

## مطالعه طیفی جت های ناحیه انتقال خورشید

سیما ضیغمی<sup>۱\*</sup> و احسان توایی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران [zeighami@iaut.ac.ir](mailto:zeighami@iaut.ac.ir)

<sup>۲</sup> گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران [etavabi@gmail.com](mailto:etavabi@gmail.com)

\* [zeighami@iaut.ac.ir](mailto:zeighami@iaut.ac.ir)

کلید واژه: آیریس، اتصال مجدد، جت ها

### چکیده

مشاهدات طیفی از خطوط طیفی منطقه انتقال حضور مکرر پروفایل های خطی غیر گاوسی را نشان داده است که بیشتر در بال های خط دیده می شود و اغلب به عنوان رویدادهای انفجاری (EE) نامیده می شوند. در این تحقیق ما با استفاده از تصویربرداری همزمان و مشاهدات طیفی از IRIS، جت های شبکه را بررسی می کنیم. در مشاهدات ابتدا EE ها را از مشخصات خط  $1393.755 \text{ \AA}$  (Si IV) شناسایی می کنیم، آنالیز ما نشان می دهد EE هایی با دو قله یا تقویت در هر دو بال آبی و قرمز با سرعت تقریبی  $70 \text{ km/s}$  بر ثانیه روی میدهد که احتمالاً از جت های شبکه یا درخشندگی های فشرده گذرا ناشی می شود. این EE ها به احتمال زیاد با اتصال مجدد مغناطیسی تولید می شوند. ما همچنین سرعت EE هایی را که فقط در بال آبی پیشرفت دارند به اندازه  $80 \text{ km/s}$  بر ثانیه بدست آوردیم که عمدتاً روی جت های شبکه و به دور از پایه آنها قرار دارند. این EE ها به وضوح از ترکیب جت های شبکه در پس زمینه TR ناشی می شوند. علاوه بر این، EE هایی که فقط در بال قرمز خط پیشرفت نشان می دهند با سرعت  $30 \text{ km/s}$  بر ثانیه، اغلب در اطراف نقاط جت ظاهر می شوند، که احتمالاً در اثر جابجایی جریان های اتصال مجدد در پس زمینه ایجاد می گردد.

## Spectral Study of the Solar Transition Region Jets

Sima Zeighami<sup>1</sup>, and Ehsan Tavabi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran

<sup>2</sup> Physics Department, Payame Noor University (PNU), 19395-3697-Tehran, Iran

\* [zeighami@iaut.ac.ir](mailto:zeighami@iaut.ac.ir)

### Abstract

Observations of spectral lines in the transition region show frequently presence of non-Gaussian linear profiles, which are more commonly seen in line wings, often referred to explosive events (EE). In this research, we examine network jets using simultaneous imaging and spectral observations from IRIS. In the observations, we first identify the EEs from the line specifications of  $1393.755 \text{ \AA}$  (Si IV). Our analysis show that EEs with two peaks or amplifications in both blue and red wings occur at approximately  $70 \text{ km/s}$ , which is probably it is caused by lattice jets or transient compressed luminosities. These EEs are most likely produced by magnetic reconnection. We also accelerated EEs that only progress on the blue wing to  $80 \text{ km/s}$ , mostly on jets far from their base. These EEs are clearly derived from the composition of network jets in the TR background. In addition, EEs that only show progress on the red wing at  $30 \text{ km/s}$  often appear around jet points, possibly due to the displacement of reconnection currents in the background.

