and images (SJI), make it possible to investigate solar chromosphere and transition region and provide valuable information about the dynamics of solar jets. *IRIS* combines numerical modeling, high resolution imaging, and UV spectroscopy. The interface region is the main place for the transfer of energy from the solar surface to the very hot corona. Of course, knowing the secret of energy transfer in the solar atmosphere is not the only goal of this mission, but also it examines the solar winds that is emitted from this area, which carry a rain of charged particles into space and also affect the Earth's climate. Information about the dynamic behavior of the physical phenomena of the solar atmosphere is obtained by studying the characteristics of spectral lines. For this purpose, it is necessary to obtain the information to identify and study spectral lines and how they are formed. The solar atmosphere is a plasma environment associated with a variety of transient events. Astrophysicists, especially in the field of solar dynamic physics, describe these events by magneto-hydrodynamics aspect. One of these phenomena is the bright spots of the solar atmosphere called jets. We identify and study the dynamics of a series of jets recorded on August 17, 2014, at Mg II k, C II and Si IV spectral lines corresponding to the 2796 Å, 1336 Å, and 1394 Å wavelengths, respectively. Jets are small-scale dynamic events that can be detected by non-Gaussian profiles of lines in the solar chromosphere and transition region. The production mechanism of these plasma jets is still being investigated. We use the temporal evolution analysis method to track the path of these structures and determine their apparent velocity. To calculate the Doppler velocity we perform Gaussian fitting at the same time on the spectral intensity profiles. The apparent velocity results show that these jets have quasi-periodic motions with speeds of approximately 10 to 110 km s⁻¹. Spectral investigation of these jets also shows the periodic behavior that is associated with increasing in blue and red wings at the three wavelengths as -65 to 40, 60 to 50, and 80 to 60 km s⁻¹, respectively. Simultaneous enhancements in the blue and red wings of the spectrum can be caused by two-directional upward currents caused by magnetic reconnection and amplified by waves with p-modes (compression modes). According to these results, it is suggested that the fluctuations in these events with increasing on one side of the spectrum and both sides of the wing are signs of spiral and rotational motions, respectively. The results of this research show that by using the data of the *IRIS* Telescope, it is possible to identify and extract the physical components of jets at different wavelengths and identify their dynamic behavior. These specifications will help us better understand the stratification of the solar atmosphere and how heat and matter are transferred to the sun's surface and the effects of such transitions on the Earth's atmosphere. The application of this study will be the goal of space research and is very important in identifying space and Earth's climate.

Keywords: Jets, *IRIS*, Chromosphere, Transition region, Spectral line.

Cite this article: Zeighami, S., Tavabi, E., & Ajabshirizadeh, A. (2023). Imaging and Spectral Multi layer Investigation of Solar Chromosphere and Transition Region Jets by *IRIS* Telescope Data. *Journal of the Earth and Space Physics*, 49(1), 265-273. DOI: <http://doi.org/10.22059/jesphys.2022.342931.1007430>



کاوش چند لایه‌ای طیفی و تصویری جت‌های کروموسفری و ناحیه انتقالی خورشید بر اساس داده‌های تلسکوپ آیریس

سیما ضیغمی^۱ | احسان توابی^۲ | علی عجیشیری زاده^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: zeighami@iaut.ac.ir

۲. گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: e_tavabi@pnu.ac.ir

۳. گروه فیزیک نظری و اخترفیزیک، دانشکده فیزیک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: ali_ajabshir@yahoo.com

(دریافت: ۱۴۰۱/۲/۲۶، بازنگری: ۱۴۰۱/۳/۲۸، پذیرش نهایی: ۱۴۰۱/۷/۱۲، انتشار آنلاین: ۱۴۰۲/۳/۲۴)

چکیده

مشاهدات هم‌زمان از طیف نگار تصویربردار منطقه میانی آیریس (*IRIS*)، با درجه تفکیک فضایی کمتر از یک ثانیه کمانی متشکل از طیف‌های فرابنفش (*UV*) و تصاویر (*SJI*)، این امکان را فراهم می‌سازد که دو ناحیه کروموسفر و ناحیه انتقالی خورشید مورد کاوش چند لایه‌ای قرار گیرد. ما مجموعه‌ای از جت‌ها را در طول موج‌های ۲۷۹۶، ۱۳۳۶ و ۱۳۹۴ آنگستروم ثبت شده است شناسایی و دینامیک آن‌ها را مورد مطالعه قرار می‌دهیم. برای ردیابی مسیر این ساختارها و تعیین سرعت ظاهری آن‌ها از روش آنالیز تحول زمانی استفاده می‌کنیم. نتایج سرعت ظاهری نشان می‌دهد که این جت‌ها دارای حرکت‌های شبه تناوبی با سرعت‌های تقریبی ۱۰ الی ۱۱۰ کیلومتر بر ثانیه هستند. همچنین کاوش طیفی این جت‌ها رفتار تناوبی را نشان می‌دهد که با گسترش در بال‌های آبی و قرمز در سه طول موج به ترتیب به اندازه ۶۵- الی ۴۰، ۶۰- الی ۵۰ و ۸۰- الی ۶۰ کیلومتر بر ثانیه همراه است. گسترش هم‌زمان در بال‌های آبی و قرمز طیف می‌تواند از جریانات رو به بالای دو جهت‌ای ایجاد شود که از باز ترکیب مغناطیسی ناشی شده و توسط امواج با مدهای *p* (مدهای فشاری) تقویت می‌شود. با توجه به این نتایج، پیشنهاد می‌شود که نوسانات در این رویدادها با افزایش در یک طرف بال و هر دو طرف بال طیف، به ترتیب نشانه‌هایی از حرکت‌های مارپیچی و چرخشی باشند.

واژه‌های کلیدی: جت‌ها، آیریس، کروموسفر، ناحیه انتقال، خط طیفی.

