

نوسانات عرضی در جت های خورشیدی: اثرات چسبندگی

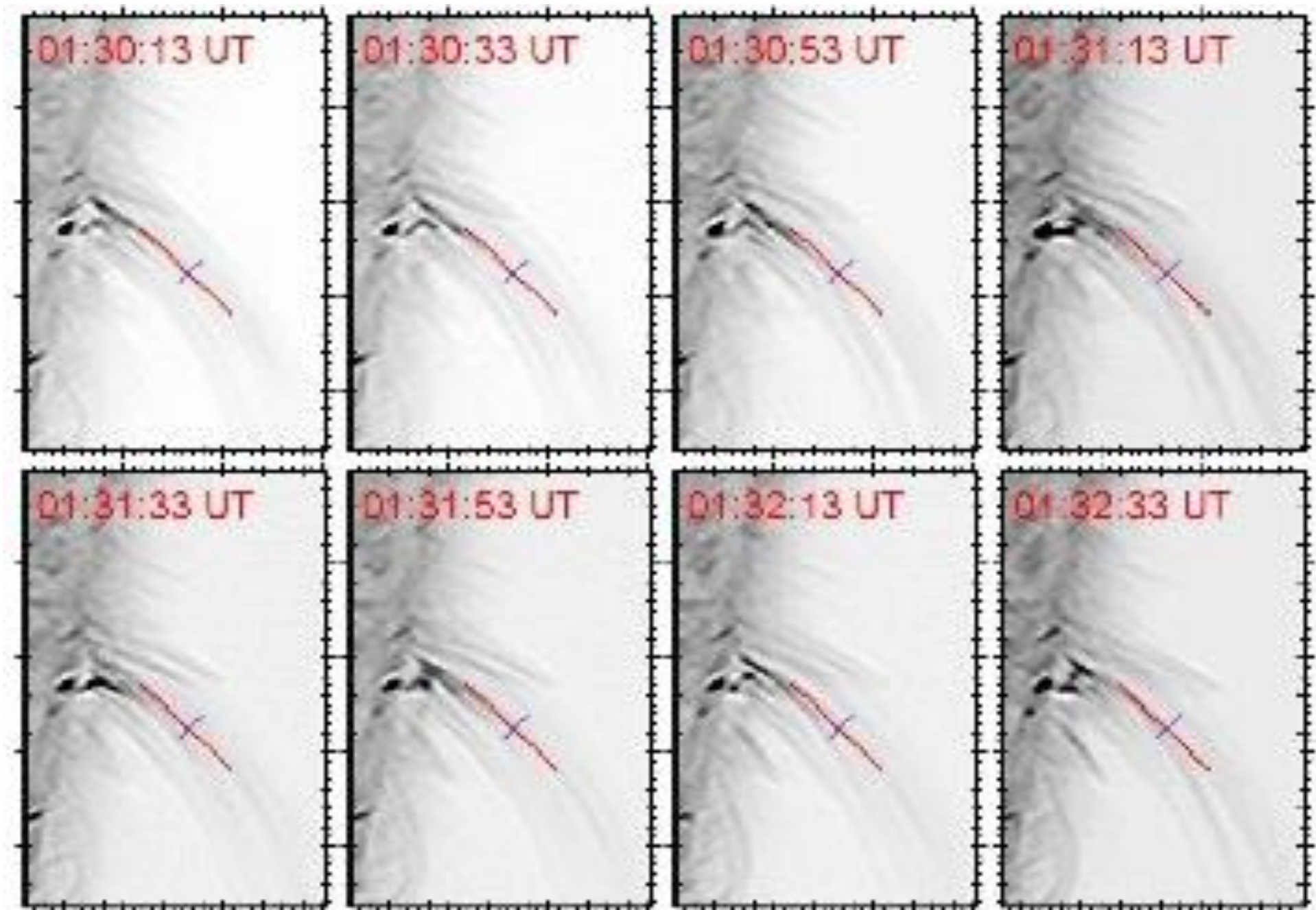
مهری حیدری^۱؛ احسان توایی، نام مولف دوم^۲^۱گروه فیزیک، دانشکده‌ی علوم، دانشگاه پیام نور تهران شرق (شماره تماس: ۰۹۱۲۸۷۸۹۰۰۴)^۲گروه فیزیک، دانشکده فیزیک، دانشیار دانشگاه پیام نور تهران شرق

