

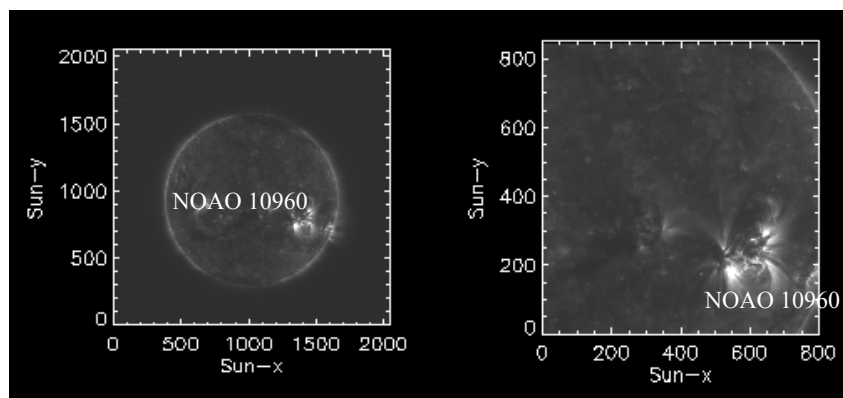
m\_sadeghi@znu.ac.ir :

(دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۷/۹؛ دریافت نسخه نهایی: ۱۳۹۱/۳/۱۷)

$$\left( \frac{dN}{dE} \right) \propto \left( \frac{dN}{dE} \right) \left( \frac{dN}{dE} \right) / /$$

انرژی به کار برده می شود [۳ و ۴]. هودسون، نشان داد که تابع توزیع انرژی شراره ها و نانو شراره ها از قانون توانی  $(dN/dE)^{-\alpha}$  پیروی می کنند، که نمای  $\alpha$  یک پارامتر بحرانی برای انرژی کل می باشد. با روش برون یابی از توزیع انرژی نانوشراره ها، مقادیر بزرگتر از ۲ برای نمای نانو شراره ها محاسبه شده است [۵ و ۶]. اشنواندن با استفاده از مشاهدات تریس (تصاویر چند دمایی از نواحی فعال) نشان داد که گرمایش نانوشراره ها فقط زمانی ممکن است که در ناحیه گذار یا رنگین سپهر اتفاق بیافتد، که در طول خطوط میدان مغناطیسی حلقه های همدمای تاج خورشید تولید می شوند [۷]. محدوده انرژی نانوشراره های منفرد کوچک و عمر آنها کم بوده و امکان آشکارسازی مستقیم وجود ندارد و

معمای گرمایش تاج خورشید برای بیش از ۵۰ سال گذشته مورد بحث محققان فیزیک بوده است. اجماع کلی در مورد گرمایش تاج توسط میدان مغناطیسی از نتایج پژوهش های اخیر می باشد. سوال مهم، تعیین ساز و کار گرمایش و سهم هر کدام از روش ها در گرمایش می باشد. در این راستا، نقش رویدادهای کوچک مقیاس ناشی از باز اتصالی در گرمایش تاج دارای اهمیت خاصی می باشند [۱]. ویببور و همکاران نشان دادند که برای گرمایش میلیون درجه ای تاج یک شار انرژی از مرتبه  $10^6$  ارگ بر سانتیمتر مربع بر ثانیه لازم است [۲]. پارکر ایده رویدادهای کوچک مقیاس لوین را توسعه داد و آنها را نانوشراره ها نامید. عنوان نانو برای مقیاس نانو در



شکل ۱. چپ: تصویر قرص کامل خورشید روز ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ (ساعت ۰۸:۱۰:۰۰) در طول موج ۱۷۱ آنگستروم. راست: ناحیه مورد مطالعه در این مقاله.