۱. مقدمه

هستند. از دیدگاه فیزیکدانان خورشید این رویدادهای پلاسمایی معمولاً با از بین رفتن شار مغناطیسی در لایه فوتوسفر خورشید همراه بوده و پیشرفت در بال طیف نشان دهنده جت‌های پلاسمایی است که در اثر اتصال مجدد دو جهت خطوط مغناطیسی با سرعت ۵۰-۲۰۰ کیلومتر بر ثانیه حرکت می‌کنند (هوانگ و همکاران ۲۰۱۴؛ سامانتا و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات اختر فیزیکدانان نشان می‌دهد که این پدیده‌های پلاسمایی ممکن است به دلیل اتصال مجدد مغناطیسی در لایه کروموسفر بالایی خورشید باشد که توسط نوسانات حالت *p* (مد فشاری) مدوله می‌شود (دویله و همکاران، ۲۰۰۶). گرچه اعتقاد بر این است که جت‌ها اغلب ناشی از پدیده اتصال مجدد در مقیاس کوچک باشند، پروفایل‌های خطی غیر گاوسی به دلیل

اتمسفر خورشید محیطی پلاسمایی است که با انواع رویدادهای گذرا همراه است. اختر فیزیکدانان به خصوص در شاخه فیزیک خورشید دینامیک این رویدادها را از دیدگاه مگنتو هیدرودینامیک توصیف می‌کنند. یکی از این پدیده‌ها نقاط درخشان در اتمسفر خورشید است که جت نامیده می‌شود. جت‌ها رویدادهای دینامیکی در مقیاس کوچک هستند که توسط پروفایل‌های غیر گاوسی از خطوط انتشار در منطقه انتقال پلاسمای خورشیدی (*TR*) و کروموسفر قابل تشخیص می‌باشند. پروفایل‌های خطی اغلب انتشارهای پیشرفته را در بال‌های خطوط طیفی نشان می‌دهد که به‌عنوان رویدادهای آشفته نام‌گذاری شده‌اند (بروکنر و بارتو، ۱۹۸۳). این رویدادها اغلب دارای اندازه ۲-۵ ثانیه کمانی و طول عمر ۲-۵ دقیقه

استناد: ضیغمی، سیما؛ توابی، احسان و عجیشیری زاده، علی (۱۴۰۲). کاوش چند لایه‌ای طیفی و تصویری جت‌های کروموسفری و ناحیه انتقالی خورشید بر اساس داده‌های

تلسکوپ آیریس. مجله فیزیک زمین و فضا، ۴۹(۱)، ۲۶۵-۲۷۳. DOI: <http://doi.org/10.22059/jesphys.2022.342931.1007430>

شناخت بهتر ناحیه میانی به ما کمک می‌کند تا بیشتر از تاج خورشید و اثرات آن بر منظومه‌ی شمسی اطلاعات بگیریم.

در این تحقیق، ما ابتدا نقاط درخشان را از پروفایل‌های خطی $C II$ ، $Mg II k$ ، $Si IV$ و شناسایی کرده و سپس با استفاده از مشاهدات طیف‌نگاری و تصویربرداری هم‌زمان از تلسکوپ فضایی آیریس، سرعت‌های ظاهری و سرعت‌های در امتداد دید را بررسی می‌کنیم.

۲. مشاهدات رصدی

ماهواره‌ی آیریس که مخفف واژه‌ی طیف‌نگار تصویربرداری ناحیه میانی (interface region imaging spectrograph) است، از اتمسفر پایینی خورشید که حد واصل فوتوسفر و تاج خورشید است اطلاعات ارسال می‌کند (دی پونته و همکاران، ۲۰۱۴). این ناحیه مکان اصلی انتقال انرژی از سطح خورشید به تاج بسیار داغ است که فقط در حین خورشید گرفتگی کامل می‌توان آن را دید. البته دانستن راز انتقال انرژی در اتمسفر خورشید تنها هدف این مأموریت نیست، بلکه بادهای خورشیدی که از این ناحیه منتشر می‌شود و بارانی از ذرات باردار را با خود به فضا می‌برند و در آب‌وهوای زمین نیز اثر دارند را هم بررسی می‌کند؛ اما آیریس برای اینکه بتواند مأموریت خود را انجام دهد بر عرشه خود تلسکوپ ماورابنفشی دارد که بر روی آن یک طیف‌نگار تصویری نصب شده است. قطر آینه اصلی تلسکوپ ۲۰ سانتیمتر است. میدان دید این تلسکوپ می‌تواند در هر لحظه تنها یک درصد خورشید را رصد کند اما در همین منطقه کوچک می‌تواند جزئیاتی به کوچکی ۲۴۰ کیلومتر را تفکیک کند. اطلاعات مربوط به رفتار دینامیکی پدیده‌های فیزیکی جو خورشید از مطالعه مشخصات خطوط طیفی حاصل می‌شود و بدین وسیله می‌توان به سرعت، فراوانی و دما و سایر موارد پی برد. جهت این امر می‌بایست نسبت به شناسایی و بررسی خطوط طیفی و نحوه شکل‌گیری آن‌ها اطلاعات لازم را به دست آورد.