**Keywords:** IRIS, jets, reconnection



تک قطبها اغلب ساختار وارونه "Y" شکل را نشان می دهد [۶]. ایده دیگری ارائه شده، که پیشنهاد میکند این جتها توسط نیروهایی رو به بالا به سمت بیرون رانده می شوند که با انتشار امواج آلفون در ارتباط هستند [۹، ۱۰، ۷، ۱۱]. بعضی از جت های شبکه همتای دیسک و علائم گرمایشی اسپیکول های نوع دوم کروموسفری هستند [۸]. با این حال، سرعت ظاهری جت های شبکه تقریباً دو برابر بیشتر از اسپیکول های نوع II است. تیان و همکاران [۹] پیشنهاد کردند که فقط برخی از حرکت های ظاهری با جریانهای جرمی مطابقت دارند، در حالی که برخی دیگر ممکن است به دلیل اثراتی مانند تغییرات حرارتی، یونیزاسیون سریع در یک محیط گرمایشی پویا، یا انتشار شوک ها باشد.

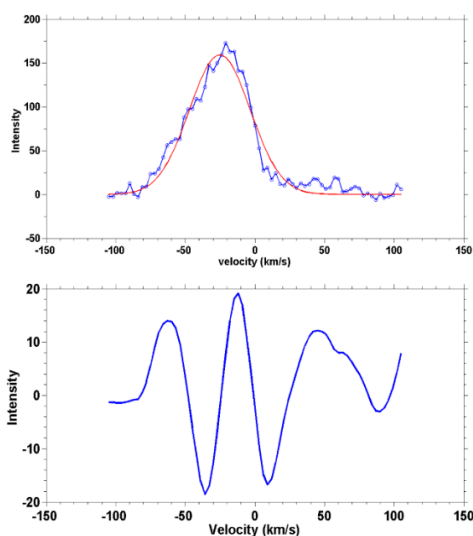
در این مقاله، ما ابتدا EE ها را از پروفایل های خط Si IV ۱۳۹۳/۷۵۵ آنگستروم شناسایی کرده و سپس با استفاده از مشاهدات طیف سنجی و تصویربرداری همزمان IRIS، رابطه زمانی و مکانی بین انواع مختلف EE ها و جت های شبکه را بررسی می کنیم.

### مشاهدات رصدی

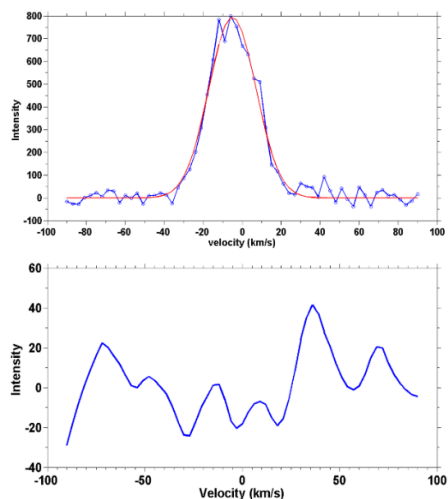
ماداده های رصدی را از سایت <http://iris.lmsal.com/search> دریافت نمودیم. فضاییمای آیریس ترکیبی از تلسکوپ و طیف نگار با خود به همراه دارد [۱۳]. مجموعه داده های تحقیق ما مربوط به تاریخ سوم دسامبر ۲۰۱۴ از ساعت UT ۱۱:۵۴:۳۸ تا UT ۱۲:۲۰:۰۳ شامل تصاویر همراه با طیف نگار است. تعداد تصاویر طیفی ۱۶۰ و فاصله زمانی بین دو تصویر طیفی متوالی ۱۰ ثانیه می باشد. میدان دید این مجموعه داده ۱۷۴ در نمونه ای از طیف حاصل از آیریس در امتداد شکاف زرد رنگ در طول موج مرکزی ۱۳۹۳/۷۵ آنگستروم می باشد که در تاریخ سوم دسامبر ۲۰۱۴ ثبت شده است، ۱۶۷ ثانیه کمانی است. این شبکه داده ها از نوع شکاف ثابت بوده و مرکز شکاف در مختصات خورشیدی در نقطه ی ۷۷- $X = -939$  و  $Y = -939$  واقع شده است. شکل (۱-a) تصویر دیسک خورشید در رصدخانه دینامیکی خورشیدی (Solar Dynamic Observatory/Atmospheric Imaging Assembly) است، مربع سبزرنگ ناحیه مورد مطالعه و خط زرد موقعیت شکاف