ابزاری سچی<sup>۴</sup> که روی هر کدام از جفت ماهواره‌ها قرار دارد، شامل تصویر بردار فرابنفش دور و دو تاج نگار نور سفید و یک تصویر بردار هورسپهری است [۱۲]. تصاویر فرابنفش دور دارای ابعاد  $2048 \times 2048$  خانه با توان تفکیک فضایی  $0/3$  ثانیه قوسی و گام‌های زمانی  $150$  ثانیه در محدوده طول موجی  $304-171$  آنگستروم می‌باشد. تابع پاسخ دمایی از  $0/1$  تا  $20$  مگا کلوین را شامل می‌شود [۱۳]. عملیات پیش پردازش تصاویر فرابنفش دور روزهای ۱۱ و ۱۲ ژوئن ۲۰۰۷ در مراحل زیر انجام می‌شود:

۱. تصحیحات خطاهای ابزاری از جمله flatfield و current dark توسط بسته نرم افزاری SSW<sup>۵</sup> تحت نرم افزار IDL انجام می‌شود.
۲. خورشید دارای چرخش دیفرانسیلی می‌باشد. از مختصات خورشید نگاشت با تابع derot.pro از بسته ابزاری SSW برای تطبیق مختصات تصاویر نسبت به اولین تصویر ثبت شده از روز مورد نظر انجام می‌شوند (برای جزئیات بیشتر به [۱۴] مراجعه شود).

ناحیه‌های  $700 \times 800$  خانه از هر  $573$  تصویر قرص کامل برای ایجاد منحنی نوری استفاده می‌شوند (شکل ۱). بازه زمانی تصاویر از  $00:00:00$  تا  $23:59:00$  با بازه زمانی  $150$  ثانیه می‌باشد که مجموعاً  $573$  تصویر قرص کامل خورشید در طول موج  $171$  آنگستروم ثبت شده است. بدین منظور، پنجره‌های

به صورت افست و خیزهای کوچک (همانند چشمک زنها) در سرتاسر زمینه تاج خورشید مشاهده می‌شوند. بازرگان و همکاران و تاج فیروزه و صفری با استفاده از یک روش شبیه‌سازی نانوشراره‌ای و کاربست شبکه‌های عصبی مصنوعی داده‌های مشاهداتی را تحلیل نموده‌اند [۸ و ۹]. در اینجا، توزیع فراوانی انرژی نانو شراره‌ها و مطالعه آماری پارامترها از تابش‌های تصاویر فرابنفش دور استریو<sup>۱</sup> پرداخته می‌شود. داده‌ها با استفاده از ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک طبقه بندی می‌شوند.

این مقاله به صورت زیر بخش بندی می‌شود: در بخش ۲، پیش پردازش و تطبیق داده‌ها انجام می‌گیرد. در بخش ۳، شبیه‌سازی نانوشراره‌ای معرفی شده است. در بخش ۴، روش‌های الگوریتم ژنتیک<sup>۲</sup> و ماشین بردار پشتیبان<sup>۳</sup> توضیح داده شده است. در بخش ۵، نتایج و جمع بندی آورده شده است.

جفت ماهواره استریو با هدف تهیه تصاویر سه بعدی از خورشید در سال ۲۰۰۶ به فضا پرتاب شده است [۱۰ و ۱۱]. یکی در جلوی مدار زمین (پوشش نواحی غرب خورشید) و دیگری عقبتر از زمین به دور خورشید (پوشش نواحی شرقی خورشید) حرکت می‌کنند. بسته

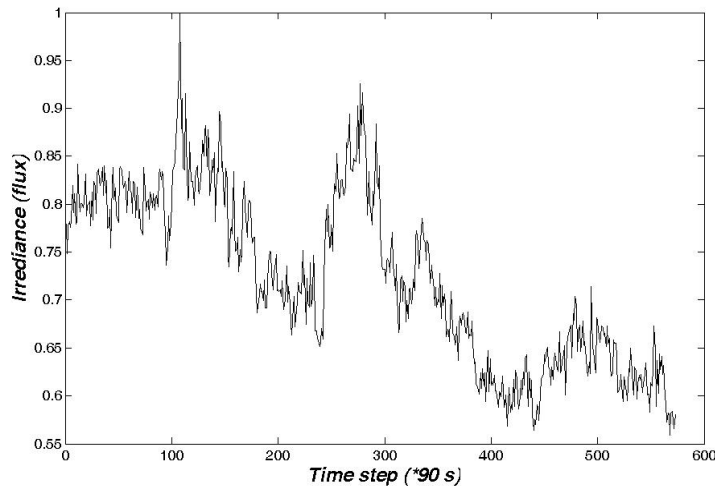
۱. STEREO (Solar TERrestrial RELations Observator)

۲. Genetic algorithm

۳. Support vector machine

۴. Sechii

۵. Solar software



شکل ۲. یک نمونه از منحنی نوری ساخته شده از داده‌های ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ با متوسط گیری روی خانه‌های  $9 \times 9$  از  $573$  تصویر متوالی فرابنفش دور استریو.