اثرات دیگر مانند چرخش، نیز می‌توانند ایجاد شوند (کورد و تیان، ۲۰۱۱). دی پونته و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که حرکت‌های پیچشی حلقه‌های کوچک پلاسمایی ناحیه انتقال و جت‌های پلاسمایی می‌تواند منجر به پروفایل‌های خطی شوند. مکانیسم تولید این جت‌های پلاسمایی هنوز در حال بررسی است. یک سناریوی ممکن این است اتصال مغناطیسی بین خطوط میدان باز که از خطوط شبکه سرچشمه گرفته و حلقه‌های بسته مجاور ممکن است به‌طور مداوم مواد پلاسمایی را به سمت باد سریع خورشیدی براند. جت‌های شبکه ممکن است شکلی از این پرتابه‌های پلاسمایی باشند. اتصال مجدد مغناطیسی بین دو قطبی‌های مغناطیسی در حال ظهور و همپوشانی میدان‌های تک قطبی‌ها اغلب ساختار وارونه "Y" شکل را نشان می‌دهد (شیباتا و همکاران، ۲۰۰۷). ایده دیگری ارائه شده، که پیشنهاد می‌کند این جت‌های پلاسمایی توسط نیروهایی رو به بالا به سمت بیرون رانده می‌شوند که با انتشار امواج آلفون در ارتباط هستند (تیان و همکاران، ۲۰۱۴؛ توایی و کوچمی، ۲۰۱۹؛ کرانمر و وولزی، ۲۰۱۵؛ ضیغمی و همکاران، ۲۰۱۶؛ توایی و همکاران، ۲۰۱۵b). بعضی از جت‌های شبکه همتای دیسک و علائم گرمایشی اسپیکول‌های نوع دوم کروموسفر خورشیدی هستند (پریا و همکاران، ۲۰۱۴). تیان و همکاران (۲۰۱۴) پیشنهاد کردند که فقط برخی از حرکت‌های ظاهری با جریان‌های جرمی مطابقت دارند، در حالی که برخی دیگر ممکن است به دلیل اثراتی مانند تغییرات گرمایی، یونیزاسیون سریع در یک محیط گرمایشی پویا، یا انتشار شوک‌ها همراه باشد. یکی از چالش‌های دانشمندان پی بردن به اسرار نهفته در یگانه ستاره‌ی حیات بخش منظومه‌ی شمسی یعنی خورشید است. علی‌رغم فاصله‌ی نسبتاً نزدیک به خورشید و چند فضایی‌مایی که چشم به آن دوخته‌اند، اطلاعاتمان درباره‌ی اینکه انرژی چگونه در جو خورشید جابه‌جا می‌شود بسیار ناچیز است. فضایی‌مای آیریس مشاهدات ناحیه‌ای که تاکنون دسترسی به آن سخت بوده است را ممکن می‌کند.

جدیداً تلسکوپ فضایی آیریس اطلاعات زیاد در طول موج‌های فرابنفش دور از ناحیه انتقالی و تاج قرار می‌دهد که در گذشته امکان رصد آن از زمین فراهم نبود. آیریس ترکیبی از مدل سازی عددی، تصویرسازی با وضوح بالا و طیف نگاری UV می‌باشد. هدف اصلی آیریس درک چگونگی گرم شدن جو خورشید می‌باشد. آیریس به انتشار از پلاسما در دماهای بین ۴۵۰۰ کلوین تا ۱۰ مگا کلوین حساس است و خطوط طیفی آیریس دماهایی از ۴۵۰۰ تا ۱۰ مگا کلوین و تصاویر آن دماهایی از ۴۵۰۰ الی ۶۵۰۰۰ کلوین را پوشش می‌دهد. آیریس در باند ۱۳۵۸-۱۳۳۲، ۱۴۰۷-۱۳۸۹ و ۲۸۳۴-۲۷۸۳ آنگستروم شامل طیف‌های زیر را فراهم می‌سازد:

(۱) Mg II h با طول موج ۲۸۰۳ آنگستروم و Mg II k با طول موج ۲۷۹۶ آنگستروم مربوط به ناحیه کروموسفر

(۲) C II با طول موج ۱۳۳۵/۱۳۳۴ آنگستروم و Si IV ۱۴۰۳/۱۳۹۴ آنگستروم از ناحیه انتقالی

مجموعه داده‌های تحقیق ما از پایگاه داده IRIS از نوع 2 level گرفته شده است (<http://iris.lmsal.com/search>). کاوشگر IRIS حاوی ترکیبی از تلسکوپ و طیف نگار است (دی پونته و همکاران، ۲۰۱۴). این مشاهدات از ناحیه انتقال و کروموسفر خورشیدی با وضوح فضایی و طیفی بالا برای بررسی فرآیندهای فیزیکی ساختارهای ریز مورد استفاده قرار می‌گیرد (چن و همکاران، ۲۰۱۹؛ توایی و کوچمی، ۲۰۱۹؛ ضیغمی و همکاران، ۲۰۲۰). پراکنندگی طیفی در طول موج‌های فرابنفش و فرابنفش دور به ترتیب حدود ۰/۰۲۵ و ۰/۰۵۳ آنگستروم می‌باشد. کد رصدی داده عبارت است از: OBSID 3800258253 و از نوع شکاف ثابت بوده که در تاریخ ۱۷ آگوست ۲۰۱۴ از ساعت UT ۱۰:۰۶:۱۳ تا UT ۱۳:۵۹:۴۸ گرفته شده است. میدان دید تصاویر SJI (Slit-Jaw Images) ۱۷۵ در ۱۶۷ ثانیه کماتی با کادنس ۳۲ ثانیه در هر دو فیلتر ۲۷۹۶ و ۱۴۰۰ آنگستروم است. مرکز شکاف در مختصات خورشیدی $X=۸۲۷$ و $Y=-۴۶۵$ ثانیه کماتی با زاویه رول ۴۵- درجه

