

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره نوزدهم، پاییز ۱۳۹۵

صص ۱۷-۳۶

DOI: 10.22067/geo.v5i3.41777

## بررسی تأثیر لکه‌های خورشیدی بر دمای ایستگاه‌های کرمان و شیراز طی نیم‌قرن اخیر با استفاده از آنالیز موجک

کمال امیدوار، استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

رضا ابراهیمی<sup>۱</sup>، دکترای مخاطرات آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

مرضیه جمشیدی مطلق، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۷/۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۹/۷

### چکیده

بی‌گمان خورشید به‌عنوان منبع اصلی انرژی زمین و ایجادکننده تفاوت اقلیمی آن است. تغییرات میزان انرژی خروجی از خورشید یا نوسانات دمایی سطح آن می‌تواند نوسانات و تغییراتی را در جو زمین ایجاد نماید. لکه‌های خورشیدی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌هایی که می‌تواند بر سامانه اقلیمی زمین در مقیاس‌های زمانی متفاوت اثر گذاشته و در نهایت نوسانات و تغییرات اقلیمی را به دنبال داشته باشد در کانون توجه قرار گرفته است. دما یکی از فراسنج‌های مهم در اقلیم‌شناسی است که اهمیت فراوانی در حیات بشر دارد. ما در این تحقیق تأثیر لکه‌های خورشیدی را بر تغییرات بارش مورد بررسی قرار دادیم. به دلیل نیاز به داده‌های طولانی‌مدت برای انجام این کار تنها دو ایستگاه شیراز و کرمان که دارای آمار بلندمدت بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. داده‌های مربوط به لکه‌های خورشیدی از سازمان ژئوفیزیک آمریکا برای دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۰) تهیه گردید و داده‌های دمای ایستگاه‌های مذکور نیز برای دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۰) انتخاب شد. جهت انجام این تحقیق از تجزیه و تحلیل آماری و تحلیل آنالیز موجک با بهره‌گیری از نرم‌افزار متلب استفاده شد. براساس تحلیل‌های صورت گرفته، بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی رابطه معناداری دیده نشد و براساس آنالیز موجک در اکثر ایستگاه‌ها رابطه معکوس بین آن‌ها مشاهده گردید. با توجه به تحلیل آنالیز موجک سیکل ۱۱ ساله در فعالیت لکه‌های خورشیدی مشاهده کردیم که اوج فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهار وجود دارد و وسعت دامنه سیکل‌های بارشی در فصل پاییز در هر دو ایستگاه نسبت به سایر فصول بیشتر است.

**کلیدواژه‌ها:** بارش، لکه‌های خورشیدی، تحلیل آنالیز موجک، کرمان، شیراز.

## ۱. مقدمه

در سال‌های اخیر در ارتباط با تغییر اقلیم و جوانب آن، تحلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم در مقیاس‌های زمانی متفاوت، توجه زیادی را به خود جلب کرده است؛ درحالی‌که سری‌های با دوره آماری کوتاه فقط برآوردی احتمالی از تغییرپذیری چند دهه‌های اقلیم را نشان می‌دهند، سری‌های با دوره طولانی، نوسانات چند دهه‌ای را در حکم مدهای با اهمیت آماری از تغییرپذیری اقلیم با الگوی فضایی نامتجانس نشان می‌دهند. فعالیت‌های متعدد سطح خورشید از قبیل شراره‌ها، انفجارها و بادهای خورشیدی به افزایش جابجایی پلاسما و در پی آن افزایش شدت تابش منجر می‌گردند (لی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۳۳۱۰). نوسان‌ها و تغییرات اقلیمی مرتبط با این فعالیت‌ها، نقش عمده‌ای را در شرایط زندگی و حیات در کره زمین برعهده دارند. بر همین اساس شناخت، پیش‌بینی و نمایش تغییرپذیری تابش خورشید و تأثیرات آن بر شرایط اقلیمی، جوی و هیدرولوژیک کره زمین بسیار حائز اهمیت است (جهانبخش و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱). تغییرات میزان انرژی خروجی از خورشید یا نوسانات دمایی سطح آن می‌تواند نوسانات و تغییراتی را در جو زمین ایجاد نماید. لکه‌های خورشیدی به‌عنوان یکی از فعالیت‌های خورشید از جمله پدیده‌هایی است که در دهه‌های اخیر توجه اقلیم‌شناسان را به خود معطوف کرده و به‌عنوان یکی از مؤلفه‌هایی که می‌تواند بر سامانه اقلیمی زمین در مقیاس‌های زمانی متفاوت اثر گذاشته و درنهایت نوسانات و تغییرات اقلیمی را به دنبال داشته باشد. در کانون توجه قرار گرفته است (زرین و مفیدی، ۱۳۸۴: ۳). حیات به‌گونه‌ای که امروز می‌شناسیم، بدون دریافت انرژی از خورشید، امکان وجود نداشته است. لکه‌های خورشیدی مناطق نسبتاً تاریکی روی سطح خورشید هستند که شامل یک منطقه تیره‌تر در مرکز (موسوم به منطقه سایه یا امبرا<sup>۲</sup>) و یک منطقه با تیرگی کمتر (موسوم به پنومبرا<sup>۳</sup>) در اطراف می‌باشد (زرین و مفیدی، ۱۳۸۴: ۳). در این لکه‌ها، فعالیت مغناطیسی شدید با اثری مشابه پدیده ترمزی جریان ادی<sup>۴</sup> مانع از جریان همرفتی می‌شود و ناحیه‌هایی با دمای کمتر را پدید می‌آورد. در هر چرخه<sup>۵</sup> ۱۱ ساله معین، لکه مثبت لکه منفی را در نیمکره شمالی هدایت می‌کند، درحالی‌که در نیمکره جنوبی عکس آن صادق است. در چرخه ۱۱ ساله متوالی عدی ترتیب قطبیت برعکس می‌شود. آنالیز موجک پیوسته، روش مناسب جهت مطالعه نوسان‌های زمانی زودگذر و معین در سری‌های زمانی مرتبط با هم مطرح است (گرینستد<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۴: ۵۶۳). آنالیز موجک متقاطع در بررسی میزان و نحوه همبستگی بین متغیرهای مختلف در مقیاس سالانه کاربرد دارد. در این روش مناطقی که دارای قدرت همبستگی بالایی هستند (بیش از ۵ درصد) به‌وسیله خطوط پرننگ از نواحی