آهنگ شراره‌ای ساخته می‌شود. دامنه تابش‌ها را به صورت یک متغیر تصادفی وابسته به زمان و شبیه یک روند مارکوفی در نظر می‌گیریم. در یک روند مارکوفی مقدار یک متغیر تصادفی در یک زمان به مقدار آن در زمان ما قبل بستگی دارد [۱۵].

شکل ۳، یک منحنی نوری ایجاد شده به وسیله شبیه‌سازی نشان داده شده است. با توجه به طول منحنی نوری مشاهداتی فرابنفش دور از داده‌های سچی تعداد گام‌های زمانی منحنی نوری شبیه سازی شده به تعداد  $573$  نقطه داده در نظر گرفته شده است. هر منحنی نوری شبیه‌سازی شده دارای پارامترهای کلیدی ویژه به خود می‌باشد. در مجموع،  $5967$  منحنی نوری شبیه‌سازی شده با محدوده پارامترهای نما در قانون توانی  $3 < \alpha < 1/4$ ، با گام‌های  $0/1$ ، زمان شراره‌ای نانو شراره‌ها  $40 < \tau < 2$  با گام‌های  $1$  و احتمال فراوانی نانوشراره‌های  $9/0 < \rho_f < 0/1$ ، با گام‌های  $0/1$  ایجاد می‌شوند. در ادامه با استفاده از الگوریتم ژنتیک تعداد نقطه‌های داده‌ها را برای بالا بردن سرعت محاسبات با حذف متغیرهای ناکاراز از  $573$  به  $20$  نقطه داده کاهش می‌دهیم. این  $20$  نقطه داده توسط الگوریتم ژنتیک محاسبه می‌شوند، که آزمون‌های آماری (متوسط، میانه، انحراف معیار، کورتوسیس، کجی و ممان‌های مرتبه بالا) سری‌های زمانی اصلی و خروجی الگوریتم کمترین اختلاف از هم را داشته باشند. البته طول  $20$  نقطه داده برای طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان بسیار مناسب می‌باشد. سپس هر

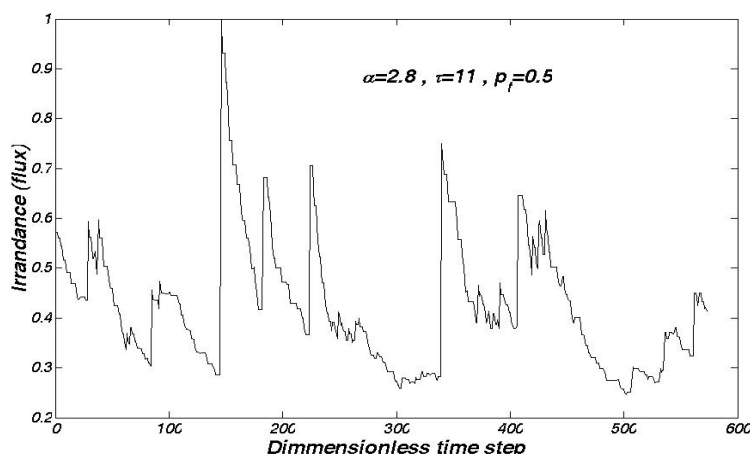
$3 \times 3$ ،  $5 \times 5$ ،  $7 \times 7$  و  $9 \times 9$  خانه‌ای با متوسط گیری مکانی روی شدت‌های این نواحی در زمان‌های متوالی می‌سازیم.