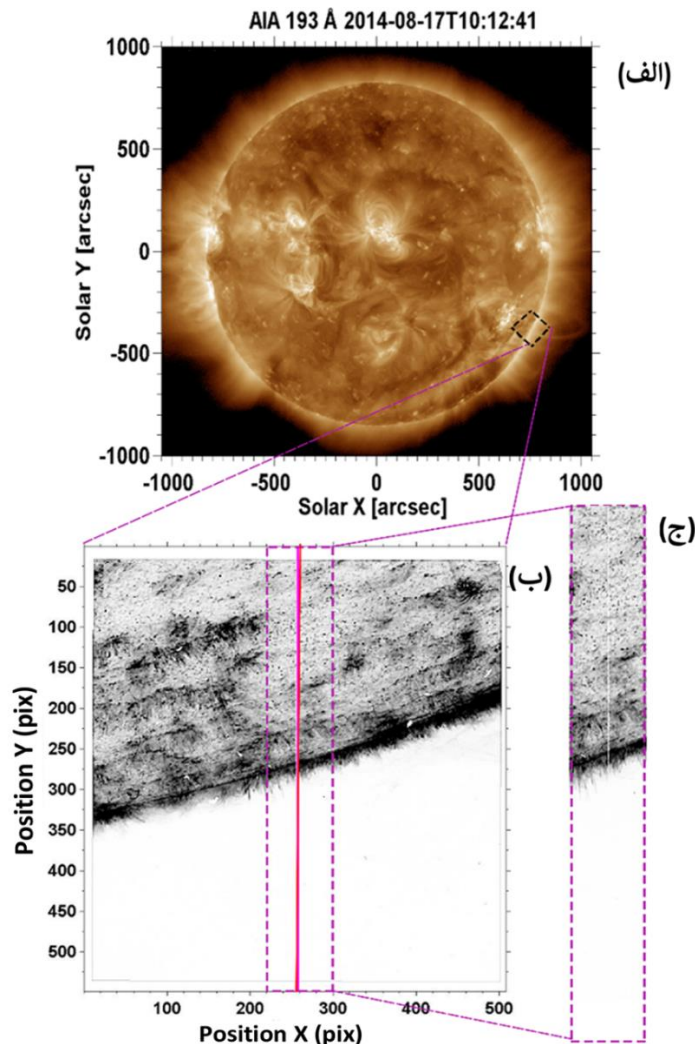
قرار گرفته است. کادنس مشاهدات طیفی ۱۶ ثانیه و اندازه پیکسل فضایی حدود ۰/۱۶۷ ثانیه کماتی به ازای هر پیکسل برای تصاویر SJI و تصاویر طیفی می‌باشد. شکل ۱ (الف) تصویر دیسک خورشید را در طول موج آهن ۱۹۳ آنگستروم که از رصدخانه دینامیکی خورشیدی SDO/AIA در تاریخ هفدهم آگوست ۲۰۱۴ در ساعت UT ۱۰:۱۲:۴۱ ثبت شده است نشان می‌دهد. مربع سیاه رنگ به ناحیه‌ای اشاره می‌کند که تصاویر آیریس گرفته شده است. شکل ۱ (ب) تصویر درشت نمایی شده از مربع سیاه رنگ و خط عمودی قرمز موقعیت شکاف تلسکوپ را نشان می‌دهد. تصویر (ج) به ناحیه فعال نزدیک شکاف اشاره می‌کند.

۳. آنالیز داده‌ها

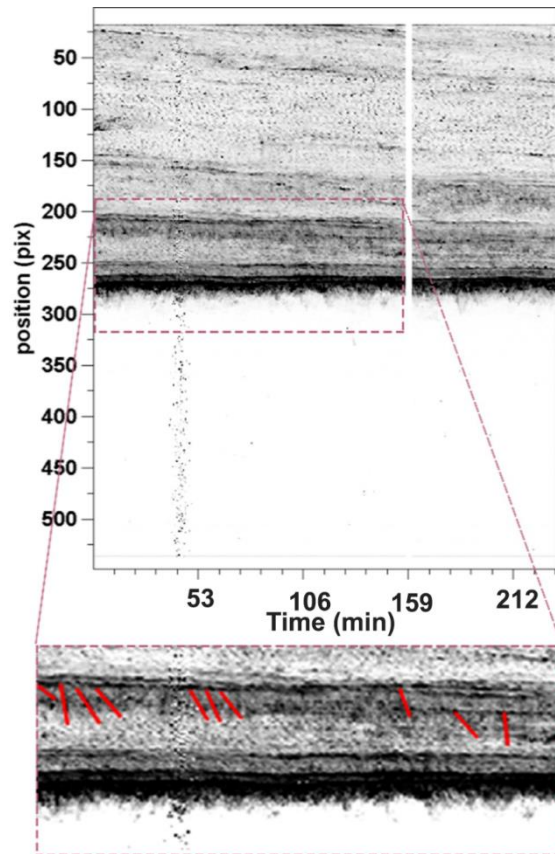
پس از دانلود کردن داده‌ها آن‌ها را پردازش و نگاتیو می‌کنیم، سپس برش‌های زمانی مورد آنالیز را تهیه می‌کنیم. از آنجایی که هر تصویر معرف یک ماتریس می‌باشد، روش کار به این صورت است که خطی عمودی در امتداد شکاف در نظر گرفته و این ستون را از تمامی تصاویر انتخاب و کنار هم قرار می‌دهیم به این ترتیب تصویر برش زمانی ایجاد می‌شود. شکل (۲) از بالا به پایین برش‌های زمانی در امتداد شکاف تلسکوپ را نشان می‌دهد، محور افقی زمان بر حسب دقیقه و محور قائم موقعیت در امتداد شکاف است. مستطیل نقطه‌چین تحول زمانی نقاط درخشان ناحیه فعال مورد مطالعه را نشان می‌دهد که بر روی آن مسیر ۹ جت با رنگ قرمز مشخص شده است. خط عمودی سفید نشان دهنده تاریک بودن تصویر در آن بازه زمانی است. شیب این خطوط سرعت‌های ظاهری را نشان می‌دهد. برای تعیین مؤلفه سوم سرعت یعنی سرعت در امتداد خط دید از تصاویر طیفی استفاده می‌کنیم. شکل (۳) و (۴) پروفایل‌های خطی Mg II k، C II و Si IV مربوط به ۸ نقطه درخشان را نشان می‌دهد. از بالا به پایین تصاویر طیفی Mg II k با طول موج ۲۷۹۶ آنگستروم، C II با طول موج ۱۳۳۶ آنگستروم و Si