1 Li

2 Umbra

3 Penumbra

4 eddy current brake

5 cycle

6 Grinstad et al

فاقد همبستگی جدا شده و بدین ترتیب محدوده تأثیرگذاری پدیده‌ها بر یکدیگر مشخص می‌گردد. نحوه همبستگی بین متغیرها نیز براساس جهت پیکان‌های موجود در تصویر مربوطه قابل بررسی است. بدین ترتیب پیکان‌هایی که به سمت راست اشاره می‌کنند، نشان‌دهنده همبستگی (فاز) مثبت و پیکان‌هایی که به سمت چپ اشاره دارند نشان‌دهنده همبستگی (فاز) منفی بین دو متغیر هستند (کیسر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۶۳). قدیمی‌ترین اسناد موجود که دلالت بر مشاهده تغییرات در ظاهر خورشید دارد، مربوط به سلسله شانگ در چین در حدود سال ۱۲۰۰ ق. م. می‌باشد. پس از آن یکی از شاگردان ارسطو به نام «تئوفاستوس» (۲۹۰-۳۷۰ ق. م.) نخستین منبع شناخته شده درباره لکه‌های خورشیدی را به نگارش درآورد. در ابتدای قرن هفدهم (سال ۱۶۱۰) و با اختراع تلسکوپ شاید گالیلئو نخستین کسی بود که با استفاده از آن لکه‌های خورشیدی را مشاهده کرد (واپلی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۹: ۱) و به این نتیجه رسید که لکه‌ها با چرخش خورشید جابجا می‌شوند. به فاصله یک سال بعد از آن «جو آن فابریکوس»<sup>۳</sup> در مقاله‌ای وجود لکه‌های خورشیدی را مورد توجه قرار داد. شاید هرشل اولین محققى باشد که در سال ۱۷۹۵ فرضیه تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر اقلیم زمین را مطرح کرد. او سعی نمود که با استفاده از نوسانات سال به سال نرخ گندم ارتباطی بین شرایط متوسط جوی و تغییرات لکه‌های خورشیدی پیدا کند. کایل<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۳: ۱۰۶۶) به مقایسه بین مقادیر متوسط ماهانه تغییرات تابش با تعداد لکه‌های خورشیدی پرداختند و متوجه شدند که بین حداکثر تابش کل با حداکثر تعداد لکه‌های خورشیدی هماهنگی وجود دارد. آرایا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۰: ۹۸) به تجزیه و تحلیل فعالیت‌های خورشیدی در سطح دمای هوا و بارش در آمریکای مرکزی پرداختند و از لکه‌های خورشیدی به‌عنوان یک عامل تأثیرگذار در متغیرهای آب و هوایی نام بردند. ساباتینو و لینگه‌وای<sup>۶</sup> (۲۰۰۰: ۱۰) با بررسی رابطه بین لکه‌های خورشیدی و تغییرات دما به روابط معناداری بین این دو متغیر دست یافته‌اند، به گونه‌ای که با افزایش تعداد لکه‌های خورشیدی دمای سطح زمین افزایش و با کاهش آن دمای هوا کاهش پیدا می‌کند. زهائو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۴) اثر فعالیت‌های خورشیدی در بارش سالانه منطقه پکن را با استفاده از آنالیز موجک پیوسته مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از این تحقیق نشان می‌دهد که فعالیت‌های خورشیدی نقش مهمی در بارش‌های این منطقه دارد. میهل<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۰۹: ۱۱۵) با شبیه‌سازی کامپیوتری نشان دادند که چگونه تغییرات کوچک در درخشندگی خورشید می‌تواند تأثیر زیادی بر آب و هوای شرق اقیانوس آرام ایجاد کند، به‌طوری‌که با افزایش لکه‌های خورشیدی و گرمایش شدید افزایش تبخیر صورت می‌گیرد که خود باعث بارش باران در برخی از مناطق و ایجاد بادهای

