

## زمان میرایی نوسانات عرضی شکست مشاهده شده در حلقه‌های تاج نواحی فعال با استفاده از تلسکوپ ای آی نصب شده بر اس دی او

عباس عابدینی

گروه فیزیک، دانشگاه قم، قم

پست الکترونیکی: a.abedini@qom.ac.ir

(دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۲۵؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۵/۷/۱۳)

### چکیده

یک حلقه می‌تواند در جهت‌های مختلف نوسان کند. یک نوع مرسوم از نوسان حلقه، نوسان عرضی نامیده می‌شود که عوامل مختلفی مثل شراره‌ها و نواحی فعال مجاور حلقه، آن را به وجود می‌آورند. نوسانات عرضی ممکن است در اثر سازوکار اتلافی یا در اثر پدیده ویک ناشی از یک اختلال عبوری از حلقه میرا شوند. هدف از نگارش این مقاله برآورد زمان میرایی و کیفیت میرایی نوسانات عرضی (شکست) و نحوه وابستگی آنها به بسامد در حلقه‌های واقع در ناحیه فعال یا کنار شراره‌ها با استفاده از داده‌های تلسکوپ ای آی روی اس دی او است. داده‌های مشاهداتی شامل ۱۳۰ تصویر متوالی در هفدهم اکتبر ۲۰۱۴ از یک حلقه با فاصله زمانی ۲۴ ثانیه در طول موج‌های ۱۷۱ آنگستروم است. به منظور استخراج نوسانات عرضی شکست در امتداد حلقه و برآورد کمیت‌های فیزیکی، سری‌های زمانی داده‌ها با استفاده از تبدیل فوری، مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در این تجزیه و تحلیل نوسانات عرضی با میرایی سریع پیدا شدند که دوره تناوبی در محدوده  $p = 2 - 9.5$  دقیقه داشتند. همچنین مقدار زمان میرایی و کیفیت میرایی (نسبت زمان میرایی به دوره تناوب متناظر) شدت‌های فیلتر شده در بسامدهای غالب به ترتیب در محدوده  $2 - 14$  دقیقه و  $\tau_d/p = 1.72 - 1.83$  به دست آمدند. نتایج مشاهداتی حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد زمان میرایی و با افزایش دوره تناوب نوسانات افزایش می‌یابد و تابع حساسی نسبت به دوره‌های نوسانی است، اما کمیت کیفیت میرایی به دوره نوسانات حساس نیست. مقادیر زمان میرایی و کیفیت میرایی به دست آمده با مطالعه‌های قبلی و پیش بینی مدل‌های نظری امواج مغناطو هیدرودینامیکی برای وجوه نوسانات سریع شکست تطابق خوبی دارند.

واژه‌های کلیدی: تاج خورشید، نوسانات عرضی حلقه‌های تاج، زمان میرایی، بستگی زمان میرایی به بسامد

### ۱. مقدمه

در ساختارهای مختلف تاج خورشید مشاهده شده است.

با پردازش و تجزیه و تحلیل تصاویر حاصل از این تلسکوپ‌های خورشیدی در طول موج‌های مختلف اطلاعات خوبی از کمیت‌های فیزیکی همچون سرعت انتشار امواج، طول

امروزه، با استفاده از تلسکوپ فضایی همچون تریس<sup>۲</sup>، هینوده<sup>۳</sup>، یوهکوهو<sup>۴</sup>، سوهو<sup>۵</sup> و اس دی او<sup>۶</sup>، امواج مغناطو هیدرودینامیکی

۲. TRACE

۳. Hinode

۴. Yohkoh

۵. SoHO

۶. SDO

میرایی، زمان میرایی، عوامل مؤثر بر میرایی امواج، میدان مغناطیسی، دما و چگالی ذرات در ساختارهای مختلف تاج به دست آمده و پیشرفت قابل توجهی در نظریه امواج مغناطویدرودینامیکی صورت گرفته است که در ادامه این بخش برای نمونه به بعضی از کارهای انجام شده در این زمینه و ابزارهای مورد استفاده اشاره می‌کنیم.

تامسون و همکارانش در سال ۱۹۹۸ با استفاده از ابزار ای آی تی روی ماهواره سوهو امواج مغناطویدرودینامیکی موجود در تاج خورشید در مقیاس بزرگ آشکار کردند [۱]. آفمن و همکارانش در سال ۱۹۹۷ با استفاده از یو وی سی اس ماهواره سوهو، دیفورست و گورمن در سال ۱۹۹۸ با استفاده از ای آی تی روی ماهواره سوهو امواج آکوستیک آرام انتشاری را در ساختارهای پره مانند واقع در قطب‌های خورشید پیدا کردند [۲ و ۳].

بریگمنس و سلیتی با استفاده از ای آی تی در سال ۱۹۹۹ و دیمورتل و همکارانش در سال ۲۰۰۲ با استفاده از تریس امواج انتشاری طولی در راستای حلقه‌ها را آشکار کردند [۴ و ۵]. اشواندون و همکارانش همچنین ناکاریاکوف و همکارانش به طور جداگانه در سال ۱۹۹۹ به کمک ماهواره تریس موفق به شناسای جوه نوسانات سریع شکست ناشی از انفجار شراره‌ای در حلقه‌های تاج شدند [۶ و ۷]. وانگ و همکارانش همچنین کلایم و همکارانش در سال ۲۰۰۲ جوه نوسانی امواج ایستاده آگوستیک آرام را با استفاده از ابزار سومر نصب شده روی سوهو آشکار کردند [۸ و ۹].

رابرت و همکارانش در سال ۱۹۸۴، ملینی‌کوف و همکارانش در سال ۲۰۰۲ و اشواندون و همکارانش در سال ۲۰۰۴ جوه نوسانی امواج سوسیسی سریع را در محدوده طول موج رادیویی و مورتون و همکارانش در سال ۲۰۱۱ این نوسانات را در محدوده طول موج فرابنفش، در حلقه‌های تاج خورشیدی استخراج و مورد مطالعه قرار دادند [۱۰ - ۱۳].