معکوس مرکزی قوی در مرکز خط می‌باشند (اولین ردیف از شکل‌های ۳ و ۴ را ببینید). موقعیت حداکثر شدت به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر اثرات ضخامت نوری در کروموسفر خورشیدی و تغییر سرعت دوپلری مرکز خط قرار می‌گیرد (لینارتر و همکاران، ۲۰۱۳ a و b؛ صادقی و توایی، ۲۰۲۲). مینیمم خط به‌عنوان مشخصه واقعی جریان جرمی استفاده می‌شود. برای حذف پرتوهای کیهانی و یافتن سرعت دوپلری، میانگین کل پروفایل‌های مکانی و زمانی را از هر پروفایل به ازای هر پیکسل کم می‌کنیم (توایی و کوچمی، ۲۰۱۹).

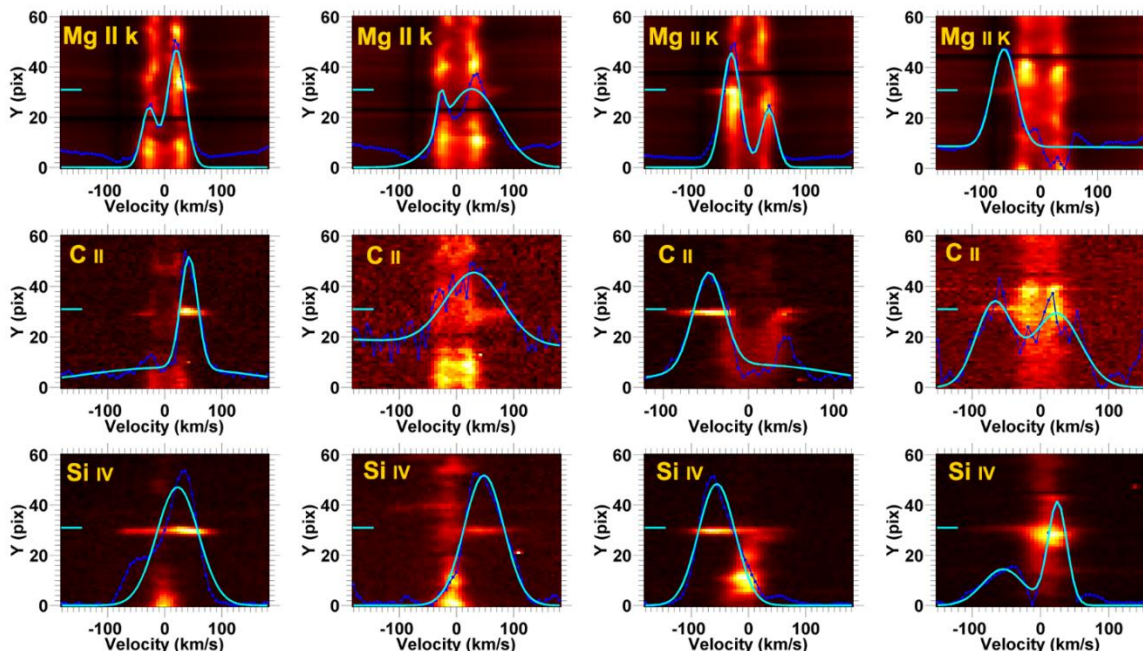
IV با طول‌موج ۱۳۹۳ آنگستروم هستند که بر روی آن‌ها پروفایل‌های شدت طیف در امتداد خط فیروزه‌ای کوتاه (در سمت چپ شکل‌ها) رسم شده است. منحنی‌های آبی‌رنگ پروفایل‌های شدت طیف و منحنی‌های فیروزه‌ای برازش گاوسین آن‌ها را نشان می‌دهد. در این دو شکل از چپ به راست، تصاویر طیفی به ترتیب در دقیقه‌های ۲۰۴، ۱۵۱، ۱۹۹ و ۹۰ (شکل ۳) و دقیقه‌های ۱۷۴، ۲۰۱، ۲۲۲ و ۲۶ (شکل ۴) دیده می‌شود. لازم به توضیح است که خط Si IV به‌جز رویدادهایی مثل فیلترها از نظر نوری نازک است، اما خطوط Mg II خطوط نوری ضخیم با یک