1 Keyser et al

2 Waply

3 Go an faybercos

4 kaile et al

5 Araya et al

6 Sabatino and linghamovay

7 Zhao et al

8 Mihel et al

خنک‌کننده در قسمت شرقی اقیانوس می‌شود که مانعی برای تشکیل ابرهای باران‌زا می‌باشد. بال و بوز (۲۰۱۰: ۲۰۴) به مطالعه روابط بین اقلیم و فعالیت‌های خورشیدی در مناطق مختلف جهان اقدام کردند و با استفاده از تجزیه و تحلیل موجک فوریه در منطقی مانند استرالیا، کانادا، اتیوپی و ... در مقیاس سالانه و فصلی برای لکه‌های خورشیدی دوره تناوب ۹ تا ۱۱ ساله و برای بارش دوره‌های کوتاه مدت ۵-۲ را تشخیص دادند. مالا و عبدالحلیم (۲۰۱۲: ۳۰) به بررسی اثرات فعالیت‌های خورشیدی در آب‌وهوای مصر پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که لکه‌های خورشیدی در افزایش درجه حرارت مصر نقش قابل توجهی دارد. جهانبخش و عدالت‌دوست (۱۳۸۷: ۱) به بررسی تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران پرداختند و در این تحقیق از روش آنالیز موجک پیوسته و آنالیز فوریه استفاده کردند و دریافتند که خورشید و فعالیت‌های آن نه تنها به‌عنوان عامل تعیین‌کننده و تأثیرگذار بر کل کره زمین محسوب می‌شود، بلکه نقش آن در بارندگی ایران نیز قابل ملاحظه است. جهانبخش و عدالت‌دوست (۱۳۸۹: ۱۱) نقش لکه‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که یک ارتباط و همبستگی متوسط تا قوی بین لکه‌های خورشیدی و تغییرات بارندگی سالانه در ایران وجود دارد. تقوی و همکاران (۱۳۹۰: ۵) با کاربرد تحلیل موجک در شناسایی رفتار بارش در مناطق غربی ایران که در یک دوره آماری ۴۳ ساله (۲۰۰۹-۱۹۶۶) انجام گرفته شد به این نتیجه رسیدند که در همه ایستگاه‌ها یک دوره بازگشت سالانه با سطح اطمینان بیش از ۹۰ درصد وجود دارد که تقویت و تضعیف آن وقوع دوره‌های ترسالی و خشکسالی در این مناطق را به خوبی نشان می‌دهد. کلیم و همکاران (۱۳۹۲: ۱۹۳) به مطالعه امکان تأثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش در ایستگاه‌های منتخب جنوب ایران پرداختند و بیشترین همبستگی در تأخیرهای ۳ ساله برای جاسک و بوشهر در سطح ۰.۵٪ معنی‌دار به دست آمد اما برای ایستگاه شیراز رابطه معنی‌داری حاصل نشد، به‌طور کلی بیان داشتند که اثر لکه‌های خورشیدی بر بارش در جاهایی بیشترین نمود را پیدا می‌کند که سایر دلایل بارش مثل جریانات جوی جهانی و منطقه‌ای گردش جوی اثر کمتری داشته باشد. خسروی و میردیلیمی (۱۳۹۲: ۳۵) به بررسی نقش لکه‌های خورشیدی بر تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه بارش استان گلستان پرداختند و با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری و تحلیل موجک به این نتیجه رسیدند که ارتباط و همبستگی متوسط تا قوی بین لکه‌های خورشیدی و تغییرات بارش در استان گلستان وجود دارد و این همبستگی در تمام نقاط استان ثابت نیست. روش‌های طیفی شامل تحلیل طیفی کلی و تحلیل موجک از شاخه‌های آماری است که از یک سو در رشته‌های گوناگون علوم مانند ژئوفیزیک، مهندسی هواشناسی و اقلیم‌شناسی کاربرد فراوانی دارد، و از سوی دیگر ادامه کاربرد آن روز به روز گسترده‌تر می‌شود و اهداف زیر را دنبال می‌کند: ۱- استفاده از فنون آماری نوین برای پیش‌بینی و شناسایی رفتار جوی. ۲- عرضه تحلیلی نو از توزیع زمانی بارندگی و دوره‌های بازگشت فصلی و درونسالی و

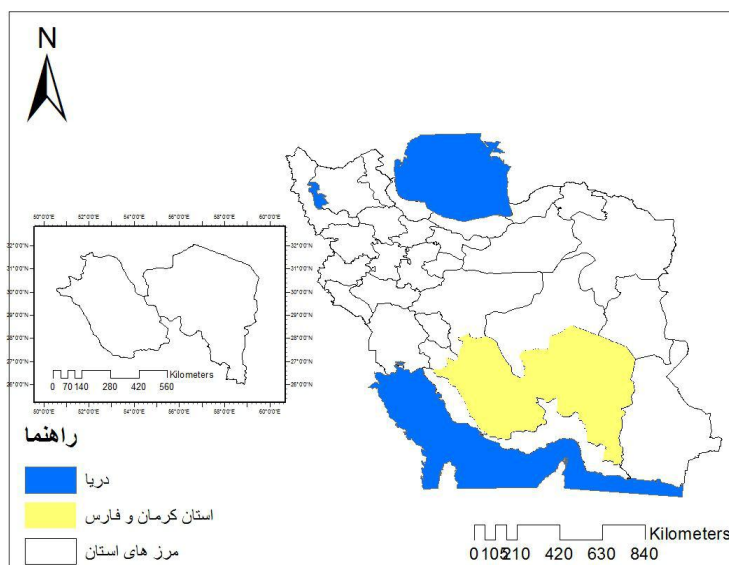
روندهای بارش. ۳- تحلیل داده‌های اقلیمی با تجزیه آن‌ها به مولفه‌های بسامدی سازنده که روش مناسبی برای بررسی تغییرپذیری داده‌های اقلیمی مانند بارندگی، رطوبت، دما و مانند آن است. ۴- پس از تجزیه این مولفه‌ها، بررسی علل فیزیکی رخداد هر بسامد یکی از اهداف در این زمینه است (صابریان و ملک، ۱۳۸۸: ۱۰). امروزه استفاده از تکنیک آنالیز موجک به‌عنوان یک روش معمول و اساسی در تجزیه و تحلیل لکه‌های خورشیدی و پارامترهای ژئوفیزیکی زمین مطرح بوده و در ارزیابی ارتباطی بین این متغیرها نیز کاربرد دارد. مفهوم موجک در شکل تئوری زمان حاضر به وسیله جانسون مورلت<sup>۱</sup> ژئوفیزیکدان فرانسوی پیشنهاد شد. در این روش مسئله تقسیم سیگنال به بخش‌های مختلف با استفاده از مقیاس‌گذاری و انتقال دادن یک تابع حل می‌شود. این تابع در طول سری اطلاعاتی انتقال پیدا می‌کند و برای هر موقعیت آن، طیف سری اطلاعاتی محاسبه می‌شود. برای توابعی با مقیاس‌های مختلف تکرار می‌شود و در نهایت نتیجه حاصل به صورت مجموع اطلاعات زمان- بسامد بدست می‌آید (هیل و والنوت، ۱۹۸۹).