در شکل ۲ یک نمونه از منحنی‌های نوری از نواحی پنجره‌ای کوچک ( $9 \times 9$ ) انتخاب شده‌اند. پالون و همکاران [۱۵] و صفری و همکاران [۱۶] نشان داده‌اند که بهترین تابع توزیع تابش‌های مشاهداتی به صورت لوگنرمال می‌باشد. در واقع چنین توزیعی که بیشینه توزیع به سمت مجموع شدت‌های کوچک است، مؤید یک فرایند تصادفی حاصل‌ضربی مارکوفی برای مجموع شدت‌ها می‌باشد [۸، ۹ و ۱۴].

بدین ترتیب در اینجا از یک الگوی شبیه سازی تصادفی استفاده می‌شود.

پارامترهای مربوطه به نانو شراره‌ها (نما در قانون توانی و زمان شراره‌ای) با توجه به عمر کم و کوچک مقیاس بودن آنها به طور مستقیم داده‌های خورشیدی قابل اندازه‌گیری نمی‌باشند. یکی از روش‌هایی که جدیداً ایجاد شده استفاده از شبیه سازی تابش‌های نانو شراره‌ای و مقایسه و طبقه بندی تابش‌های تاجی از این مقایسه می‌باشد [۸ و ۱۶].

نانوشراره‌ها ذاتاً خاصیت تصادفی دارند [۱۵]. الگوی تابش‌های نانوشراره‌ای با سه پارامتر کلیدی نما در قانون توانی، زمان شراره‌ای (شامل مجموع زمان رشد و زمان میرایی) و



شکل ۳. منحنی نوری شبیه سازی شده با پارامترهای  $\alpha = 2/8$ ،  $\tau = 11$ ،  $\rho_f = 0/5$ .

طبق یک الگو کد گذاری می‌شوند که تابع شایستگی نام دارد [۱۷ و ۱۸]. در ادامه، نقطه داده‌های منحنی‌های نوری با تکیه بر الگوریتم ژنتیک کاهش داده می‌شوند. مراحل انجام این کار به صورت زیر است:

الف) آزمون‌های آماری (مجموع، بیشینه، کمینه، انحراف معیار، کجی، کشیدگی و پارامترهای شکل و میانه مربوط به برازش تابع توزیع لوگنرمال) تمامی منحنی‌های نوری محاسبه می‌شوند و به عنوان فضای ویژگی منحنی‌های نوری به الگوریتم ژنتیک معرفی می‌شوند.

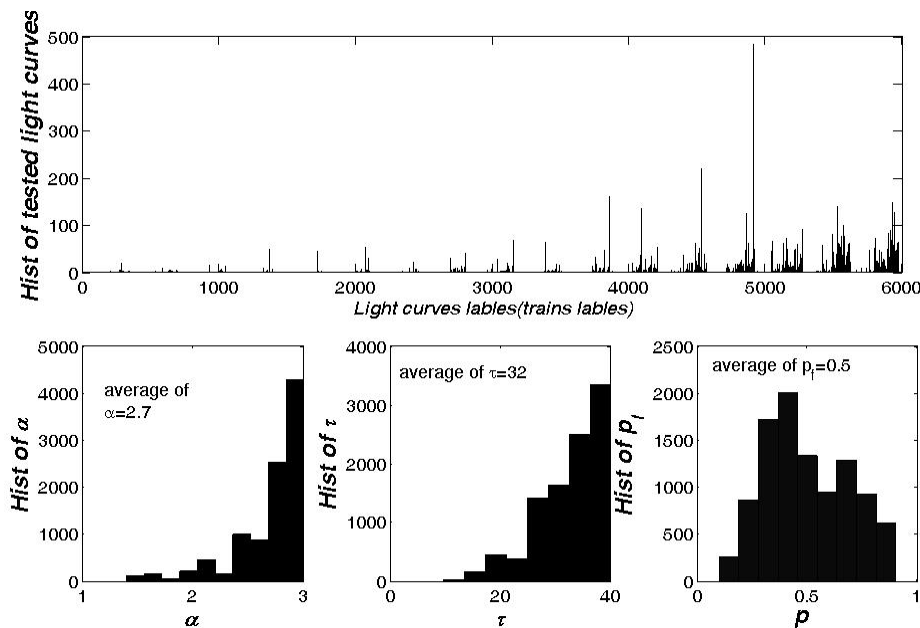
ب) از آزمون رگرسیون در الگوریتم ژنتیک برای استخراج ۲۰ نقطه داده از منحنی‌های نوری با طول ۵۷۳ نقطه داده استفاده می‌شود. بدین منظور این آزمون متغیرهای را که بیشترین همبستگی را با فضای ویژگی مرحله (الف) دارند، انتخاب می‌کند.