رویدادهای انفجاری EEs (Explosive events) رویدادهای دینامیکی در مقیاس کوچک هستند که توسط پروفایل های غیر گاوسی خطوط انتشار درمنطقه انتقال خورشیدی (TR) در طول موج های Si IV ۱۳۹۴ آنگستروم، O IV ۱۰۳۲ آنگستروم و C IV ۱۵۵۰/۱۵۴۸ آنگستروم تشکیل می شوند. پروفایل های خطی اغلب انتشارهای پیشرفته را نشان می دهند که به عنوان رویدادهای آشفته نامگذاری شده است [۱]. بیشتر مطالعات EEs بر روی ناحیه حفره های خورشید یا تاج متمرکز است. این رویدادها اغلب دارای اندازه ۲ - ۵ ثانیه کمانی و طول عمر ۶۰ ثانیه هستند. بیشتر EE ها در خطوط شبکه یا نزدیک آن رخ می دهند. رویدادهای انفجاری معمولاً با از بین رفتن شار مغناطیسی در فوتوسفر همراه بوده و افزایش در بال طیف نشان دهنده جت های اتصال مجدد دو جهته با سرعت ۵۰-۲۰۰ کیلومتری باشد [۲، ۳]. مطالعات نشان می دهد که این پدیده ها ممکن است به دلیل اتصال مجدد مغناطیسی در کروموسفر بالایی باشد که توسط نوسانات حالت p مدوله میگردد [۴]. گرچه اعتقاد بر این است که EE ها اغلب ناشی از پدیده اتصال مجدد در مقیاس کوچک باشند، پروفایل های خطی غیر گاوسی به دلیل اثرات دیگر مانند چرخش، می توانند ایجاد شوند [۵]. دی پونتیبو و همکاران نشان دادند که حرکت های پیچشی حلقه های TR کوچک و جت ها می توانند منجر به پروفیل های خطی از نوع EE شود. سرعتهای ظاهری این جتهای مقیاس کوچک معمولاً در محدوده ۸۰-۲۵۰ کیلومتر برثانیه و طول عمر این جت ها معمولاً کمتر از یک دقیقه هستند. جت های شبکه در هر دو حفره تاج و مناطق آرام خورشید وجود دارند و به نظر می رسد که جت هایی که در حفره های تاج هستند طولانی تر و سریعتری باشند. مکانیسم تولید این جت ها هنوز در حال بررسی است. یک سناریوی ممکن این است که این جت های شبکه با اتصال مجدد مغناطیسی تولید میشوند. اتصال مغناطیسی بین خطوط میدان باز که از خطوط شبکه سرچشمه گرفته و حلقه های بسته مجاور ممکن است به طور مداوم مواد را به سمت باد سریع خورشیدی براند. جت های شبکه ممکن است شکلی از این پرتابه های پلاسما بی باشند. اتصال مجدد مغناطیسی بین دو قطبی های مغناطیسی در حال ظهور و همپوشانی میدان های

گوسی، ما ۴ نوع از آنها را بر اساس پروفایل های خطی در طول موج ۱۳۹۳,۷۵۵ آنگستروم شناسایی کردیم. در EE های نوع اول در هر دو بال قرمز و آبی طیف افزایش نشان می دهد، نوع دوم دارای دو پیک با اندازه های تقریبا یکسان است که فقط در آبی مشاهده شد، نوع سوم در بال قرمز پیشرفت نشان میداد، و نوع چهارم پیشرفت در آبی بود. به ترتیب شکل های ۲ الی ۵ را ببینید.