مطالعات انجام شده در داخل و خارج کشور حاکی از تأثیر بارز لکه‌های خورشیدی بر فراسنج‌های جوی است به گونه‌ای که مطالعات نشان داد با افزایش لکه‌های خورشیدی میزان بارش و دما نیز افزایش و بالعکس با کاهش لکه‌های خورشیدی از میزان این فراسنج‌ها نیز کاسته می‌شود گرچه تئوری موجک مبحثی در ریاضیات محض بوده، اما آنچه که در اینجا در مورد آن بحث می‌شود، جنبه کاربردی آن است. هدف اصلی این پژوهش واکاوی تأثیر لکه‌های خورشیدی بر تغییرات دمای ایستگاه‌های کرمان و شیراز با استفاده از تئوری موجک می‌باشد علت استفاده از تئوری موجک در این پژوهش این است که اولاً تبدیل موجک نسبت به تبدیل فوریه از حجم محاسبات کمی برخوردار است. دوماً در تبدیل فوریه تمرکز به طور همزمان در هر دو فضای زمان- بسامد قابل حصول نیست، در حالی که در تبدیل موجک این امر ممکن است. سوماً چون توابع پایه در تبدیل فوریه خیلی شبیه به هم هستند، لذا برای بیان ناپوستگی‌ها در تابع سیگنال ورودی با تبدیل فوریه لازم است از مؤلفه‌های زیاد بهره گرفته شود، در حالیکه با استفاده از موجک‌ها این مشکل به وجود نمی‌آید. در نهایت اینکه استفاده از تئوری جدید همچون تئوری موجک در تصمیم‌گیری‌ها و طراحی‌های مکانی پدیده‌هایی که ماهیت تناوبی دارند می‌تواند نقش مهمی در اجرای درست موفق آن‌ها داشته باشد.

## ۲. منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش از ایستگاه‌های شیراز و کرمان واقع در دامنه‌های جنوبی زاگرس شامل استفاده گردید علت استفاده از این ایستگاه‌ها وجود نوسان دمای آن‌ها در طی چند سال اخیر و همچنین برآورد اثر لکه‌های خورشیدی بر میزان

دمای این دو ایستگاه با آنالیز موجک می‌باشد که تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با آن انجام نشده است مشخصات جغرافیایی این ایستگاهها در جدول و شکل شماره ۱ توضیح داده شده است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

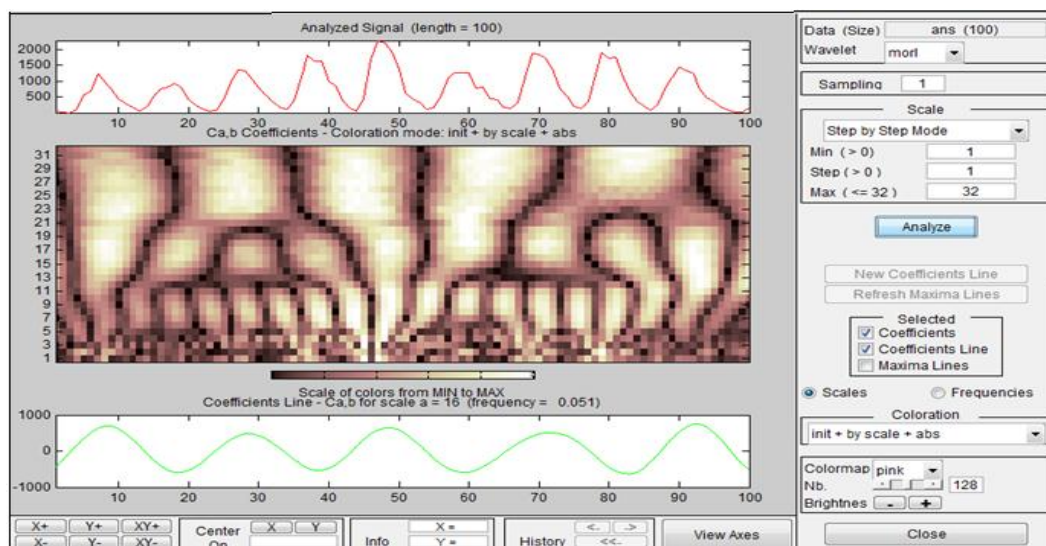
جدول ۱. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

ارتفاع به متر	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		نام ایستگاه
	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه	
۱۷۵۶	۵۷	۰۶	۲۹	۳۰	کرمان
۱۴۸۰	۵۲	۵۴	۶۱	۲۹	شیراز

### ۳. مواد و روش‌ها

در این تحقیق تأثیر لکه‌های خورشیدی را بر تغییرات دما مورد بررسی قرار دادیم. به دلیل نیاز به داده‌های طولانی مدت برای انجام این کار تنها دو ایستگاه شیراز و کرمان که دارای آمار بلندمدت بودند مورد مطالعه قرار گرفتند. داده‌های مربوط به لکه‌های خورشیدی از سازمان ژئوفیزیک آمریکا برای دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۰) تهیه گردید و داده‌های دمای دو ایستگاه‌های مذکور نیز برای دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۰) ساله انتخاب شد. جهت انجام این تحقیق از تجزیه و تحلیل آماری و تحلیل آنالیز موجک با بهره‌گیری از نرم‌افزار متلب استفاده شد. لکه‌های خورشیدی مهمترین شاخص تغییرپذیری تابش خورشیدی هستند؛ به طوری که در اکثر مطالعات برای تجزیه و تحلیل تغییرات لکه‌های خورشیدی عمدتاً از تعداد نسبی لکه‌ها استفاده می‌گردد. در تحقیق حاضر نیز از میانگین سالانه، فصلی و ماهانه لکه‌های خورشیدی طی دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰) استفاده گردید.

داده‌های مربوط به لکه‌ها از سازمان ژئوفیزیک آمریکا<sup>۱</sup> تهیه شده‌است و داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه مربوط به پارامتر دما برای دوره آماری ۶۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۵۰) از اداره هواشناسی استان فارس و کرمان تهیه شد و برای بررسی رابطه بین دما و لکه‌های خورشیدی از تحلیل آنالیز موجک و تحلیل آماری بهره گرفته شده‌است. جهت برنامه‌نویسی از نرم‌افزار متلب استفاده گردید. سپس موجک از نوع مورلت به‌عنوان موجک مادر انتخاب شد. شکل شماره ۲ نتیجه بکارگیری روش تحلیل موجک بر روی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی که برای نمونه دوره ۱۰۰ ساله را نشان می‌دهد. این نمودار فرکانس‌ها و سیگنال‌های ویژه‌ای را که در تعداد لکه‌های خورشیدی وجود دارد آشکارا به نمایش می‌گذارد. در این نمودار محور عمودی نشانگر شدت فعالیت‌های خورشیدی و محور افقی نمایانگر طول دوره فعالیت می‌باشد. شدت فعالیت لکه‌های خورشیدی با تن تیره تا روشن مشخص شده‌است. به این صورت که دوره‌های حداکثر مقدار انرژی با تن تیره و دوره‌های حداقل مقدار انرژی با تن روشن نشان داده شده‌است.