منحنی‌های نوری شبیه‌سازی شده کاهش یافته به شبکه ماشین بردار پشتیبان به عنوان کلاس‌های آموزشی معرفی می‌شوند. ماشین بردار به عنوان ابزار طبقه بندی و دسته بندی شناخته می‌شود و در اصل یک روش طبقه بندی دو کلاسه بوده و به طبقه بندی داده‌های چند کلاسه توسعه پیدا کرده است [۱۹].

برای انجام مراحل فوق از بسته نرم افزاری الگوریتم ژنتیک (genpls) و ماشین بردار پشتیبان (Issvm) در محیط نرم‌افزار مطلب که دارای کامپایلرهای فرترن و C می‌باشد، استفاده شده است.

کدام از منحنی‌های نوری شبیه سازی شده و کاهش یافته به عنوان یک کلاس داده مجزا برچسب می‌خورد و به ماشین بردار پشتیبان آموزش داده می‌شوند.

در این بخش، الگوریتم ژنتیک و ماشین بردار پشتیبان برای استخراج پارامترهای نانوشراوه‌ها ارائه می‌شوند. با استفاده از الگوریتم ژنتیک برای افزایش سرعت پردازش و آماده سازی برای شبکه ماشین بردار پشتیبان که به عنوان یک دسته بندی کننده عمل می‌کند تعداد نقطه‌های داده‌های منحنی نوری را کاهش می‌دهیم. بسته نرم افزاری شبکه ماشین بردار پشتیبان با داده‌های به طول ۲۰، در زمان کمتر از یک روز برای ۱۰۰۰۰ منحنی نوری مشاهداتی، بسیار مناسب اجرا می‌شود. بدین منظور منحنی‌های نوری مشاهداتی با طول ۵۷۳ نقطه داده به ۲۰ نقطه داده کاهش می‌یابند. الگوریتم ژنتیک یک جمعیت اولیه تصادفی ایجاد می‌کند، اعضا در برابر مجموعه‌ای از آزمون‌ها مورد سنجش قرار می‌گیرند و مناسبترین‌ها باقی می‌مانند و بقیه کنار گذاشته می‌شوند. مناسبترین اعضا با هم تلفیق و جهش انجام می‌دهند. بدین ترتیب از میان تعداد زیادی از نسل‌ها الگوریتم به سمت ایجاد جمعیت‌های بهینه میل می‌کند. در واقع، الگوریتم ژنتیک یک روش برنامه نویسی است که از تکامل ژنتیکی به عنوان یک الگوی حل مسئله استفاده می‌کند. راه‌های تکامل



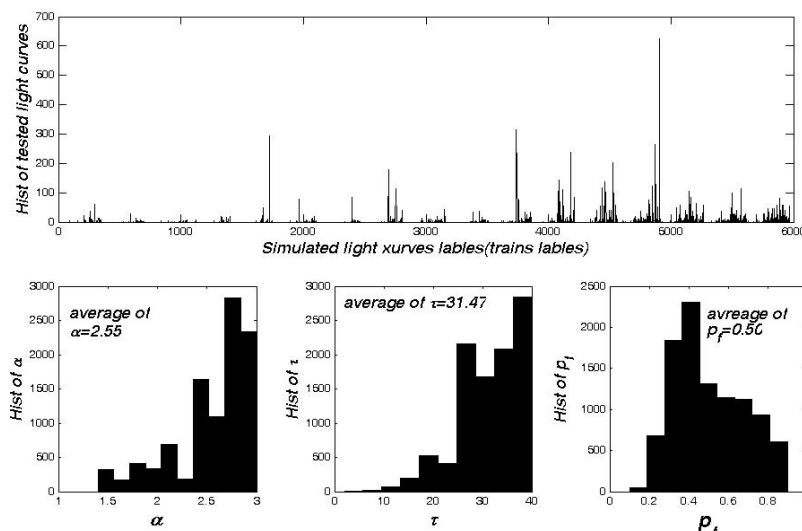
شکل ۴. توزیع فراوانی برچسب‌های خروجی شبکه بردار پشتیبان از داده‌های روز ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ ناحیه شکل ۱، با متوسط‌گیری روی خانه‌های  $9 \times 9$ .