مقدمه

هدف از این مطالعه بررسی نقاط مغناطیسی ایکس در تیوپ های پلاسمای غیرقابل انقباض و نشان نحوه تشکیل جتها در مکانیسم تجدید حیات خطوط میدان مغناطیسی می باشد و تاثیر اثر چسبندگی پلاسمای مغناطیسی در نواحی نقاط مغناطیسی خنثی را بررسی خواهد شد. برای این منظور از شبیه سازی عددی معادلات مگنتوهیدرودینامیکی دوبعدی در حالت چسبندگی مقاومتی در نظر گرفته می شود و میادین سرعت و مغناطیسی ردیابی خواهد شد. در نهایت رفتار نتایج حاصل از شبیه سازی با مشاهدات تلسکوپ فضایی هینوده مقایسه می شود تا بتوان نتیجه حضور چسبندگی در تولید نوسانات عرضی غیر متقارن در جت های کرومسفری و کرونایی مشاهده نمود.

ترکیب مجدد مغناطیسی فرآیندی به شدت دینامیکی می باشد که بطور وسیع و در بازه وسیعی از طول موجها در جو خارجی خورشید قابل مشاهده و مطالعه است. و با توجه به یافته اخیر نقش این فرآیند در تولید و انتشار امواج مگنتوهیدرودینامیکی و نقش این امواج در گرمایش محیط تاجی بسیار پررنگ قلمداد می گردد. با توجه به اینکه در نزدیکی نقاط مغناطیسی خنثی، که در آنها میدان مغناطیسی صفر است، تمام انرژی مغناطیسی تبدیل به انرژی جنبشی شده باعث ظهور جتهایی با سرعت بالا (از مرتبه ۴۰۰-۶۰۰ کیلومتر بر ثانیه) خواهد شد. در حالت هایی این نوع جتها در نواحی کرومسفری ظاهر شوند دچار نوسانات عرضی شده ولی در نواحی کرونایی بصورت آنی و بدون تکرار و یا نوسانات عرضی به واقع می شوند.

مشاهدات هینوده براساس رصدهای تلسکوپ نوری در طول موج کلسیم اچ دوباریونیره درطول موج ۳۸۳۵ آنگستروم در تاریخ ۸جولای۲۰۰۷ تعدادزبادی حلق های درخشان در نزدیکی لک خورشید ملاحظه گردید که نحوه تشکیل و تحول آن در شکل ۱ نمایش داده شده. در پردازش این داده ها از الگوریتم مد-مکس که بصورت کشف و تعقیب بیشنه مقدار مشتقات لاپلاسی و از مرتبه دوم عملگری بر روی تصاویر دوبعدی می باشد $\{2\}$.



شکل ۱. تصاویر منتخب از داده های پردازش شده با الگوریتم مد - مکس نمایش داده شده، میدان دید ۱۲*۱۵ ثانیه قوسی می باشد. خط نقطه چین قرمز محور اصلی جت را نشان می دهد و خط عمود بر آن پهناى ساختار را نشان می دهد $\{2\}$ و $\{5\}$.