شکل ۲. خروجی تبدیل موجک بر روی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی (خسروی و دیلمی، ۱۳۹۲)

یکی از مهم‌ترین روش‌های آنالیز موجک پیوسته، آنالیز موجک مورلت است که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$= \pi^{-1/4}(n)\Psi_0 e^{iw_0n\eta} e^{-\frac{1}{2}\eta^2}$$

در رابطه فوق  $w_0$  فرکانس بی‌بعد و  $\eta$  زمان بی‌بعد هستند. ایده‌ای که پشت تحلیل موجک نهفته است. بر مبنای بکارگیری موجک‌ها به‌عنوان فیلترهای میان‌گذر در سری‌های زمانی مختلف استوار شده‌است. موجک‌ها هم‌زمان با

تغییر در مقیاس پدیده‌ها (s) در محدوده زمانی (t) کشیده شده، باعث بارزتر شدن تغییرات موجود در پدیده‌ها می‌گردد. آنالیز موجک مورلت تناسب بسیار خوبی بین زمان و فرکانس ایجاد می‌کند و بدین ترتیب، استخراج تغییرات موجود در پدیده‌ها به سهولت امکان‌پذیر می‌شود (مور<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

#### ۴. بحث و نتایج

##### ۴.۱. فعالیت لکه‌های خورشیدی و متوسط دمای کرمان

جداول شماره ۲ و ۳ به ترتیب میزان همبستگی ماهانه، فصلی و سالانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه کرمان را نشان می‌دهد. واکاوی جداول مذکور بیانگر این است که در مقیاس زمانی ماهانه در دوره مورد مطالعه همبستگی معنادار بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود ندارد و ضرایب بدست آمده از تحلیل آماری پیرسون اکثراً منفی بوده و بیانگر ارتباط معکوس بین این دو متغیر است یعنی با افزایش فعالیت خورشیدی دما کاهش می‌یابد. البته در ماه‌های دسامبر، ژانویه و آوریل وجود ضرایب مثبت حاکی از افزایش دما با افزایش فعالیت خورشیدی می‌باشد هرچند که به جز ماه ژانویه با میزان همبستگی ۰/۸۹۷، ماه‌های دسامبر و آوریل دارای ضرایب همبستگی بسیار ناچیزی می‌باشند. در بین ماه‌های مختلف ضریب همبستگی معنادار و معکوس تنها در ماه فوریه نمایان می‌باشد که گویای تاثیرات متناوب این پدیده بر روی دمای این ماه از سال می‌باشد. رابطه معکوس بین دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان در مقیاس سالانه و فصلی نیز نمایان است که این رابطه در فصل زمستان به میزان ۰/۲۵- و معنی‌دار است. تنها در فصل پاییز رابطه مستقیم و ضعیفی وجود دارد. در مقیاس سالانه نیز رابطه معکوس می‌باشد. به طور کلی روابط موجود بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی در اکثر مقیاس‌های زمانی مختلف معنی‌دار نیست.

##### جدول ۲. همبستگی ماهانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه کرمان در بازه زمانی (۲۰۱۰-۱۹۵۰)

دما و لکه‌های خورشیدی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئی	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتوبر	نوامبر	دسامبر
ضریب همبستگی	۰/۰۱۷	-۰/۳۴ **	-۰/۱۸	۰/۱۰	-۰/۱۱	-۰/۰۰۱	-۰/۱۹	-۰/۱۰	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۱۹
سطح معناداری	۰/۸۹۷	۰/۰۰۷	۰/۱۵۵	۰/۴۲۶	۰/۳۶۶	۰/۹۹۱	۰/۱۳۲	۰/۴۴۱	۰/۸۴۰	۰/۹۱۸	۰/۶۲۹	۰/۱۴۱

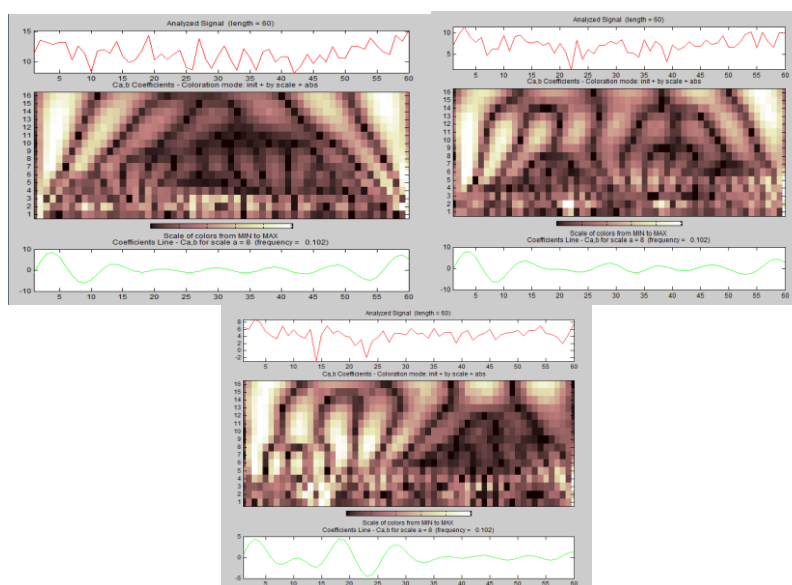


جدول ۳. همبستگی فصلی و سالانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه کرمان در بازه زمانی (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

سالانه	پاییز	تابستان	بهار	زمستان	سالانه و فصلی
-۰/۱	۰/۰۴۶	-۰/۰۳۵	-۰/۰۱۹	*-۰/۲۵	ضریب همبستگی
۰/۴۴۶	۰/۷۲۴	۰/۷۹۲	۰/۸۸۶	۰/۰۴۶	سطح معناداری