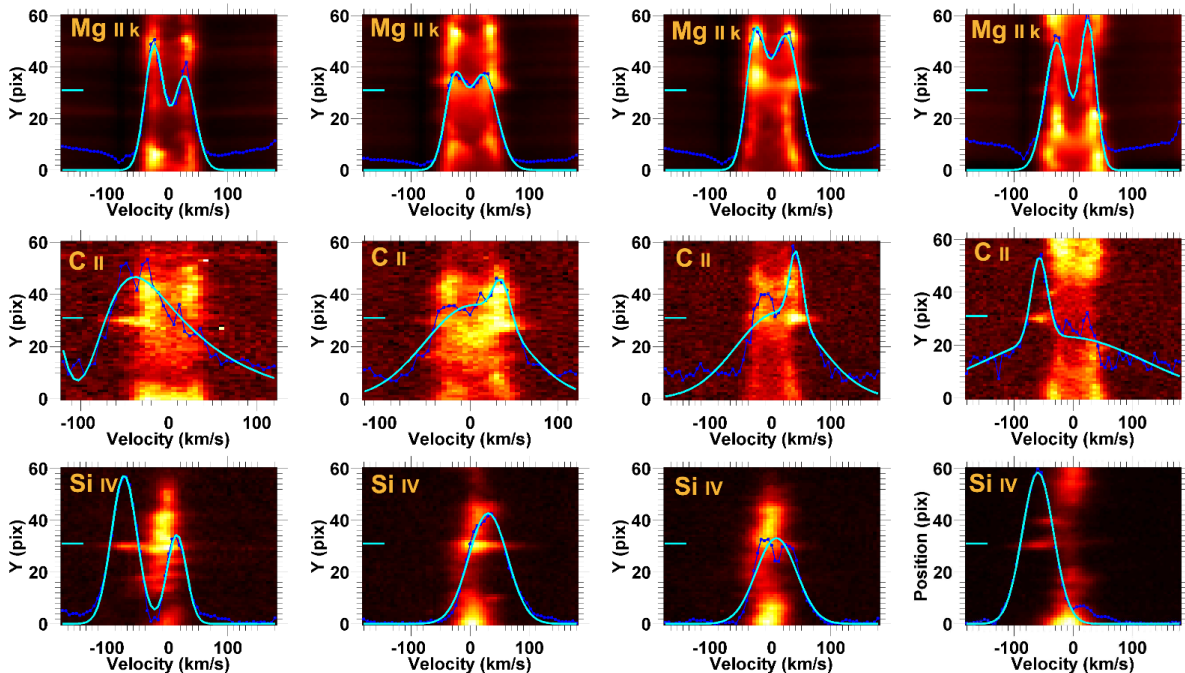
شکل ۱. (الف) تصویر دیسک خورشید (در طول‌موج آهن ۱۹۳ آنگستروم) که از رصدخانه دینامیکی خورشیدی SDO/AIA در تاریخ هفدهم آگوست ۲۰۱۴ در ساعت ۱۰:۰۶:۱۳ UT ثبت شده است، مربع سیاه رنگ محدوده تصویر SJI گرفته شده از آیریس را نشان می‌دهد. شکل (ب) تصویر درشت‌نمایی شده از مربع سیاه رنگ را نشان می‌دهد و خط عمودی بنفش موقعیت شکاف تلسکوپ را نشان می‌دهد. تصویر (ج) به ناحیه فعال نزدیک شکاف اشاره می‌کند.



شکل ۲. شکل بالا تصویر برش زمانی در امتداد شکاف تلسکوپ را نشان می‌دهد. محور افقی زمان برحسب دقیقه و محور قائم موقعیت برحسب پیکسل می‌باشد. مستطیل نقطه‌چین برش زمانی نقاط درخشان ناحیه فعال مورد مطالعه را نشان می‌دهد. شکل پایین تصویر درشت‌نمایی از مستطیل بالایی است. مسیرهای قرمز رد نقاط درخشان را نشان می‌دهد.



شکل ۳. پروفایل‌های خطی $Mg\ II\ k$ ، $C\ II$ و $Si\ IV$ مربوط به ۴ جت. از چپ به راست تصاویر طیفی به ترتیب در دقیقه‌های ۲۰۴، ۱۵۱، ۱۹۹ و ۹۰ هستند. از بالا به پایین تصاویر طیفی $Mg\ II\ k$ با طول موج ۲۷۹۶ آنگستروم، $C\ II$ با طول موج ۱۳۳۶ آنگستروم و $Si\ IV$ با طول موج ۱۳۹۳ آنگستروم می‌باشند که بر روی آن‌ها پروفایل‌های شدت طیف به رنگ آبی رسم شده است. منحنی فیروزه‌ای برازش گاوسی بوده و خط کوتاه در سمت چپ شکل‌ها به ارتفاعی اشاره می‌کند که این پروفایل‌ها به دست آمده‌اند.



شکل ۴. پروفایل‌های خطی $Mg II k$ ، $C II$ و $Si IV$ مربوط به ۴ جت. از چپ به راست تصاویر طیفی را به ترتیب در دقیقه‌های ۱۷۴، ۲۰۱، ۲۲۲ و ۲۶ نشان می‌دهد. از بالا به پایین تصاویر طیفی $Mg II k$ با طول موج ۲۷۹۶ آنگستروم، $C II$ با طول موج ۱۳۳۶ آنگستروم و $Si IV$ با طول موج ۱۳۹۳ آنگستروم هستند که بر روی آن‌ها پروفایل‌های شدت طیف به رنگ آبی رسم شده است. منحنی فیروزه‌ای برازش گاوسی بوده و خط کوتاه در سمت چپ شکل‌ها به ارتفاعی اشاره می‌کند که این پروفایل‌ها به دست آمده‌اند.

۴. بحث و نتیجه‌گیری
ما مجموعه‌ای از جت‌ها را که در تاریخ ۱۷ آگوست ۲۰۱۴ در طول موج‌های ۲۷۹۶، ۱۳۳۶ و ۱۳۹۴ آنگستروم ثبت شده است مورد مطالعه قرار دادیم. برای ردیابی و آشکارسازی مسیر این ساختارها و تعیین سرعت ظاهری آن‌ها از روش آنالیز تحول زمانی استفاده کردیم. برای محاسبه سرعت در امتداد دید برازش گوسین پروفایل‌های شدت طیف را بکار بردیم. کاوش طیفی در بال آبی و قرمز (سرعت در امتداد خط دید) در سه طول موج نشان می‌دهد که این نقاط درخشان با سرعت‌های دوپلری به ترتیب ۶۵- الی ۴۰، ۶۰- الی ۵۰ و ۸۰- الی ۶۰ کیلومتر بر ثانیه در حال حرکت هستند. تیان و همکاران (۲۰۱۴) حضور متناوب جت‌هایی با مقیاس کوچک را با سرعت ۲۵۰-۸۰ از مسیرهای باریک شبکه درخشان مربوط به ناحیه میانی مشاهده شده با طیف نگار تصویرساز منطقه میانی (*IRIS*) مطالعه کردند. آن‌ها پیشنهاد کردند که برخی از این جت‌های شبکه به احتمال زیاد همتای روی دیسک