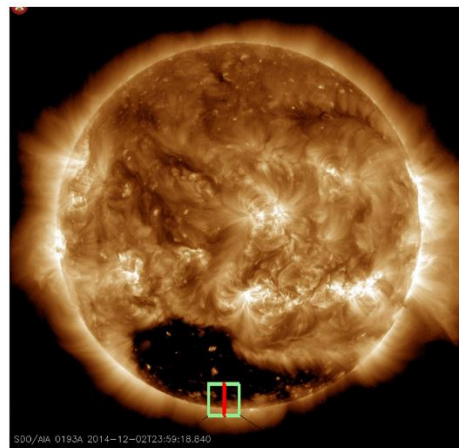
شکل ۲. پدیده EE نوع اول پیشرفت در هر دو بال قرمز و آبی را نشان می دهد.



شکل ۳. پدیده EE نوع دوم که در بال قرمز دو پیک نشان می دهد

را نشان می دهد و شکل (b-۱) تصویر بزرگنمایی شده از مربع آبی است که توسط آیریس با فیلتر Si IV در تاریخ سوم دسامبر ۲۰۱۴ ثبت شده است، شکل (c-۱) نمونه ای از طیف را نشان می دهد.

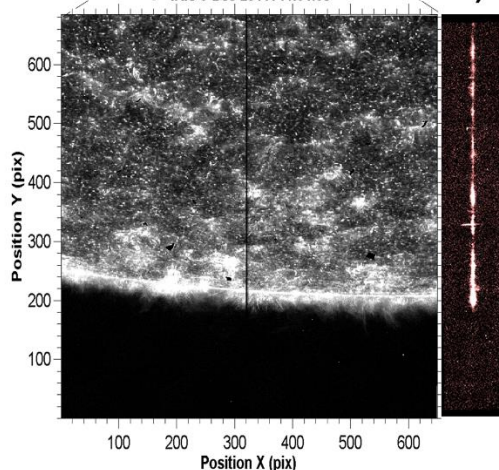
a)



b)

IRIS 3-Dec-2014T11:54:38

c)



شکل ۱. a: تصویر دیسک خورشید از رصدخانه دینامیک خورشید ، b: تصویر درشتنمایی از مربع سبز تصویر بالایی است که از تلسکوپ آیریس گرفته شده است، c: تصویر طیف در امتداد شکاف تلسکوپ است.

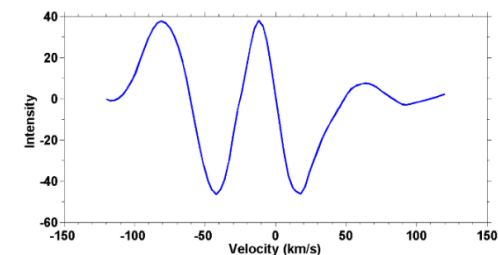
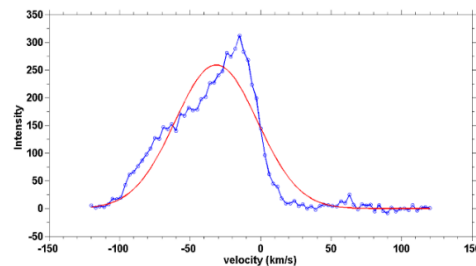
### آنالیز داده ها

ابتدا تصاویر طیفی را پردازش نموده و سپس پروفایل شدت طیف را به ازای سه پیکسل در امتداد شکاف میانگین گیری میکنیم تا نسبت سیگنال به نویز افزایش یابد. به این ترتیب پروفایل های خطی را بدست آورده و با برازش گاوسین، پیک های محلی را شناسایی نمودیم. بعد از بررسی بصری از پروفایل های خطی غیر