#### ۲.۴. تجزیه و تحلیل ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی با استفاده از آنالیز موجک (۱۹۵۰-۲۰۱۰)

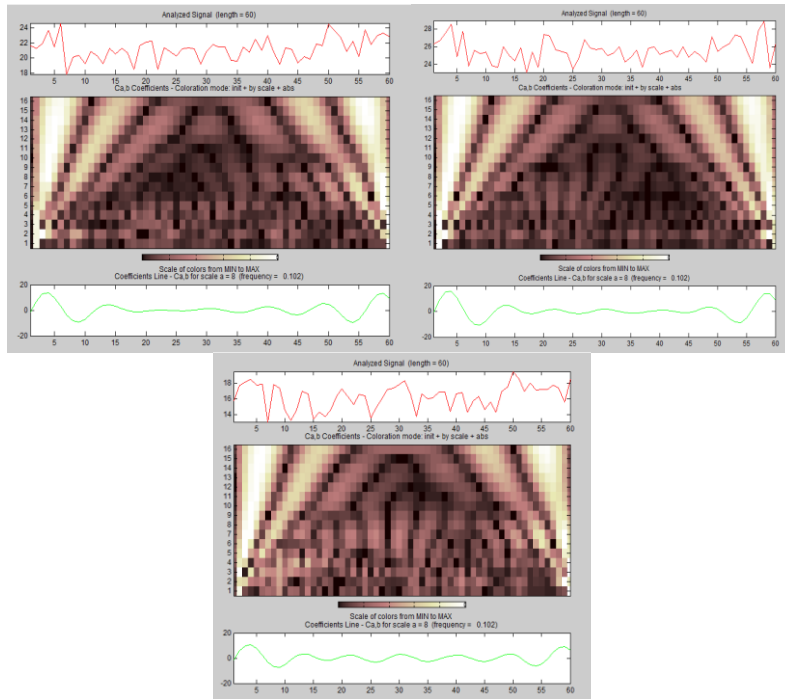
بر اساس تحلیل موجک صورت گرفته، مشخص گردید که طی تمامی ماه‌های سال فعالیت لکه‌های خورشیدی سیکل ۱۱ ساله را پشت سر گذاشته‌است. البته در ماه‌های مختلف فرین‌های دوره فعالیت‌ها و نوسانات سیکل‌ها متفاوت است. با مشاهده موجک‌های رسم شده برای ماه‌های مختلف سال می‌بینیم که در طی دوره آماری ۶۰ ساله، ۴ سیکل در فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد که در هر یک از سیکل‌ها شدت فعالیت‌ها متفاوت است، به گونه‌ای که در اکثر ماه‌ها مشاهده شده سیکل اول و چهارم حداقل فعالیت را دارند. البته در این میان استثناعاتی نیز وجود دارد مانند ماه دسامبر که نوسان منظمی را در سیکل‌های مختلف نشان می‌دهد. از نظر طول دوره، طولانی‌ترین سیکل فعالیت لکه‌ها، سیکل اول است که ۱۲ ساله است. ولی سیکل سوم که شدت فعالیت لکه‌ها به اوج می‌رسد، فعالیت لکه‌ها ۱۰ ساله است. در اینجا در اکثر ماه‌ها تا حدودی فعالیت لکه‌ها در سیکل دوم کاهش یافته و اوج فعالیت در سیکل سوم دیده می‌شود. به طور کلی می‌توان بیان کرد زمانی که فعالیت لکه‌ها به حداقل می‌رسد طول موج کاهش یافته و دامنه موج گسترش می‌یابد و زمانی که فعالیت لکه‌ها به حداکثر می‌رسد ارتفاع موج افزایش یافته و دامنه کمتر می‌شود.