امواج سریع آلفن توسط ویلامز و همکارانش در سال ۲۰۰۱ با استفاده از اس ای سی آی اس و امواج سریع شکست در سال ۲۰۰۴ توسط ویرویخت و همکارانش با استفاده از تریس در

حلقه‌های تاج مشاهده شدند [۱۴ و ۱۵]. امروزه، کارهای نظری و مشاهداتی متفاوت و زیاد در زمینه تشخیص و شناسایی ساختارهای مختلف تاج، استخراج امواج مغناطویدرودینامیکی در ساختارها، برآورد کمیت‌های فیزیکی و عوامل مؤثر بر آنها با استفاده از لرزه‌شناسی امواج یافت می‌شود. برای نمونه به نظریه‌ها و کارهای انجام شده درباره نحوه شناسایی و پایش حلقه‌های تاج مراجعه شود به (اشواندن در ۲۰۱۰ [۱۶]، صفری و همکارانش در ۱۳۹۳ [۱۷]). برآورد کمیت‌های فیزیکی مثل دوره تناوب نوسانات، سرعت فاز، زمان میرایی، کیفیت میرایی و تأثیر سازوکارهای اتلافی بر میرایی امواج آرام طولی انتشاری و ایستاده همچون رسانش، تابش، وشکسانی، لایه‌بندی گرانشی، همگرایی میدان مغناطیسی مراجعه شود به (آفمن و همکارانش در ۱۹۹۹ [۱۸]، سیگالوتی و همکارانش در ۲۰۰۷ [۱۹]، اردلی و همکارانش در ۲۰۰۸ [۲۰]، مارش و همکارانش در ۲۰۰۹ [۲۱]، وانگ در ۲۰۱۱ [۲۲]، عابدینی و صفری در ۲۰۱۱ [۲۳]، یوان و ناکاریاکوف در ۲۰۱۲ [۲۴]، عابدینی و همکارانش در ۲۰۱۲ [۲۵]، کریشنا و همکارانش در ۲۰۱۴ [۲۶]، عابدینی در ۲۰۱۶ [۲۷]، بحرینی‌نژاد و عابدینی در ۱۳۹۳ [۲۸]).

برآورد کمیت‌های فیزیکی و تأثیر سازوکارهای اتلافی همچون جذب تشدید، تداخل فازی، نشت انرژی از حلقه‌ها و تأثیر عواملی همچون چگالی شعاعی، چگالی طولی، انحنای حلقه و میدان مغناطیسی بر امواج مغناطویدرودینامیکی عرضی انتشاری و ایستاده (شکستی و سوسیسی) در حلقه‌های تاج مراجعه شود به (گوسینس و همکارانش در ۲۰۰۲ [۲۹] صفری و همکارانش در ۲۰۰۶ [۳۰]، صفری و همکارانش در ۲۰۰۷ [۳۱]، کرمی و اسوار در ۲۰۰۷ [۳۲]، اندرس و همکارانش در ۲۰۰۹ [۳۳]، کرمی و بهاری در ۲۰۱۰ [۳۴]، فتحعلیان و صفری در ۲۰۱۰ [۳۵]، اشواندن و همکارانش در ۲۰۱۱ [۳۶]، عبادی و همکاران در ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ [۳۷ و ۳۸]، نصیری قیداری و یوسفی در ۱۳۸۴ [۳۹]، زنیار و کرمی در ۲۰۱۶ [۴۰]، کرمی و بارن در ۲۰۰۹ [۴۱]) و اثر پدیده ویک ناشی از یک اختلال جایگزیده انتشاری بر میرایی نوسانات عرضی حلقه‌ها مراجعه شود به (رای و همکارانش در ۱۹۸۲ [۴۲]،

میرایی، زمان میرایی، عوامل مؤثر بر میرایی امواج، میدان مغناطیسی، دما و چگالی ذرات در ساختارهای مختلف تاج به دست آمده و پیشرفت قابل توجهی در نظریه امواج مغناطویدرودینامیکی صورت گرفته است که در ادامه این بخش برای نمونه به بعضی از کارهای انجام شده در این زمینه و ابزارهای مورد استفاده اشاره می‌کنیم.

تامسون و همکارانش در سال ۱۹۹۸ با استفاده از ابزار ای آی تی روی ماهواره سوهو امواج مغناطویدرودینامیکی موجود در تاج خورشید در مقیاس بزرگ آشکار کردند [۱]. آفمن و همکارانش در سال ۱۹۹۷ با استفاده از یو وی سی اس ماهواره سوهو، دیفورست و گورمن در سال ۱۹۹۸ با استفاده از ای آی تی روی ماهواره سوهو امواج آکوستیک آرام انتشاری را در ساختارهای پره مانند واقع در قطب‌های خورشید پیدا کردند [۲ و ۳].

بریگمنس و سلیتی با استفاده از ای آی تی در سال ۱۹۹۹ و دیمورتل و همکارانش در سال ۲۰۰۲ با استفاده از تریس امواج انتشاری طولی در راستای حلقه‌ها را آشکار کردند [۴ و ۵]. اشواندون و همکارانش همچنین ناکاریاکوف و همکارانش به طور جداگانه در سال ۱۹۹۹ به کمک ماهواره تریس موفق به شناسای جوه نوسانات سریع شکست ناشی از انفجار شراره‌ای در حلقه‌های تاج شدند [۶ و ۷]. وانگ و همکارانش همچنین کلایم و همکارانش در سال ۲۰۰۲ جوه نوسانی امواج ایستاده آگوستیک آرام را با استفاده از ابزار سومر نصب شده روی سوهو آشکار کردند [۸ و ۹].

رابرت و همکارانش در سال ۱۹۸۴، ملینی‌کوف و همکارانش در سال ۲۰۰۲ و اشواندون و همکارانش در سال ۲۰۰۴ جوه نوسانی امواج سوسیسی سریع را در محدوده طول موج رادیویی و مورتون و همکارانش در سال ۲۰۱۱ این نوسانات را در محدوده طول موج فرابنفش، در حلقه‌های تاج خورشیدی استخراج و مورد مطالعه قرار دادند [۱۰ - ۱۳].