روند تحقیق

شبیه سازی و معادلات مربوطه

با استفاده از بازه دوبعدی محدود مربعی معادلات وابسته زمانی مگنتوهیدرودینامیکی در حضور اثرات چسبندگی

مقاومتی خطی شده و اقدام به حل عددی می شود، که دو معادله اصلی بی بعد شده در داخل شاره غیرقابل

انقباض با حضور اثرات اشاره شده ارئه می گردد.

$$\mathbf{t} \nabla + \mathbf{V} \cdot \nabla \mathbf{V} - \nu \nabla^2 \mathbf{V} + \nabla P + S \nabla (1/2 B^2) - S (\mathbf{B} \cdot \nabla) \mathbf{B} = 0, \partial$$

$$\partial_t \mathbf{B} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{B} - (\mathbf{B} \cdot \nabla) \mathbf{V} + \eta \nabla \times \nabla \times \mathbf{B} = 0,$$

سرعت آلفن $V_A = \frac{B_0}{(\mu_0 \rho_0)^{\frac{1}{2}}}$ و زمان آلفن $\tau_A = \frac{l}{V_A}$ که l طول لایه جریان را نشان میدهد η پخشندگی مغناطیسی نرمال شده با $\mu_0 l V_A$ عدد رینولدز مغناطیسی $R_m = \eta^{-1}$ که نشان دهنده کپلینگ مابین شاره و

خطوط میدان مغناطیسی را بیان می کند و عدد رینولدز شاره $R_\nu = \nu^{-1}$ که ν چسبندگی جنبشی بصورت اسکالر را

نشان می دهد و $S = \frac{Ha}{R_\nu R_m}$ که صورت عبارت است از عدد هارتمان و بیانی از نسبت نیروی مغناطیسی به پخش

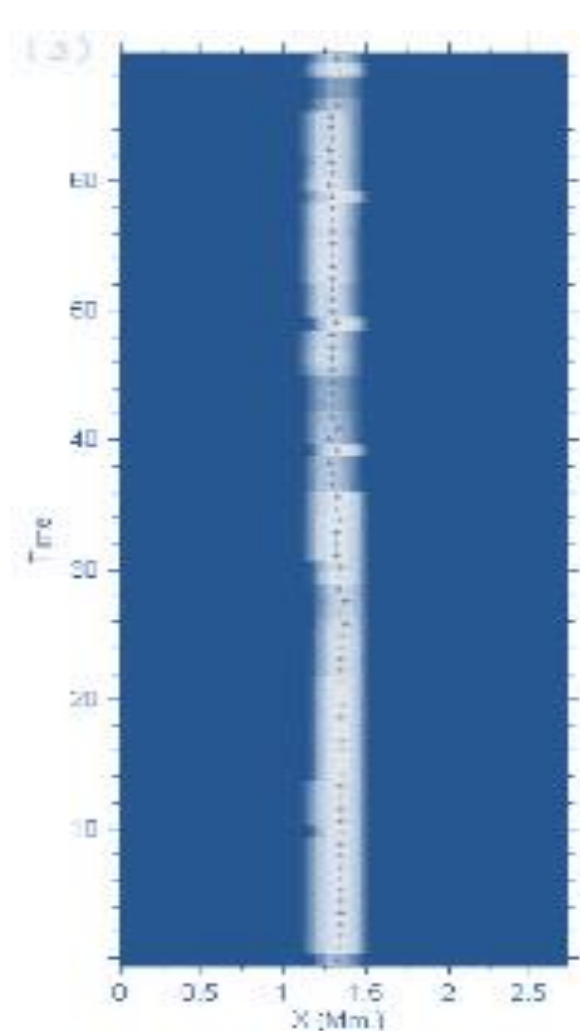
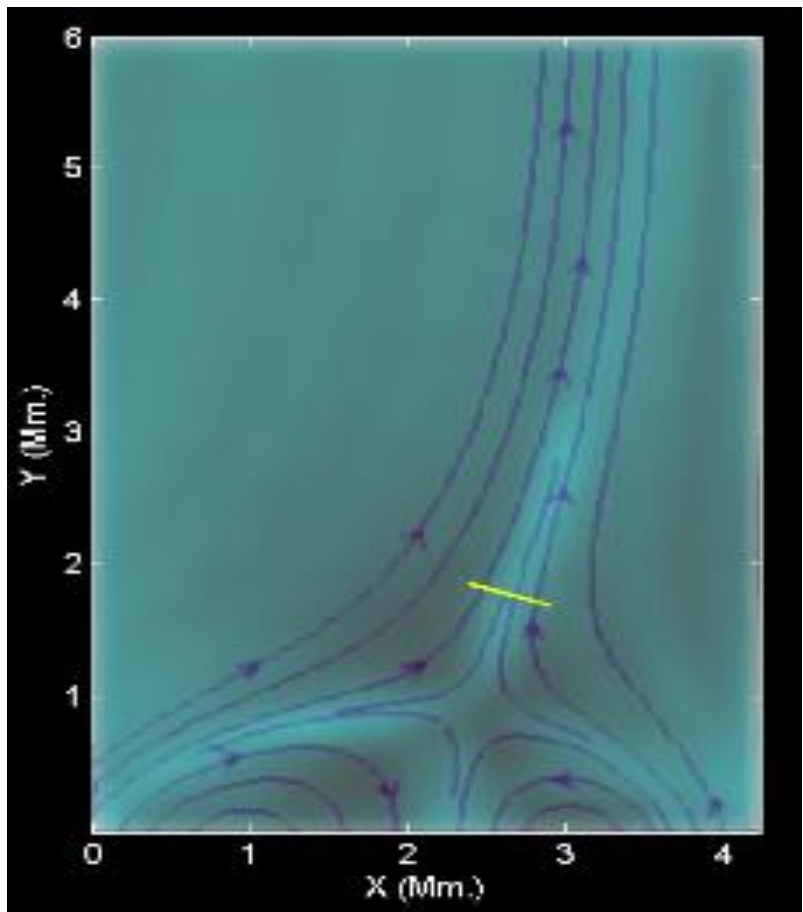
شدگی گرانروی را بیان می کند. این معادلات با روش تقریب رو به عقب اوپلری در یک شبکه و در ناحیه