مارس

فوریه

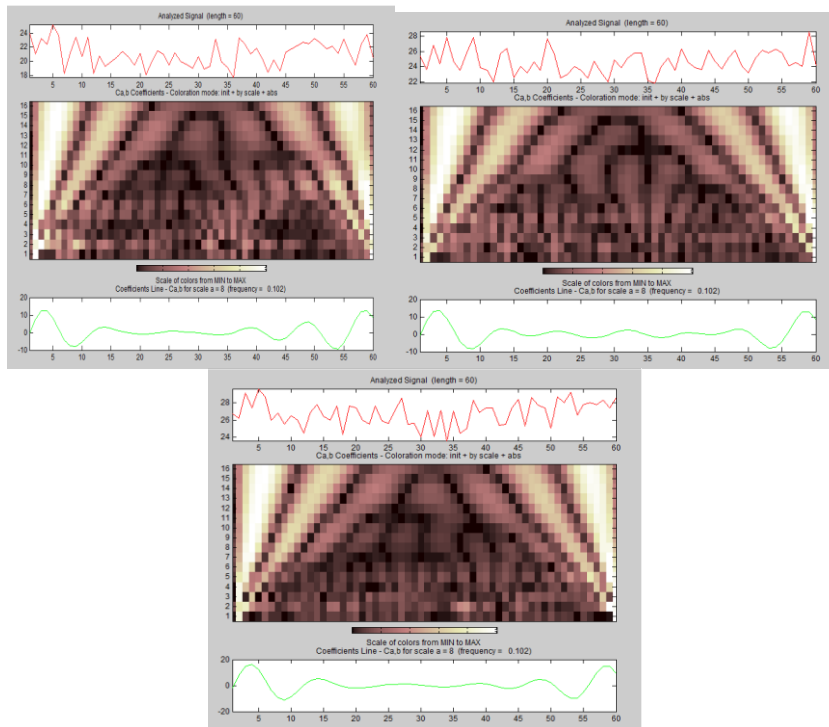
ژانویه



ژوئن

می

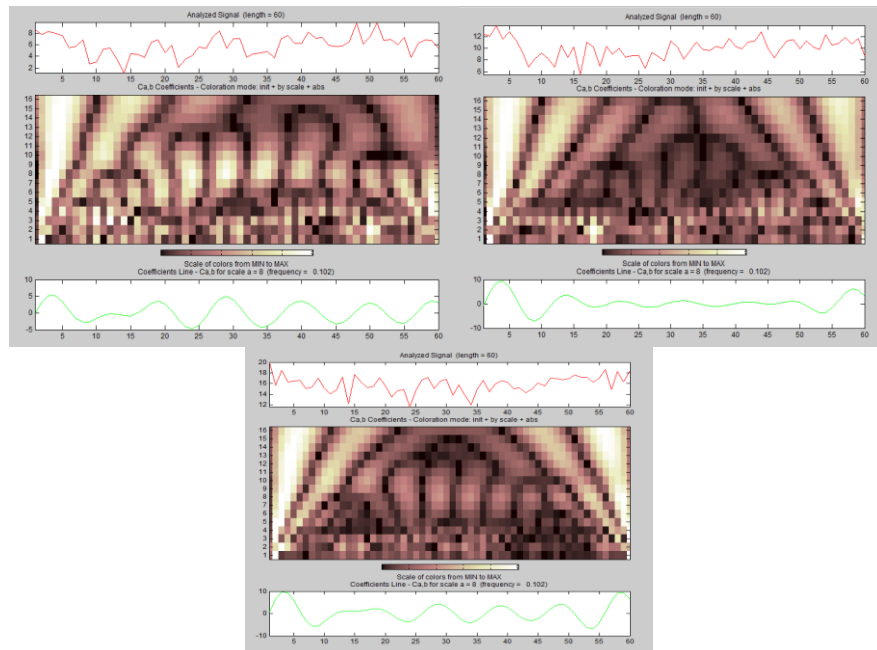
آوریل



سپتامبر

آگوست

جولای

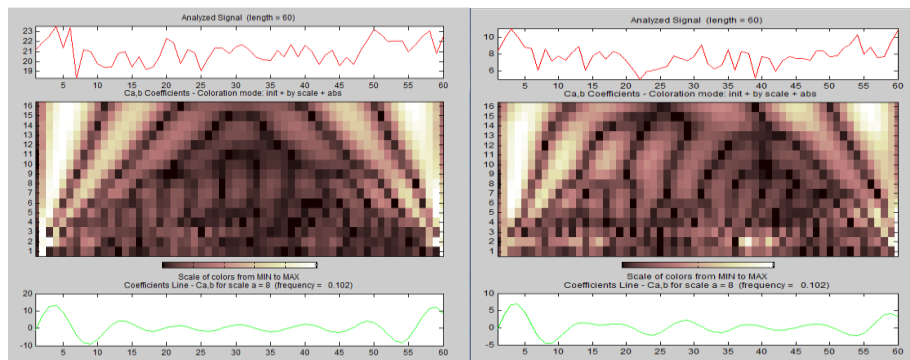


دسامبر

نوامبر

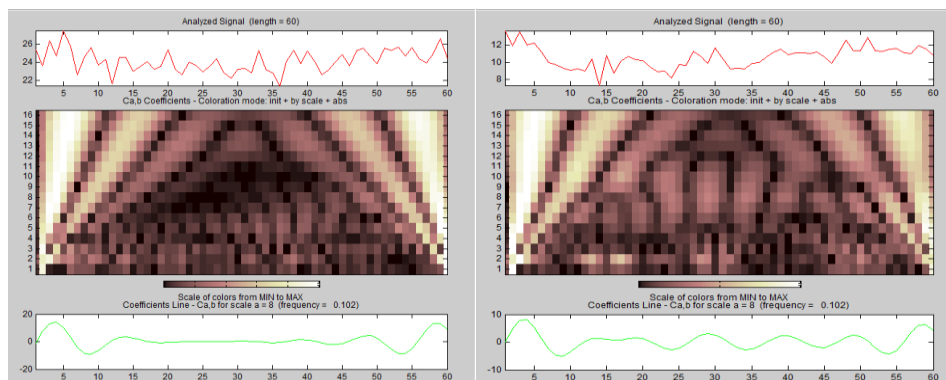
اکتبر

شکل ۳. تحلیل موجک ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی



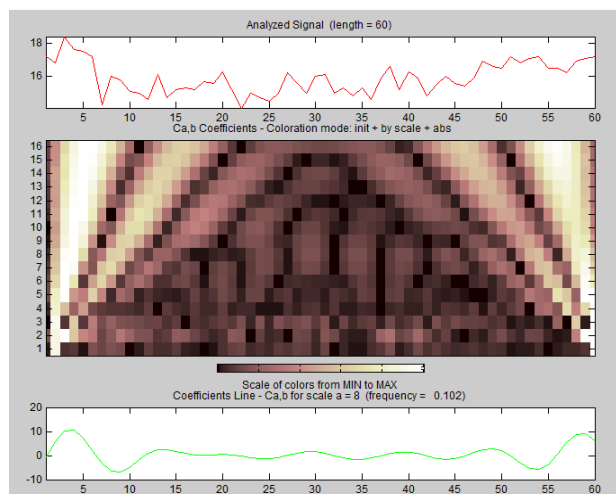
بهار

زمستان



تابستان

پاییز



سالانه

شکل ۴. تحلیل موجک سالانه و فصلی فعالیت لکه‌های خورشیدی

همانگونه که از جداول شماره ۳ و ۴ بر می‌آید اکثر سیکل‌های مشاهده شده در ماه‌های مختلف سال ۵ و ۷ ساله می‌باشد و وسعت دامنه سیکل‌ها در ماه‌های مارس و ژوئن است که به ۱۵ سال می‌رسد و ماه فوریه که رابطه معنادار معکوس را با فعالیت لکه‌های خورشیدی دارد. بالاترین وسعت سیکل‌ها را با دوره ۲۰ ساله را دارا می‌باشد؛ و در مقیاس فصلی و سالانه و وسعت دامنه سیکل‌ها بالا می‌باشد که سیکل ۲۰ ساله در فصول تابستان و بهار و مقیاس سالانه دیده می‌شود.