امواج سریع آلفن توسط ویلامز و همکارانش در سال ۲۰۰۱ با استفاده از اس ای سی آی اس و امواج سریع شکست در سال ۲۰۰۴ توسط ویرویخت و همکارانش با استفاده از تریس در

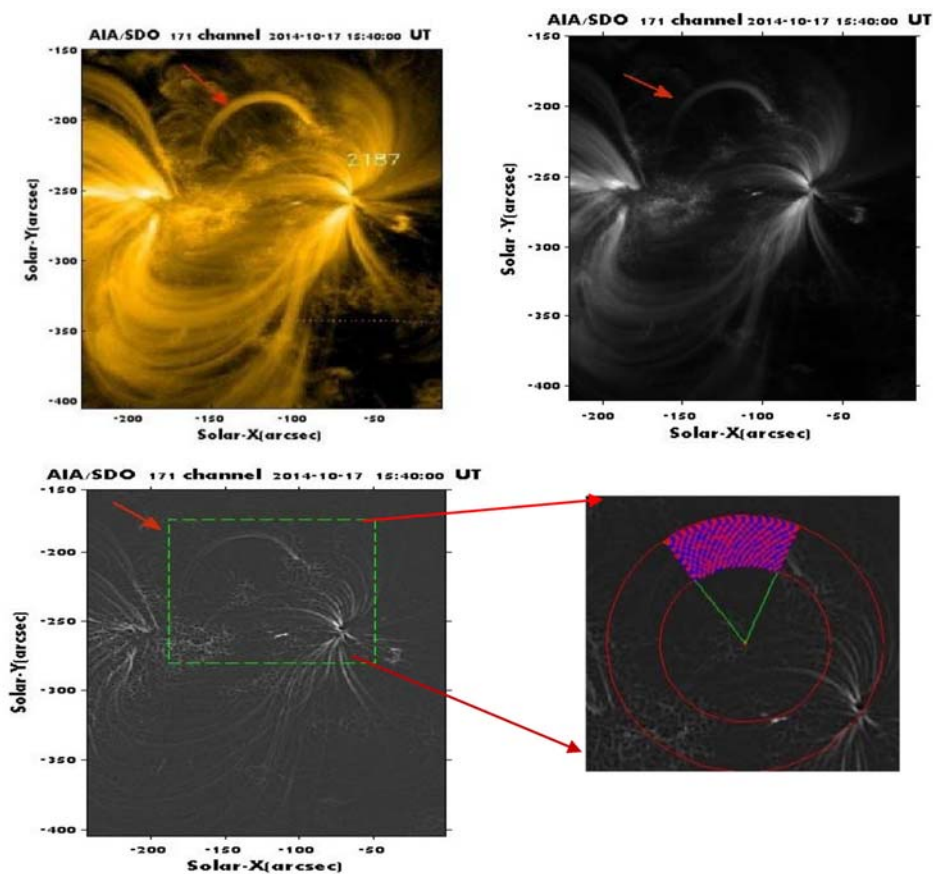
چون خورشید یک کره متشکل از گاز پلاسما داغ بوده و صلب نیست این باعث حرکت چرخش دیفرانسیلی آن می‌شود به طوری که نرخ چرخش دیفرانسیلی خورشید با کاهش عرض خورشیدی افزایش و در استوا به بیشترین مقدار خود می‌رسد. این عیب ناشی از چرخش دیفرانسیلی خورشید هم از تصاویر اولیه زدوده شده و مختصات همه تصاویر به مختصات اولین تصویر از نظر زمانی تطبیق داده شدند. در اینجا از تعداد ۱۳۰ تصویر متوالی پیرایش شده در طول موج ۱۷۱ آنگستروم با فاصله زمانی ۲۴ ثانیه که در تاریخ ۲۰۱۴-۱۰-۱۷ در محدوده ساعت ۱۶/۲۰-۱۵/۳۰ (به وقت جهانی UT) از حلقه واقع در ناحیه فعال AR: SPCOA ۱۴۴۱۳ گرفته شده، استفاده می‌شود. برای نمونه شکل ۱، یکی از این تصاویر را قبل (ردیف بالا) بعد از اعمال صافی مد مکس (شکل پایین سمت چپ) نشان می‌دهد که مشخصات آن در بالای آن نوشته شده و حلقه مورد نظر در آنها با فلش قرمز رنگ مشخص شده است. همچنین در ردیف پایین سمت چپ شکل ۱ ناحیه تقسیم‌بندی شده به یاخته‌های به ابعاد تقریبی ۲ پیکسل در ۲ پیکسل که حلقه مورد نظر در بین قطاع دوایره محصور شده نمایش داده شده است. میانگین شدت‌ها بر حسب زمان در هر یک از یاخته‌ها استخراج و بعد از اعمال صافی‌های مختلف و با استفاده از تجزیه و تحلیل فوریه روی سری‌های زمانی شدت‌ها، نوسانات عرضی شکست در حلقه استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

### ۳. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

به منظور استخراج طبیعت نوسانات عرضی حلقه مشخص شده در شکل ۱ ناحیه در برگیرنده حلقه مورد نظر را به صورت شطرنجی به نواحی ریز به یاخته‌هایی به ابعاد تقریبی ۲ خانه در ۲ خانه تقسیم می‌کنیم. در صورت حرکت حلقه، شدت هر یک از یاخته‌ها با زمان تغییر و نوسانات عرضی و طولی قابل آشکار سازی خواهند شد. پهن بودن حلقه معیابی دارند که عبارتند از: حلقه پهن چندین یاخته را اشغال و آشکار کردن حرکت عرضی را مشکل می‌کند و همچنین با افزایش پهنای