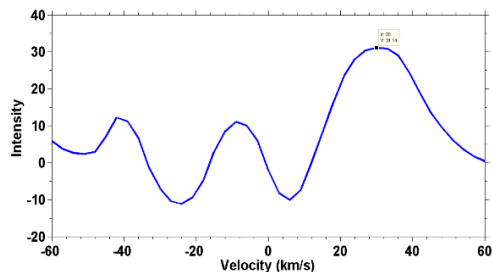
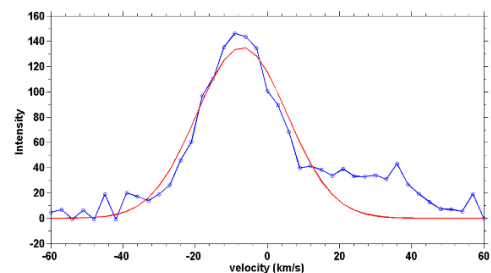
شبکه یا مربوط به درخشندگیهای فشرده گذرا است که ارتباطی به جت های شبکه ندارند. موقعیت این EE ها احتمالا علائمی از موقعیت های ترکیب مجدد است و پروفایل های خطی طیفی می تواند به عنوان نتیجه ای از جریانات خروجی از ترکیب مجدد جهت یا حرکت های پلاسمایی در صفحات جریان ترکیب مجدد باشد. نوع سوم با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ثانیه اساسا بر روی جت های شبکه دیده می شود که از پایه جت ها دور می باشند. این پدیده ها آشکارا به انتشار رو به بالای جت ها اشاره می کند. نوع چهارم با سرعت ۳۰ کیلومتر بر ثانیه اندازه گیری شد که اساسا در اطراف پایه های جت های شبکه بوده و احتمالا مربوط به حرکت رو به پایین جریانات ترکیب مجدد می باشد. وجود EE ها در پایه جت های شبکه سناریوی بازترکیب جت های شبکه را تقویت می سازد. نتایج ما با مطالعات چن و همکاران سازگاری خوبی نشان می دهد [۱۲].

#### مرجع ها

- [1] Brueckner, G. E. & Bartoe, J.-D. F. (1983). ApJ, 272, 329
- [2] Huang, Z., Madjarska, M. S., Xia, L., et al. (2014). ApJ, 797, 88
- [3] Samanta. T., Banerjee, D., Tian, H. (2015) ApJ, 806, 172
- [4] Doyle, J. G., Popescu, M. D., Taroyan, Y., (2006) A&A, 446, 327
- [5] Curdt, W., Tian, H. (2011). A&A, 532, L9
- [6] Shibata, K., Nakamura, T., Matsumoto, T., Otsuji, K., Okamoto, J. T. (2007), Sci, 318, 1591
- [7] Cranmer, S. R., Woolsey, L. N., (2015). ApJ, 812, 71
- [8] Pereira, T. M. D., De Pontieu, B., Carlsson, M., Hansteen, V., Tarbell, T. D., et al. (2014). ApJ, 792, L15
- [9] Tian, H., et al. (2014). Sci, 346, 1255711
- [10] Tavabi E., Koutchmy S. (2019). ApJ., 883, 41
- [11] Zeighami, S., Tavabi, E., Amirhanlou, E., , (2020)JApA, 41, 18Z,
- [12] Chen, Y., et al. (2019). ApJ, 873, 79C
- [13] De pontieu, B., et al. (2014). SoPh, 289:2733



شکل ۴. EE نوع سوم پیشرفت در بال آبی را نشان می دهد



شکل ۵. EE نوع چهارم که پیشرفت در بال قرمز را نشان می دهد.

#### نتیجه گیری و بحث

در این تحقیق ما پدیده های EE های ناحیه انتقال را با استفاده از مشاهدات آیریس بررسی نمودیم. بر اساس خواص مشخص شده از این رویدادها می توان آنها را به ۴ دسته طبقه بندی نمود. در نوع اول پروفایل ها در هر دو بال پیشرفت نشان می دهد. در نوع دوم پروفایل ها دارای دو پیک است. در نوع سوم فقط پیشرفت در بال آبی و در نوع چهارم فقط پیشرفت در بال قرمز نشان داد. آنالیز ما از این گروه بندی نشان می دهد که EE های نوع اول و نوع دوم با سرعت ۸۰ کیلومتر بر ثانیه مربوط به پایه جت های