و نمود اسپیکول‌های نوع دوم ناحیه انتقال هستند. تی و همکاران (۲۰۲۰) با آنالیز طیف $Mg II$ سرعت اسپیکول‌ها را در امتداد دید از ۲۵- الی ۲۵ کیلومتر بر ثانیه به دست آوردند. توایی و همکاران (۲۰۱۵a) جت‌هایی با طول عمر کوتاه را در دمای انتشار $Si IV$ در قطب جنوبی خورشید مطالعه کردند. آن‌ها ساختار دوطرفه‌ای را با تغییر دوپلری به سمت قرمز و آبی در ناحیه TR شناسایی کردند که از جت‌های دوطرفه‌ای ناشی می‌شد که در جهت مخالف اتصال مجدد شتاب می‌گرفتند. این جت‌ها از اتصال حلقه‌های کوچک کروموسفر یا TR ناشی می‌شود که منجر به اتصال مجدد می‌شود. دی پونته و همکاران (۲۰۱۴) پدیده‌های پیچشی در مقیاس کوچک را در کروموسفر خورشید و منطقه انتقال مورد مطالعه قرار دادند و حرکات پیچشی کوتاه‌مدت و درخشان در بال‌های آبی و قرمز با سرعت ۵۰ کیلومتر بر ثانیه خط طیفی $Mg II h$ با طول موج ۲۸۰۳ آنگستروم را آشکار کردند. چن و همکاران (۲۰۱۹) رویدادهای درخشان و گذرا را در ناحیه

و جهت گیری جت‌ها بستگی به راستای میدان مغناطیسی دارد چون جت‌ها در ارتفاعاتی شکل می‌گیرند که در آنجا میدان مغناطیسی غالب است، بنابراین حرکت نوسانی در راستای عمود بر محور جت‌ها یعنی جابه‌جایی ظاهری محور آن‌ها به معنی نوسانات عرضی در آنجا است. دو موج معروف که باعث نوسانات می‌شوند امواج مگنتوهیدرودینامیکی کینک و آلفون می‌باشد. مد کینک در راستای لوله‌های شار مغناطیسی استوانه‌ای منتشر شده و جابه‌جایی عرضی در جت‌ها را به وجود می‌آورند. اگر جت‌ها در راستای لوله‌های شار مغناطیسی باریک شکل گیرند جابه‌جایی عرضی تناوبی احتمالاً ناشی از انتشار امواج کینک است. این مشخصات ما را در درک بهتر لایه‌بندی جو خورشید و نحوه انتقال گرما و ماده به سطح خورشید و تأثیرات این‌گونه انتقال‌ها و اثرات آن بر روی جو زمین کمک خواهد کرد. کاربرد این تحقیق در نیل به اهداف تحقیقات فضایی می‌باشد و در شناسایی اقلیم فضایی زمین بسیار حائز اهمیت است.

منابع

- Brueckner, G. E., & Bartoe, J. D. F., (1983). Observations of high-energy jets in the corona above the quiet sun, the heating of the corona and the acceleration of the solar wind. *The Astrophysical Journal*, 272, 329.
- Chen, Y., Tian., Huang, Z., Peter, H., & Samanta, T. (2019). Investigating the Transition Region Explosive Events and Their Relationship to Network Jets. *The Astrophysical Journal*, 873, 79C.
- Curdt, W., & Tian, H. (2011). Spectroscopic evidence for helicity in explosive events, *Astronomy and Astrophysics*, 532, L9.
- Cranmer, S. R., & Woolsey, L. N. (2015). Driving Solar Spicules and Jets with Magnetohydrodynamic Turbulence: Testing a Persistent Idea, *The Astrophysical Journal*. 812, 71.
- De Pontieu, B., Title, A.M., Lemen, J.R., Kushner, G.D., Akin, D.J., Allard, B., Berger, T., Boerner, P., Cheung, M., Chou, C., Drake, J.F., Duncan, D.W., Freeland, S., Heyman, G.F., Hoffman, C., Hurlburt, N.E., Lindgren, R.W., Mathur, D., Rehse, R.,

انتقال خورشید با استفاده از مشاهدات تلسکوپ فضایی آیریس بررسی کردند و بر اساس خواص مشخص شده از این رویدادها، آن‌ها را به ۴ دسته طبقه‌بندی کردند. در نوع اول پروفایل‌ها در هر دو بال طیف پیشرفت نشان می‌داد. در نوع دوم پروفایل‌ها دارای دو پیک بودند. در نوع سوم فقط پیشرفت در بال آبی طیف و در نوع چهارم فقط پیشرفت در بال قرمز طیف نشان می‌داد. نتایج ما با مطالعات چن و همکاران (۲۰۱۹) سازگاری خوبی را نشان می‌دهد. گسترش هم‌زمان در بال‌های آبی و قرمز طیف می‌تواند نشانه‌ای از جریانات رو به بالای دو جهته باشد که از باز ترکیب مغناطیسی ناشی شده و توسط امواج با مدهای p (مدهای فشاری) تقویت می‌شود. با مقایسه تصاویر طیفی در سه طول‌موج که دارای دماهای تشکیل متفاوتی هستند شاهد خروج جریان پلاسمایی با دمای ۶۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰۰ کلوین هستیم. همچنین با توجه به رفتار شبه پریودیکی این رویدادها که همراه با پیشرفت در یک طرف بال و هر دو طرف بال طیف است، می‌تواند شاهدهی برای حرکت‌های مارپیچی و چرخشی باشد. فضایی‌های آیریس با درجه تفکیک فضایی و زمانی بالا امکان مشاهده این نوسانات را فراهم ساخته است. ساختار