تراداس و همکارانش در ۲۰۰۵ [۴۳]. از آنجایی که آهنگ زمانی تصویر برداری تلسکوپ‌هایی همچون سوهو، تریس و استریو در ناحیه فرابنفش دور، در حدود ۲-۱ دقیقه و مدت دوره تناوب در نوسانات سریع در محدوده چند ثانیه تا چند دقیقه است. بدین ترتیب در هر دوره نوسان تعداد تصاویر کافی برای استخراج دقیق نوسانات سریع وجود ندارد. اما امروزه با پیشرفت تلسکوپ‌هایی همچون ای آی ای روی ماهواره اس دی او قادریم تصاویری با آهنگ زمانی ۱۲ ثانیه در ۱۰ طول موج مختلف از رویدادهای مختلف تاج خورشید دریافت نماییم، در نتیجه این ابزار پیشرفت بزرگی را در زمینه استخراج خصوصیات نوسانات سریع مهیا کرده است. همان طوری که به اختصار اشاره شد تا به حال کارهای مشاهداتی و نظری زیادی توسط افراد مختلف در زمینه نوسانات عرضی شکست و میرایی آنها صورت گرفته است. ولی کارهای مربوط به نحوه وابستگی مقادیر این کمیت‌های فیزیکی به بسامد محدود است. بدین جهت در این مقاله، با یک روش جدید، زمان میرایی و کیفیت میرایی نوسانات عرضی حلقه‌های تاج و وابستگی به بسامد این کمیت‌ها را با استفاده از تصاویر متوالی از حلقه‌های واقع شده روی ناحیه فعال در طول موج ۱۷۱ آنگستروم و با فاصله زمانی ۲۴ ثانیه و با بهره‌گیری از تجزیه و تحلیل فوریه مورد مطالعه و بررسی قرار می‌دهیم. این مقاله به صورت زیر مرتب شده است. در بخش ۲ مشخصات نواحی مشاهده شده توصیف شده است. در بخش ۳ روش تجزیه و تحلیل داده‌ها ارائه شده است. در بخش ۴ دوره نوسانات محاسبه شده است. در بخش ۵ زمان میرایی و کیفیت میرایی وابستگی آنها به بسامد محاسبه شده است و در بخش ۶ نتایج حاصل ارائه شده است.

تصاویر اولیه و خام هر تلسکوپ، دارای یک سری معیابی هستند که باید پیرایش شوند. تصاویر مورد استفاده ما تصاویر سطح ۱/۵ هستند که یک سری از معایب آنها از قبیل جریان تاریک، میدان تخت و خانه‌های (پیکسل‌های) غیر یکنواخت و داغ آن پیرایش شده‌اند همچنین با چرخش و انتقال، مرکز و محور دوران مشترک پیدا کرده‌اند. علاوه بر معایب مذکور،



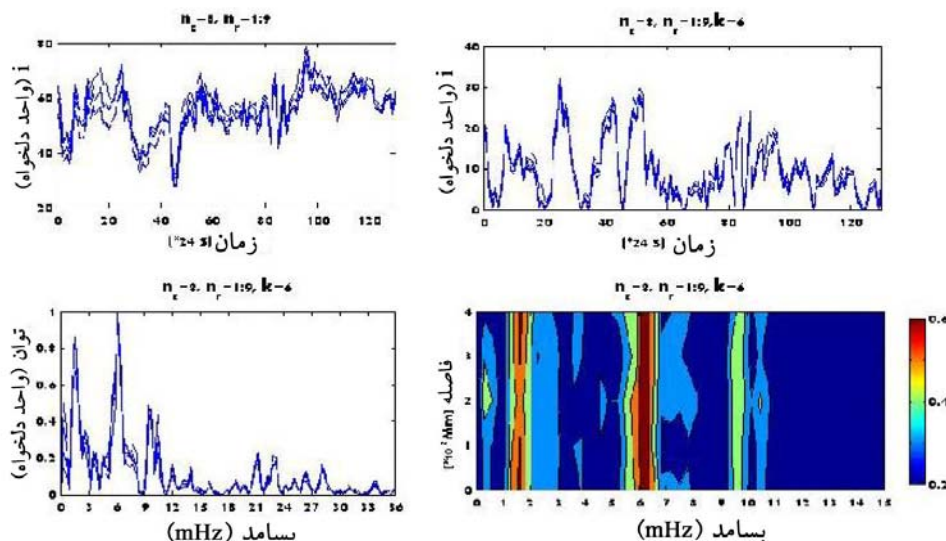
شکل ۱. (رنگی در نسخه الکترونیکی) در ردیف بالا یک نمونه از  $13^{\circ}$  تصویر متوالی در طول موج ۱۷۱ آنگستروم به صورت رنگی و سیاه سفید از حلقه مورد نظر که با پیکان قرمز رنگ مشخص شده است. در ردیف پایین همان تصویر بعد از اعمال صافی مد مکس (سمت چپ) و ناحیه تقسیم‌بندی شده به یاخته‌هایی به ابعاد تقریبی ۲ خانه در ۲ خانه که حلقه مورد نظر را در برگرفته، نشان داده شده است (سمت راست).

بخش‌های بعدی میانگین شدت در هر یک از یاخته‌های برای  $13^{\circ}$  تصویر متوالی با فاصله زمانی ۲۴ ثانیه استخراج و سپس با اعمال صافی کمینه اختلاف تصاویر متوالی و اعمال فیلتر گاوسی روی بسامدهای غالب کمیت‌های فیزیکی همچون دوره نوسانات، زمان میرایی و وابستگی آن به بسامد محاسبه می‌شوند.