چهار قطبی $\{+ - (120)^\circ\}$ در حالت دوبعدی حل و شبیه سازی می شود.

بحث و بررسی

بحث:

در این قسمت به مقایسه نتایج حاصل از رصد در طول موج اشعه ایکس و خط کلسیم نسبتا سرد تلسکوپ هینوده و شبیه سازی انجام شده خواهیم پرداخت. شکل ۳ نمونه ای از نتایج شبیه سازی را نشان میدهد و خطوط سبز میدان مغناطیسی و سرعت حرکت پلاσμα با رنگ قرمز زمینه بیان می گردد.

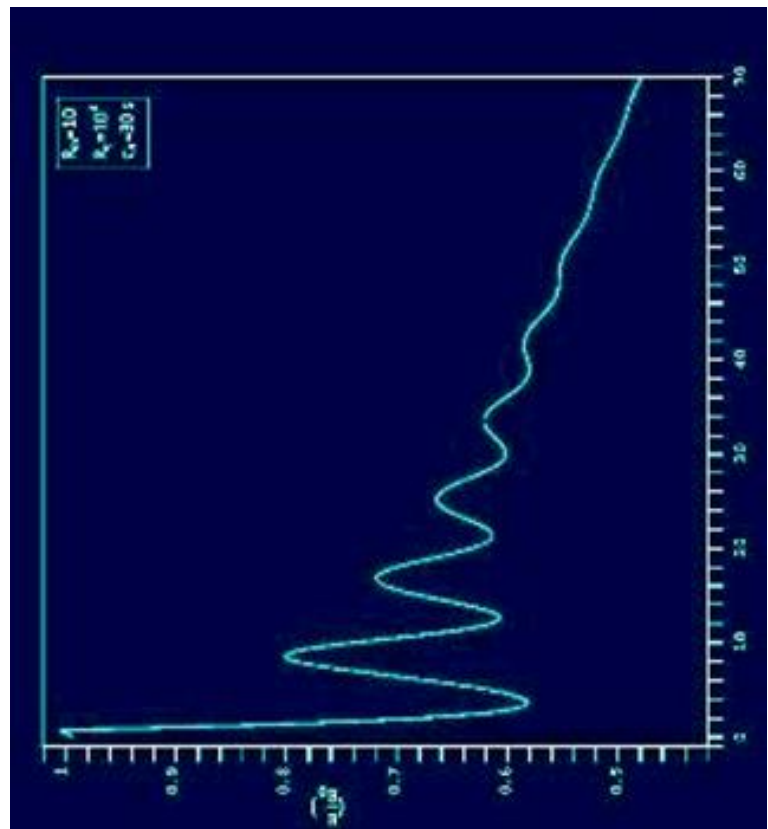


شکل ۳. نمونه ای از نتایج شبیه سازی

شکل ۴. نوسانات عرضی و شبه تناوبی در حضور اثر چسبندگی

شکل ۴. نوسانات عرضی و شبه تناوبی در حضور اثر چسبندگی را نمایش میدهد. الف- اغتشاش در محور اصلی جت (که با ضریب قرمز علامت گذاری شده) در حالت $(\nu = 0.001, \eta = 0.0001, R_\nu = 10^4, R_\eta = 10^3)$ و حالت میانی برای شرایط $(R_\nu = R_\eta = 10^3)$ و نهایتا $R_\nu = 10, R_\eta = 10^3$ را در مقیاس زمانی آلفن نشان می دهد.

از نتایج این شبیه سازی می توان به حساسیت بالای نوسانات عرضی در محور اصلی جت نسبت به مقدار نسبی عدد رینولدز به چسبندگی اشاره کرد. در شکل ۵ تغییرات انرژی نسبت به کمیت $\frac{R_m}{R_\nu}$ ترسیم شده که بیان کننده میرایی سریع با افزایش این کمیت است. و همچنین یک نمونه نوسانات آرام عرض غیرمتقارن در میرایی انرژی ظاهر خواهد شد.



شکل ۵. نوسانات انرژی نسبت به مقدار نسبی اعداد رینولدز،

محور افقی زمان در مقیاس زمانی آلفن $T(\tau_A)$

نتیجه گیری

تجدید خطوط میدان مغناطیسی پس از شکافتگی اولیه که باعث آزاد سازی انرژی مغناطیسی وتبدیل آن به انرژی می شود در اینجا دیدیم که در حضور چسبندگی باعث ایجا آشوب های شبه تناوبی شده که بر اساس رابطه مربوطه $T(\tau_A) \approx \frac{1}{2} \ln R_m$ در ناحیه تاج خورشید با سرعت آلفن در حدود ۱۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه منجر به نواسانات ۳ ثانیه ای می شود ولی در ناحیه رنگین سپهری این مقدار به ده برابر افزایش می یابد. روشن است که چسبندگی و مقاومت قادر است تعادل را نیروی لورنتس و فریز شدگی مغناطیسی را فراهم کند. بنابر نتایج شبیه سازی انجام شده چسبندگی انرژی مغناطیسی آزاد شده در محل تجدید ساختار مغناطیسی را کنترل می کند و در صورت عدم وجود گرانروی موثر دیگر شاهد تشکیل نوسانات شبه تناوبی نخواهیم بود.

مراجع

- [1] Tavabi, E. Koutchmy, S. and Ajabshirizadeh, A. 2021, in *3rd School and workshop on Space Plasma Physics*, AIP Conf. Proc. 1356, **99- 105**
- [2] Tavabi, E. and Koutchmy, S., Ajabshirizadeh, A., 2013, *Solar phys.* 2013SoPh..tmp..107T
- [3] Golub, L. Deluca, E. et al. 2007, *Solar Phys.* **243, 63**
- [4] Filippov, B., Koutchmy, S. and Tavabi, E., 2016, *Solar Phys.* **286, 143**
- [5] Tavabi, E.; Koutchmy, S.; Ajabshirizadeh, A., *Hough Transform to study the magnetic confinement*