Sabolish, D., Seguin, R., Schrijver, C.J., Tarbell, T.D., Wulser, J.-P., Wolfson, C.J., Yanari, C., Mudge, J., Nguyen-Phuc, N., Timmons, R., van Bezooijen, R., Weingrod, L., Rookner, R., Butcher, G., Dougherty, B., Eder, J., Knagenhjelm, V., Larsen, S., Mansir, D., Phan, L., Boyle, P., Cheimets, P.N., DeLuca, E.E., Golub, L., Gates, R., Hertz, E., McKillop, S., Park, S., Perry, T., Podgorski, W.A., Reeves, K., Saar, S., Testa, P., Tian, H., Weber, M., Dunn, C., Eccles, S., Jaeggli, S.A., Kankelborg, C.C., Mashburn, K., Pust, N., Springer, L., Carvalho, R., Kleint, L., Marmie, J., Mazmanian, E., Pereira, T.M.D., Sawyer, S., Strong, J., Worden, S.P., Carlsson, M., Hansteen, V.H., Leenaarts, J., Wiesmann, M., Aloise, J., Chu, K. C., Bush, R.I., Scherrer, P.H., Brekke, P., Martinez-Sykora, J., Lites, B.W., McIntosh, S.W., Uitenbroek, H., Okamoto, T.J., Gummie, M.A., Auken, G., Jerram, P., Pool, P., & Waltham, N. (2014). The Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS). *Solar Physics*, 289, 2733.

Doyle, J. G., Popescu, M. D., & Taroyan, Y.

- (2006). Repetitive occurrence of explosive events at a coronal hole boundary. *Astronomy and Astrophysics*, 446, 327.
- Huang, Z., Madjarska, M. S., Xia, L., Doyle, J. G., Galsgaard, K., & Fu, H. (2014). Explosive Events on a Subarcsecond Scale in IRIS Observations: A Case Study. *The Astrophysical Journal*, 797, 88.
- Leenaarts, J., Pereira, T. M. D., Carlsson, M., Uitenbroek, H., & De Pontieu, B. (2013a). The Formation of IRIS Diagnostics. I. A Quintessential Model Atom of Mg II and General Formation Properties of the Mg II h&k Lines. *The Astrophysical Journal*, 778, 143.
- Leenaarts, J., Pereira, T. M. D., Carlsson, M., Uitenbroek, H., & De Pontieu, B. (2013b). The Formation of IRIS Diagnostics. II. The Formation of the Mg II h&k Lines in the Solar Atmosphere. *The Astrophysical Journal*, 772, 90L.
- Pereira, T. M. D., De Pontieu, B., Carlsson, M., Hansteen, V., Tarbell, T. D., Lemen, J., Title, A., Boerner, P., Hurlburt, N., Wülser, J. P., Martínez-Sykora, J., Kleint, L., Golub, L., McKillop, S., Reeves, K. K., Saar, S., Testa, P., Tian, H., Jaeggli, S., & Kankelborg, C. (2014). An Interface Region Imaging Spectrograph First View on Solar Spicules. *The Astrophysical Journal*, 792, L15.
- Sadeghi, R., & Tavabi, E. (2022). Characteristics of chromospheric oscillation periods in magnetic bright points. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 12, 3, 4164-4170.
- Samanta, T., Banerjee, D., & Tian, H. (2015). Propagating Disturbances in the Solar Corona and Spicular Connection. *The Astrophysical Journal*, 806, 172.
- Shibata, K., Nakamura, T., Matsumoto, T., Otsuji, K., & Okamoto, J. T. (2007). Chromospheric Anemone Jets as Evidence of Ubiquitous Reconnection. *Science*, 318, 1591.
- Tavabi, E., Koutchmy, S., & Golub, L. (2015a). Limb Event Brightenings and Fast Ejection Using IRIS Mission Observations. *Solar Physics*, 290, 2871-2887.
- Tavabi, E., Koutchmy, S., Ajabshirizadeh, A., Ahangarzadeh Maralani, A. R., & Zeighami, S. (2015b). Alfvenic wave in polar limb spicules. *Astronomy and Astrophysics*, 573, 7.
- Tavabi, E., Ajabshirizadeh, A., Ahangarzadeh Maralani A. R., & Zeighami, S. (2015c). J. *Astrophys. Astron*, 2020JApA, 41, 18Z.
- Tavabi, E. (2018). Synchronized observations of bright points from the solar photosphere to the corona. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 476 868-874.
- Tavabi, E., & Koutchmy, S. (2019). Chromospheric peculiar off-limb dynamical events from IRIS Observations. *The Astrophysical Journal*, 883, 41T.
- Tei, A., Gun, S., Heinzel, P., Okamoto, T., Stepan, J., Jecic, S., & Shibata, K. (2020). IRIS Mg II Observations and non-LTE modeling of offlimb spicules in solar coronal hole. *The Astrophysical Journal*, 888, 2T.
- Tian, H., DeLuca, E. E., Cranmer, S. R., De Pontieu, B., Peter, H., Martínez-Sykora, J., Golub, L., McKillop, S., Reeves, K. K., Miralles, M. P., McCauley, P., Saar, S., Testa, P., Weber, M.; Murphy, N.; Lemen, J., Title, A., Boerner, P., Hurlburt, N., Tarbell, T. D., Wuelser, J. P., Kleint, L., Kankelborg, C., Jaeggli, S., Carlsson, M., Hansteen, V., & McIntosh, S. W. (2014). Prevalence of small-scale jets from the networks of the solar transition region and chromosphere. *Science*, 346, 1255711.
- Zeighami, S., Tavabi, E., & Amirkhanlou, E. (2020). Waves propagation in network and internetwork bright points channels between the chromosphere and transition regions with IRIS observations. *2020Journal of astronomy and astrophysics*, 41, 18Z.
- Zeighami, S., Ahangarzadeh Maralani, A. R., Tavabi, E., & Ajabshirizadeh, A. (2016). Evidence of Energy Supply by Active-Region Spicules to the Solar Atmosphere. *Solar Physics*, 291, 847-858.