#### ۴. دوره تناوب نوسانات

همان طوری که در بخش قبل توضیح داده شد، راستای عمود بر حلقه، مجدداً به زیر بخش‌هایی به ضخامت ۲ در ۲ خانه تقسیم شده و شدت میانگین در هر یک از این یاخته‌ها بر حسب زمان استخراج شد. با پیروی از اشواندن و همکارانش در

تشخیص لبه دشوار می‌شود. بدین منظور می‌بایست حلقه مورد نظر با اعمال صافی‌های همچون مد مکس حلقه‌ها نازک و تشخیص لبه‌ها بهتر و خطای محاسباتی کاهش یابد. لازم به ذکر است صافی مد مکس یک صافی خوب برای تشخیص لبه و کاهش نوفه تصاویر است که توسط کوچی و همکارانش در سال ۱۹۸۹، بر روی تصاویر حاصل از تلسکوپ ماهواره استریو اعمال شد [۴۴]. ما در اینجا از صافی مد مکس استفاده کردیم. برای نمونه شکل ۱ یک تصویر از حلقه مورد نظر را قبل و بعد از اعمال صافی مد مکس نشان می‌دهد. اگر به هر دلیلی حلقه نوسان عرضی بکند شدت در یاخته‌های واقع در قطاع‌های در امتداد شعاع و عمود بر راستای حلقه بر حسب زمان تغییر و نوسانات عرضی آشکار می‌شوند. بدین منظور ابتدا در



شکل ۲. (رنگی در نسخه الکترونیکی) تغییرات شدت میانگین بر حسب زمان (ردیف بالا سمت چپ)، تغییرات شدت بر حسب زمان بعد از اعمال صافی کمیته اختلاف تفاضلی (ردیف بالا سمت راست) و چگالی توان طیفی (ردیف پایین سمت چپ) و تصویر فضا- زمان چگالی‌های توان طیفی برای ستون هشتم و ردیف‌های ۱ تا ۹ برای طول موج ۱۷۱ آنگستروم نشان داده شده است.

### ۵. محاسبه زمان میرایی و وابستگی آن به بسامد

به منظور محاسبه طول میرایی و نحوه وابستگی آن به بسامد، ابتدا با استفاده از چگالی توان طیفی ضرایب تبدیل فوریه بسامدهای غالب معین می‌شوند. سپس ضرایب فوریه در یک فیلتر گاوسی به صورت زیر

$$a'_i = \sum_{j=1}^N a_j \exp \left[ -\frac{(v_i - v_j)^2}{2\sigma^2} \right], \quad (2)$$

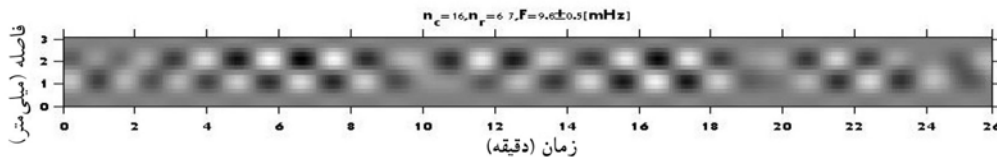
ضرب می‌شوند که در آن  $v_i$  و  $v_j$  به ترتیب بسامد هماهنگ  $i$  و  $j$  همچنین  $a_j$  و  $a'_i$  به ترتیب ضرایب فوریه قبل و بعد از اعمال فیلتر گاوسی،  $N$  تعداد کل ضرایب و  $\sigma^2$  واریانس می‌باشند. ضرایب بسامدهای تبدیل فوریه در محدوده  $۱/۶۲ \pm ۰/۵$ ،  $۶/۲ \pm ۰/۵$  و  $۹/۸ \pm ۰/۵$  میلی‌هرتز انتخاب و بعد از اعمال فیلتر، دوباره با عکس تبدیل فوریه تصاویر برگرانده شدند و شدت‌ها مطابق روش قبل در هر یک از زیربخش‌ها محاسبه و بر حسب زمان رسم شد. برای نمونه در شکل ۳ نمودار فضا- زمان شدت فیلتر شده در یاخته شماره (۶ و ۸) از ناحیه شطرنجی شده شکل ۱ در بسامد غالب  $۹/۸ \pm ۰/۵$  نشان

سال ۲۰۱۱ فرهنگ و صفری در سال ۱۳۹۲ یک شدت زمینه به صورت زیر

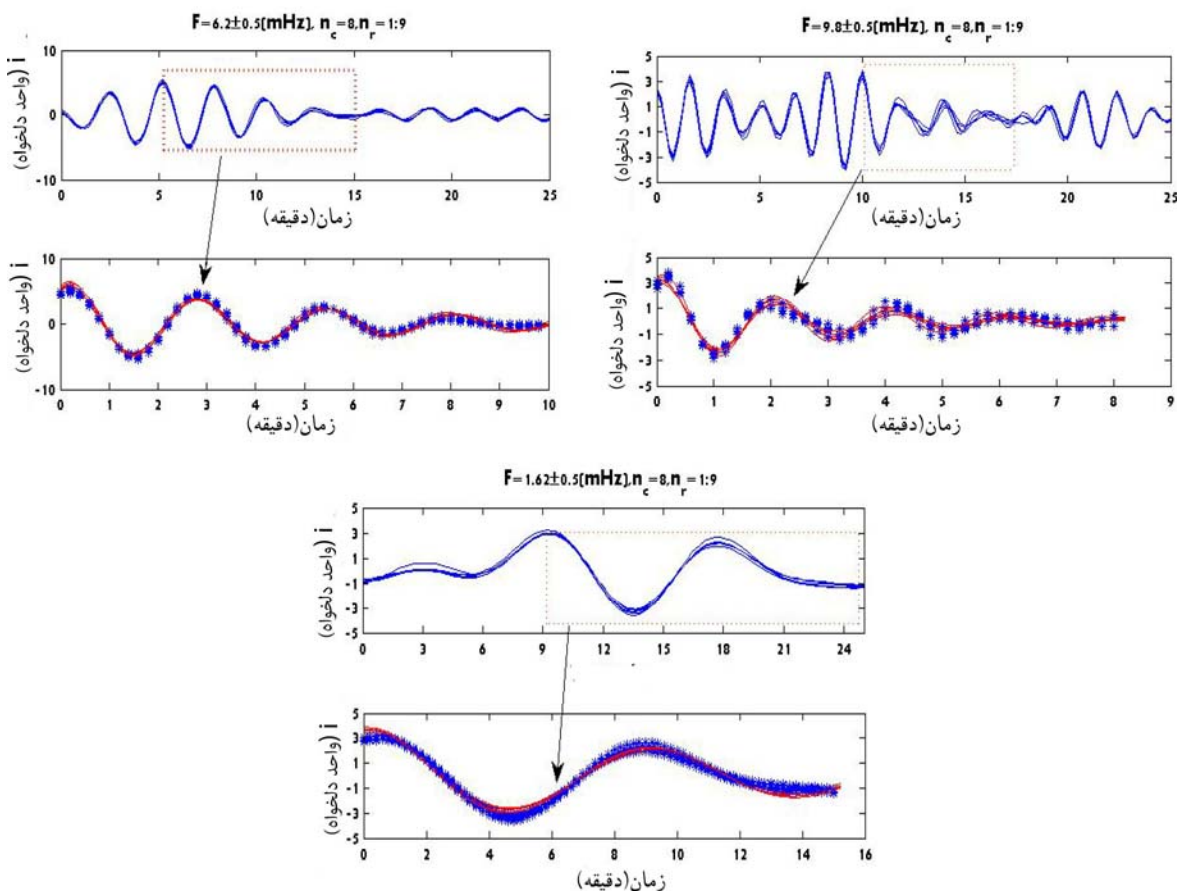
$$I_b(s, t_n) = \min [I(s, t_{n-K}) + \dots + I(s, t_{n+K})] \quad (1)$$