شبکه ماشین بردار پشتیبان داده می‌شوند. این طبقه بندی کننده، برای هر منحنی نوری آزمایشی یک برچسب به عنوان خروجی نتیجه می‌دهد. کلیه برچسب‌ها از ۱ تا ۵۹۶۷ می‌باشند. مطالعات آماری برچسب‌ها برای استخراج پارامترهای نانوشرارهای استفاده می‌شوند. نتایج به‌طور خلاصه به صورت زیر می‌باشد:

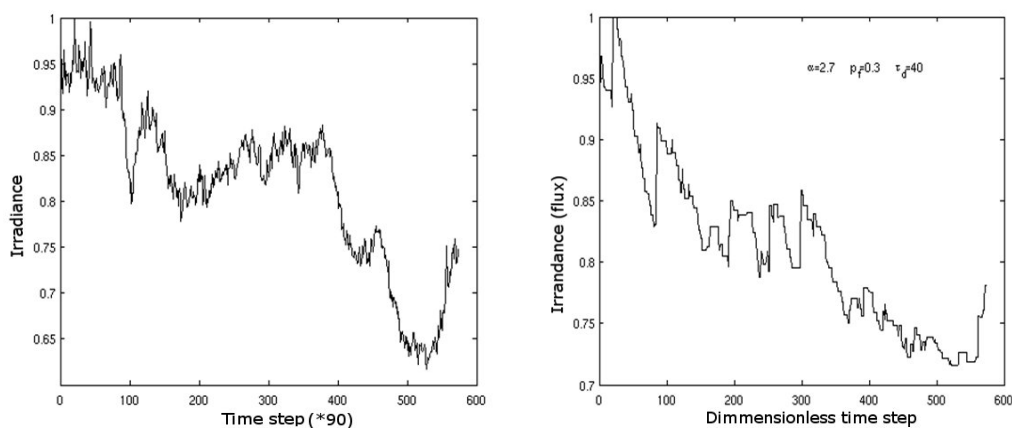
توزیع فراوانی برچسب‌های خروجی برای منحنی‌های نوری با متوسط‌گیری روی پنجره‌های  $3 \times 3$ ،  $7 \times 7$  و  $9 \times 9$  در شکل‌های ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها، نما در قانون توانی متناظر با منحنی‌های نوری مشاهداتی عمدتاً در  $\alpha$  های بزرگ یافت شده است و مقدار متوسط در بازه  $[2/5-2/7]$  با انحراف معیار در بازه  $[0/47-0/34]$  می‌باشد. در واقع این موضوع مؤید نظریه پارکر در گرمایش پلاسمای تاج است [۸ و ۱۶]. قابل ذکر است، بیشترین فراوانی ۳۵ درصد از کل سری‌های زمانی برای نمای  $2/6$  می‌باشد. مقادیر متوسط برای زمان شراره‌ای (بدون بعد) و آهنگ شراره‌ای به ترتیب برابر با ۳۲ و ۰/۵ محاسبه می‌شوند. در شکل ۷ یک نمونه از منحنی‌های نوری مشاهداتی و شبیه‌سازی به عنوان خروجی شبکه برای داده‌های روز ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ با برش‌ها  $9 \times 9$  نشان داده است. خروجی شبکه آموزش‌دیده، برچسب متناظر با منحنی نوری مشاهداتی است.