از آنها کسر شد [۳۶ و ۴۵]. در اینجا  $K$  تعداد تصاویر انتخابی،  $s$  و  $t_n$  به ترتیب سری زمانی تصویر و موقعیت مکانی یاخته مورد نظر روی ناحیه شطرنجی شده تصویر را نشان می‌دهد (مثلاً  $t_1, \dots, t_n$  به ترتیب نشان‌دهنده زمان تصویر اول، دوم و ... است).

برای نمونه در شکل ۲ تغییرات شدت میانگین بر حسب زمان (ردیف بالا سمت چپ)، تغییرات شدت بعد از کسر شدت زمینه (ردیف بالا سمت راست)  $(i(s, t_n) = I(s, t_n) - I_b, K = 6)$  رسم شده است. همچنین در سمت چپ ردیف پایین چگالی توان طیفی بهنجار شدت‌ها و در سمت راست نمودار فضا- زمان چگالی توان طیفی ستون هشتم و ردیف‌های ۱ تا ۹ برای  $۱۳۰$  تصویر متوالی نمایش داده شده است. چگالی توان طیفی و نقشه چگالی توان طیفی نشان می‌دهند که بسامد نوسانات محدود  $۰/۵$  تا  $۳۶$  میلی‌هرتز یا به طور معادل، دوره نوسانات بین  $۳۰$  ثانیه تا حدود  $۳۳$  دقیقه قرار دارند که بسامدهای  $۱/۶۲$ ،  $۶/۲$  و  $۹/۸$  میلی‌هرتز نوسانات غالب هستند.



شکل ۳. تصویر فضا- زمان تغییرات شدت فیلتر شده بعد از اعمال صافی کمینه اختلاف تصاویر متوالی فیلتر در بسامد ۹٫۸ میلی هرتز در یاخته (۶ و ۸) که نوسانات عرضی آن به وضوح دیده می شود.



شکل ۴. (رنگی در نسخه الکترونیکی) تغییرات شدت بر حسب زمان بعد از اعمال صافی کمینه تصاویر متوالی، در بسامدهای غالب ۱٫۶۲ میلی هرتز (ردیف اول سمت چپ)، ۶٫۲ میلی هرتز (ردیف بالا وسط) و بسامد ۹٫۸ میلی هرتز (ردیف بالا سمت راست) برای ستون ۸ و ردیف های ۱ تا ۹ که رفتار نوسانی میرایی آنها مشهود است، نشان داده شده است همچنین در ردیف پایین به همین شدت ها که یک تابع سینوسی میرا (خطوط قرمز رنگ) برازش شده، نشان داده شده است.

هشتم برای بسامدهای غالب رسم شده است که خاصیت نوسانی میرایی آنها به وضوح مشهود است. به منظور برآورد زمان میرایی و وابستگی آن به بسامد، به نمودار شدت های نوسانی فیلتر شده در هر یک یاخته ها بر حسب زمان، یک تابع

داده شده است. از شکل ۳ به وضوح دیده می شود که حلقه در امتداد ستون مورد نظر حرکت و نوسان عرضی می کند. برای نمونه در شکل ۴، نمودارهای تغییرات شدت فیلتر شده بر حسب زمان برای یاخته های ردیف های ۱ تا ۹ ستون

جدول ۱. نتایج حاصل از برازش یک تابع سینوسی میرا به شدت‌های نوسانی در هر یک از ۱۴۴ یاخته ناحیه شطرنجی شده شکل ۱ در بسامدهای نوسانی غالب.

کمیت فیزیکی F(mHz) بسامد(میلی هرتز)	A(arbitrary units) دامنه نوسان			$\tau_a$ (min) زمان میرایی		P(min) دوره تناوب		$\tau_a/p$ کیفیت میرایی		
	کمینه	بیشینه	متوسط	کمینه	متوسط	کمینه	بیشینه	متوسط	متوسط	
$F_1=1,61$	۳,۴۱	۴,۰۱	۳,۷۴	۱۴,۳۱	۱۷,۲۳	۱۵,۸۹	۸,۸۱	۹,۲۴	۹,۱۰	۱,۷۶
$F_2=6,23$	۵,۷۱	۶,۷۲	۶,۲۵	۴,۷۱	۵,۸۰	۴,۸۷	۲,۵۸	۲,۶۹	۲,۶۶	۱,۸۳
$F_3=9,83$	۳,۰۸	۳,۸۲	۳,۴۳	۲,۰۷	۳,۵۸	۳,۴۵	۱,۹۴	۲,۱۵	۲,۰۱	۱,۷۲