پارامترهای نانوشراره‌ها به دلیل ابعاد فضایی کوچک و عمر کم آنها مستقیماً قابل اندازه‌گیری نیستند. با الگوی شبیه‌سازی تابش‌های نانوشراره‌ای، مقادیر پارامترهای نما در قانون توانی، زمان شراره‌ای و آهنگ احتمال شراره‌ای برای تابش‌های فرابنفش دور نواحی آرام و فعال تاج خورشید استخراج می‌شوند. منحنی‌های نوری از تابش‌های فرابنفش دور ابزار سچی ثبت شده در روزهای ۱۱ و ۱۲ ژوئن ۲۰۰۷ در قالب داده‌های آزمایشی استفاده می‌شوند. با انتخاب محدوده پارامترهای شبیه‌سازی: توان در قانون توانی  $3 < \alpha < 1/4$ ، زمان شراره‌ای  $40 < \tau < 2$  و احتمال فراوانی نانوشراره‌های  $0/9 < p_f < 0/1$ ، در مجموع ۵۹۶۷ منحنی نوری ایجاد می‌شوند. منحنی‌های نوری کاهش داده شده به شبکه ماشین بردار پشتیبان آموزش داده می‌شوند. هر منحنی نوری به عنوان یک کلاس داده مجزا برچسب می‌خورد. به عنوان مثال، کلاس داده ۱ و ۵۰۰ به ترتیب دارای پارامترهای  $P_f = 0/1$ ،  $\tau = 2$ ،  $\alpha = 1/4$  و  $p_f = 0/5$ ،  $\tau = 18$ ،  $\alpha = 1/5$  می‌باشند. ورودی‌ها طوری طراحی شده‌اند که برچسب‌های بزرگ‌تر برای مقادیر  $\alpha$  بزرگ‌تر باشند.

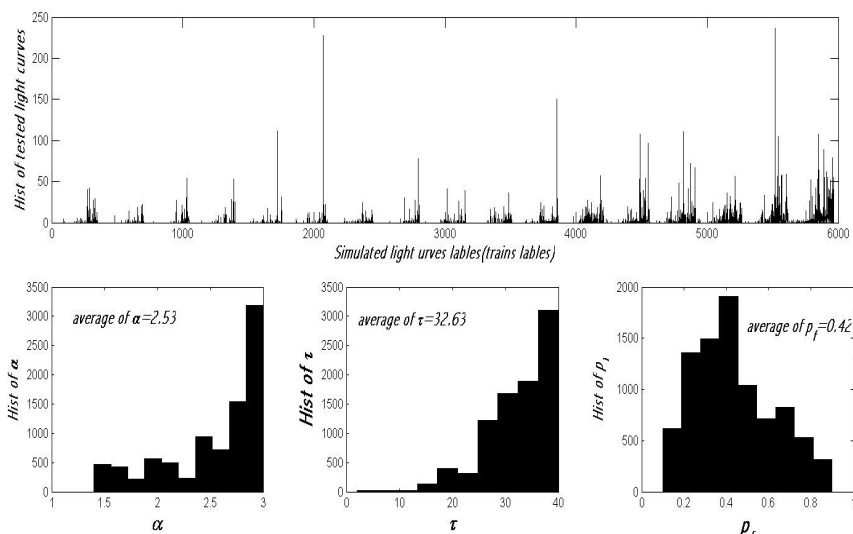
منحنی‌های نوری مشاهداتی به عنوان ورودی‌های آزمایشی به



شکل ۵. توزیع فراوانی برچسب‌های خروجی شبکه بردار پشتیبان از داده‌های روز ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ ناحیه شکل ۱، با متوسط‌گیری روی خانه‌های ۷×۷.



شکل ۶. توزیع فراوانی برچسب‌های خروجی شبکه بردار پشتیبان از داده‌های روز ۱۱ ژوئن ۲۰۰۷ ناحیه شکل ۱، با متوسط‌گیری روی خانه‌های ۳×۳.



شکل ۷. راست: منحنی نوری شبیه‌سازی شده که بیشترین فراوانی داده‌ها روز ۱۱ ژوئن را دارا می‌باشد. چپ: یک نمونه از سری‌های مشاهداتی که برچسبی متناظر با منحنی نوری شبیه‌سازی شده را گرفته است.