بسامد مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور ناحیه‌ای از ۱۳۰ تصویر متوالی در برگیرنده حلقه تاج در طول موج ۱۷۱ آنگستروم به ۱۴۴ یاخته به ابعاد ۲ در ۲ خانه تقسیم شدند. شدت در هر یک از این یاخته‌ها محاسبه و بعد از کسر شدت زمینه با استفاده از کمینه اختلاف تفاضلی شدت بر حسب زمان در هر یک از یاخته‌ها به دست آمد. ابتدا با اعمال تبدیل فوریه روی سری‌های زمانی شدت، دوره نوسانات حلقه از روی چگالی توان طیفی این ضرایب مشخص شدند. سپس با اعمال فیلتر گاوسی نمودارهای فضا-زمان شدت‌های یاخته‌ها رسم و نوسانات عرضی آشکار شدند. در نهایت به سری‌های زمانی شدت‌های فیلتر شده در هر یک از یاخته‌ها یک تابع سینوسی میرا برازش و زمان میرایی آنها پیدا شدند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که:

۱. تغییرات شدت‌های فیلتر شده بر حسب زمان در یاخته‌های واقع در ستون‌های در راستای شعاع دوایر دربرگیرنده حلقه نشان‌دهنده حرکت عرضی نوسانات است.
۲. از چگالی توان طیفی شدت‌ها محدوده دوره نوسانات از ۳۰ ثانیه تا ۳۳ دقیقه و دوره نوسانات غالب ۱,۰۳۵، ۲,۶۷ و ۱,۷۱ دقیقه به دست می‌آید.
۳. متوسط زمان میرایی برای ۳,۴۵، ۴,۸۷ و ۱۸,۸۹ به ترتیب برای بسامدهای غالب ۱,۶۱، ۶,۶۲ و ۱۰,۳۱ میلی‌هرتز است که نشان می‌دهد با افزایش بسامد زمان میرایی نوسانات کاهش می‌یابد.
۴. نسبت زمان میرایی به دوره متناظر به ترتیب ۱,۷۶، ۱,۸۳ و

سینوسی میرا به صورت زیر برازش شد.

$$i(t) = A \exp(-\gamma t) \sin(\omega t - \varphi), \quad (3)$$

در اینجا آن  $A$  دامنه و  $B$  ثابت دلخواه و  $\gamma$  ضریب میرایی و عکس آن نشان دهنده زمان میرایی نوسانات است. در ردیف پایین شکل ۴ شدت‌های نوسانی با علامت ستاره نشان داده شده و خطوط قرمز رنگ تابع برازش شده بر داده‌ها را نشان می‌دهند.

محدوده و مقدار متوسط کمیت‌های فیزیکی همچون دوره نوسانات، زمان میرایی و کیفیت میرایی (نسبت زمان میرایی به دوره نوسانات) برای تمام ۱۴۴ یاخته‌های ناحیه شطرنجی شده در جدول ۱ نوشته شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهند که دوره تناوب نوسانات در محدوده ۲ تا ۹ دقیقه است. همچنین مقدار زمان میرایی و کیفیت میرایی شدت‌های فیلتر شده در بسامدهای غالب به ترتیب در محدوده ۱۴-۲ دقیقه و ۱,۸۳-۱,۷۲ به دست آمدند. از آنجایی که مقادیر کیفیت میرایی کوچکتر از دو است معلوم می‌شود میرایی نوسانات قوی است. علاوه بر این نتایج مشاهداتی حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد زمان میرایی و با افزایش دوره تناوب نوسانات افزایش می‌یابند و تابع حساسی نسبت به دوره‌های نوسانی هستند اما کمیت کیفیت میرایی تابع حساسی نسبت به دوره نوسانات نیستند.

## ۶. نتیجه‌گیری

در این مقاله، نحوه استخراج نوسانات عرضی شکست از حلقه‌های واقع در ناحیه فعال، برآورد کمیت‌های فیزیکی مثل، دوره تناوب، زمان میرایی، کیفیت میرایی و وابستگی آنها به

- همکارانش در ۲۰۰۲ [۸]، وانگ و سولانکی در ۲۰۰۴ [۴۸]، ورویخت و همکارانش در ۲۰۰۴ [۱۵]، واندر سولاری و همکارانش در ۲۰۰۷ [۴۹]، صفری و همکارانش در ۱۳۹۳ [۱۷].
۶. نتیجه کلی زمان میرایی نوسانات عرضی حلقه‌های تاج تابع حساسی نسبت به بسامد است در صورتی که کیفیت میرایی تابع حساسی از بسامد نوسانات نیست.
- ۱،۷۲ به ترتیب برای بسامدهای غالب ۱،۶۱، ۶،۶۲ و ۱۰،۳۱ میلی‌هرتز است که نشان می‌دهد میرایی نوسانات قوی است. ۵. مقادیر به دست آمده برای دوره تناوب و زمان میرایی و کیفیت میرایی در این مقاله توافق خوبی مدل‌های نظری و یافته‌های افراد قبلی برای نوسانات عرضی شکست دارد، برای مثال مراجعه شود به ناکاریاکوف و همکاران در ۱۹۹۹ [۷]، اشواندن و همکارانش در ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ [۴۶ و ۴۷]، وانگ و

## مراجع

- Briceño, *Solar Phys.* **252** (2008) 305.
21. M S Marsh, R W Walsh, and S Plunkett, *Astrophysical Journal* **697** (2009) 1674.
  22. T J Wang, *Space Sci. Rev.* **158** (2011) 397.
  23. A Abedini, and H Safari, *New Astronomy* **16** (2011) 317.
  24. D Yuan, and V M Nakariakov, *Astron. Astrophys.* **543** (2012) A9.
  25. A Abedini, H Safari, and S Nasiri, *Solar Phys.* **280** (2012) 137A.
  26. S Krishna Prasad, D Banerjee, and T Van Doorselaere, *Astrophysical Journal* **789** (2014) 118.
  27. A Abedini, *Astrophysics and Space Science* **361** (2016) 133.
۲۸. ع. عابدینی و ت بحرینی نژاد، *مجله پژوهشی فیزیک ایران* **۱۴**، ۱ (۱۳۹۳) ۱۰۷.
28. A Abedini and T Bahreinejad, *Iranian Journal of Physics Research.* **14**, 1 (2014) 107.
  29. M Goossens, J Andries, and M J Aschwanden, *Astron. Astrophys.* **394** (2002) L39.
  30. H Safari, S Nasiri, K Karami, and Y Sobouti, *Astron. Astrophys.* **448** (2006) 375.
  31. H Safari, S Nasiri, and Y Sobouti, "Fast Kink Modes of Longitudinally Stratified Coronal Loops", *Astronomy & Astrophysics* **470** (2007) 1111.
  32. K Karami and A Asvar, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **381** (2007) 97.
  33. J Andries, T Van Doorselaere, B Roberts, G Verth, E, Verwichte, and R Erdélyi, *Space Sci. Rev.* **149** (2009) 3.
  34. K Karami and K Bahari, *Astrophysical Journal* **757** (2010) 186.
  35. N Fathalian and H Safari, *Astrophysical Journal* **724** (2010) 411.
  36. M J Aschwanden and J Schrijver, *Astrophysical Journal* **736** (2011) 102.
  37. H Ebadi, T V Zaqarashvili, and I Zhelyazkov, *Astrophysics and Space Science* **33** (2011) 337.
  38. H Ebadi, M Hosseinpour, and Z Fazel, *Astrophysics and Space Science* **245** (2013) 225.
۳۹. س نصیری قیداری و ل یوسفی، *مجله پژوهشی فیزیک ایران* **۱۴**، ۱ (۱۳۹۳) ۶۵.
1. B J Thompson, S P Plunkett, J B Gurman, J S Newmark, O C St. Cyr, and D J Michels, *Geophys. Res. Lett.* **25** (1998) 2465.
  2. L Ofman, M Romoli, G Poletto, G Noci, and J K Kohl, *Astrophysical Journal* **491** (1997) L111.
  3. C E DeForest and J B Gurman, *Astrophysical Journal* **501** (1998), L217.
  4. D Berghmans and F Clette, *Solar Phys.* **186** (1999) 207.
  5. I De Moortel, A W Hood, J Ireland, and R W Walsh, *Solar Phys.* **209** (2002) 89.
  6. M J Aschwanden, L Fletcher, C Schrijver, and D Alexander, *Astrophysical Journal* **520** (1999) 880.
  7. V M Nakariakov, L Ofman, E DeLuca, B Roberts, and J M Davila, *Science* **285** (1999) 862.
  8. T J Wang, S K Solanki, W Curdt, D E Innes, and I E Dammasch, *Astrophysical Journal* **574** (2002) L101.
  9. B Kliem, I E Dammasch, W Curdt, and K Wilhelm, *Astrophysical Journal* **568** (2002) L61.
  10. B Roberts, P M Edwin, and A O Benz, *Astrophysical Journal* **279** (1984) 857.
  11. V F Melnikov, K Shibasaki, and V E Reznikova, *Astrophysical Journal* **580** (2002) L185.
  12. M J Aschwanden, V M Nakariakov, and V F Melnikov, *Astrophysical Journal* **600** (2004) 458.
  13. R J Morton, R Erdelyi, D B Jess, and M Mathioudakis, *Astrophysical Journal* **728** (2011) L18.
  14. D R Williams *et al.*, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **326** (2001) 428.
  15. E Verwichte, V M Nakariakov, L Ofman, and E E DeLuca, *Solar Phys.* **223** (2004) 77.
  16. M J Aschwanden, *Solar Phys.* **262** (2010) 399.
۱۷. س تاران، ح صفری، و ن فرهنگ، *مجله پژوهشی فیزیک ایران* **۱۴**، ۱ (۱۳۹۳) ۶۵.
17. S Taran, H Safari, and N Farhang, *Iranian Journal of Physics Research.* **14**, 1 (2014) 65.
  18. L Ofman, V M Nakariakov, and C E Deforest, *Astrophysical Journal* **514** (1999) 441.
  19. L Di G Sigalotti, C A Mendoza-Briceño, and M Luna-Cardozo, *Solar Phys.* **246** (2007) 187.
  20. R Erdélyi, M Luna-Cardozo, and C A Mendoza-



۴۵. ن فرهنگ، «آشکارسازی امواج سریع و آرام

مغناطوهیدرودینامیکی از تصاویر فرابنفش دور تاج

خورشید»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان

(۱۳۹۲).

46. M j Aschwanden, B De Pontieu, C J Schrijver, and A M Title, *Solar Phys.* **206** (2002) 99.

47. M J Aschwanden, R Nightingale, J Andries, M Goossens, and T Van Doorselaere, *Astrophysical Journal* **598** (2003) 1375.

48. T J Wang and S K Solanki, *Astron. Astrophys.* **421** (2004) L33.

49. T Van Doorselaere, V Nakariakov, and E Verwichte, *Astron. Astrophys.* **473** (2007) 959.

ایران ۵، ۳ (۱۳۸۴) ۱۴۵.

39. S Nasiri and L Yousefi, *Iranian Journal of Physics Research* **5**, 3 (2005) 145.

40. Z Ebrahimi and K Karami, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **462** (2016) 1002E.

41. M Barin and K Karami, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **394** (2009) 521K.

42. I C Rae and B Roberts, *Astrophysical Journal* **256** (1982) 761.

43. J Terradas, R Oliver, and J L Ballester, *Astrophysical Journal* **618** (2005) L149.

44. O koutchmy and S koutchmy, "Optimum Filter and Frame Integration-Application to Granulation Pictures", Proceeding of 10 th NSO/SPO workshop "High Spatial Resolution Solar Obs." (1989) 271.