ثانیه) و مقدار تقریبی زمان شراره‌ای بدون بعد (۳۲)، زمان شراره‌ای در حدود  $15^{\circ} \times 32$  ثانیه معادل  $8^{\circ}$  دقیقه به دست می‌آید که در تطابق خوبی با نتایج تاج فیروزه و صفری می‌باشد. مشاهدات با تکیه بر روش‌های درون‌یابی با فرض گرمایش از طریق تابش، بازه زمانی ۱ ثانیه تا چند ساعت را ارائه داده‌اند. مقادیر متوسط آهنگ شراره‌ای در حدود  $5^{\circ}/\text{و}$  قرار دارند و نشان دهنده احتمال شراره‌ای در بخش‌های مربوط به نواحی دانه‌ای و مرزهای ابر دانه‌ای در شیدسپهر و بالاتر را نشان می‌دهند [۱۶].

مرحله منطقی بعدی، به دست آوردن سهم انرژی نانوشراره‌ها در گرمایش تاج خورشید می‌باشد.

بازرگان و همکاران برای تعداد محدودی منحنی نوری از داده‌های سومر/سوهو<sup>۱</sup> و با استفاده از شبکه عصبی احتمالی مقادیرهای بزرگتر از ۲ را استخراج کرده‌اند [۸]. تاج فیروزه و صفری (۲۰۱۲)، برای نواحی مختلفی از تابش‌های فرابنفش دور مشاهدات اس دی او<sup>۲</sup> و استریو تحلیل مشابهی انجام داده‌اند [۱۶]. آنها تأثیرات زمینه، کدنس<sup>۳</sup>، حساسیت شبکه و ابعاد پنجره‌ها در نانو شراره‌ها را به دست آورده‌اند. همچنین شبیه‌سازی‌های مختلف و نتایج آنها مقایسه شده است. قابل ذکر است، مقادیر متوسط به دست آمده در مقاله حاضر در توافق خوبی با یافته‌های پیشین می‌باشند. زمان شراره‌ای (بی بعد) در حدود ۳۲ با انحراف معیار ۶ محاسبه شده است. با عنایت به کدنس ابزار سچی (۱۵۰

11. A R Harrison, et al., *Solar Physics* **256** (2009) 219.
12. C J Eyles, et al., *Solar Physics* **254** (2009) 387.
13. J P Wülser, et al., *Proceedings of the SPIE* **5171** (2004) 111.
14. N Alipour, H Safari, and D E Innes, *Astrophysical Journal* **746** (2012) 12.
15. A Pauluhn, and S K Solanki, *Astronomy and Astrophysics* **462** (2007) 311.
16. H Safari, D E Innes, S K Solanki, and A Pauluhn, *Modern Solar Facilities - Advanced Solar Science* (2007) 359.
17. S N Sivanandam, and S N Deepa, "Introduction to Genetic Algorithms", Springer Germany (2008).
18. S Sumathi, T Hamsapriya, and P Surekha, "Evolutionary Intelligence", Springer, Indi (2008).
19. S Abe, "Support Vector Machines for Pattern Classification", Springer, Germany (2005).

1. R H Levine, *Astrophysical Journal* **190** (1974) 457.
2. G L Withbroe, and R W Noyes, *Annual Reviews Astronomy and Astrophysics* **15** (1977) 363. E N Parker, *Astrophysical Journal* **264** (1983) 642.
3. E N Parker, *Astrophysical Journal* **264** (1983) 642.
4. E N Parker, *Astrophysical Journal* **330** (1988) 474.
5. H S Hudson, *Solar Physics* **133** (1991) 37.
6. C Parnell, D Bewsher, D Brown, and D Innes, "Proceedings of the SOHO 15 Workshop - Coronal Heating.", European Space Agency (2004) 465.
7. M J Aschwanden, *Astrophysical Journal* **672** (2008) L135.
8. M Bazarghan, H Safari, D E Innes, E Karami, and S Solanki, *Astronomy and Astrophysics* **492** (2008) L13.
9. E Tajfirouze and H Safari, *Astrophysical Journal* **744** (2012) 113.
10. R A Howard, et al., *Space Science Reviews* **136** (2008) 67.

۱. Solar Ultraviolet Measurements Of Emitted Radiation

۲. Solar Dynamics Observatory

۳. Cadence