جدول ۳. طول دوره سیکل ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه کرمان در بازه زمانی (۱۹۵۰-۲۰۱۰)

سیکل‌های دمایی	ماه
۱۳-۹	ژانویه
۲۰-۷-۵	فوریه
۱۵ و ۱۰-۵	مارس
۱۰ و ۷-۵	آوریل
۱۰ و ۷-۵	می
۱۵ و ۱۰-۵	ژوئن
۱۰-۷	جولای
۱۱ و ۷-۳	اگوست
۱۰ و ۷-۵	سپتامبر
۱۲ و ۱۰	اکتبر
۱۰ و ۷-۵	نوامبر
۹ و ۵	دسامبر

جدول ۴. طول دوره سیکل فصلی و سالانه فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه کرمان در بازه زمانی (۲۰۱۰-۲۰۱۰)

(۱۹۵۰)

سیکل‌های دمایی	فصلی و سالانه
۱۵ و ۷-۵	زمستان
۲۰ و ۷	بهار
۱۴ و ۱۰	پاییز
۲۰ و ۷-۵	تابستان
۲۰ و ۷	سالانه

#### ۴.۳. فعالیت لکه‌های خورشیدی و متوسط دمای شیراز

با توجه به جداول ۵ و ۶ مشاهده می‌کنیم که بین فعالیت لکه‌های خورشیدی و متوسط دمای شیراز در اکثر ماه‌های سال رابطه معکوس وجود دارد و این رابطه فقط در ماه فوریه معنادار می‌باشد و تنها در دو ماه، آگوست و دسامبر رابطه مستقیم را تجربه کرده‌است. این نتایج تصدیق پژوهش خسروی و جلیلیان (۱۳۹۳) می‌باشد که بیان کردند رابطه بین دما با لکه‌های خورشیدی، بیشتر در جنوب شرق و شرق کشور معنادار است و هرچه از سمت جنوب شرق و شرق به سمت نوار مرکز و غرب کشور پیشروی کنیم رابطه بین چرخه‌ها و دما نسبتاً کم می‌باشد. هرچند علت آن را بیان نداشتند. بنابراین با افزایش لکه‌های خورشیدی دمای ماه‌های مذکور کاهش می‌یابد و رابطه معنی داری در اکثر ماه‌های سال دمای شیراز با لکه‌های خورشیدی ندارد که ناشی از عدم تأثیر لکه‌های خورشیدی بر دمای شیراز در دوره مورد مطالعه است. در بازه زمانی فصلی و سالانه به غیر از فصل پاییز، در سایر بازه‌های زمانی رابطه بین دما و لکه‌ها معکوس می‌باشد و این رابطه در فصل زمستان معنادار نیز می‌باشد. این مطلب به این معنا می‌باشد که با افزایش میزان فعالیت لکه‌های خورشیدی میزان دمای ایستگاه شیراز کاهش می‌یابد و بالعکس.

جدول ۵. همبستگی ماهانه بارش با فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه شیراز در بازه زمانی (۲۰۱۰-۱۹۵۰)

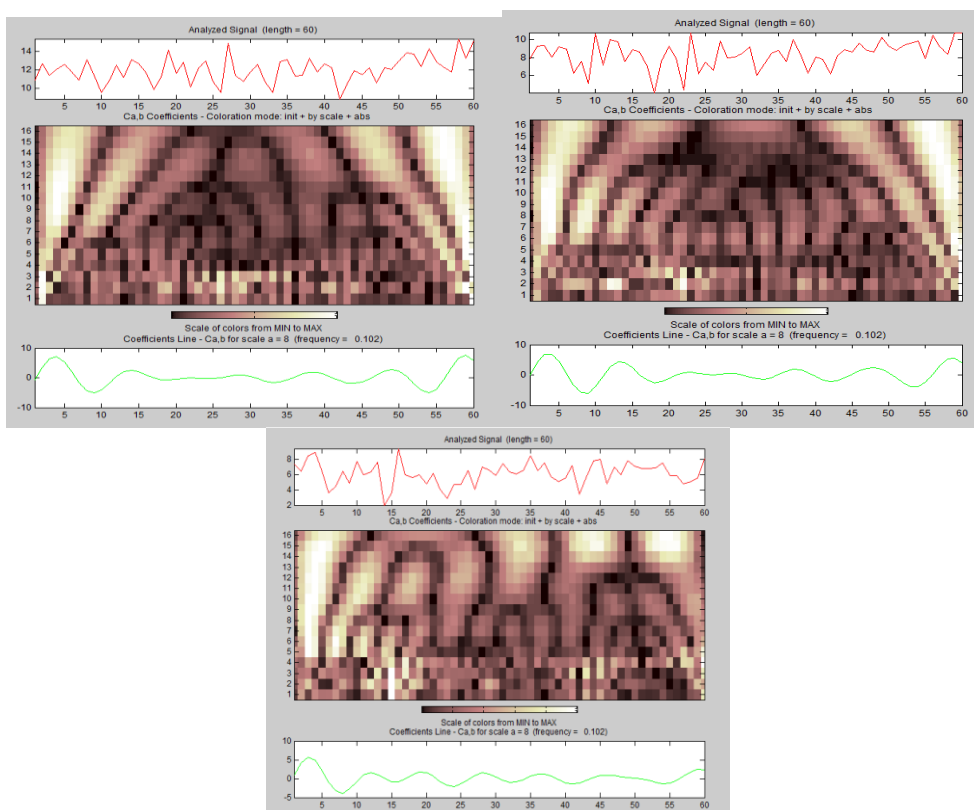
دمای شیراز و لکه‌های خورشیدی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مáj	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ضریب همبستگی	-۰/۱۱	-۰/۴۰	-۰/۱۵	-۰/۰۱	-۰/۱۸	-۰/۰۱	-۰/۱۷	-۰/۰۳	-۰/۰۰۹	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۱۴
سطح معناداری	۰/۳۸	۰/۰۰۱	۰/۲۳	۰/۹۱	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۸۹	۰/۷۸	۰/۹۴	۰/۵۳	۰/۶۷	۰/۲۶

جدول ۶. همبستگی فصلی و سالانه بارش با فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه شیراز در بازه زمانی (۱۹۶۱-۲۰۱۰)

فصلی و سالانه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	سالانه
ضریب همبستگی	۰/۳۷**	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۰۶	-۰/۱۰
سطح معناداری	۰/۰۰۶	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۶۱	۰/۴۰

#### ۴.۴. تجزیه و تحلیل ماهانه، فصلی و سالانه فعالیت لکه‌های خورشیدی با استفاده از آنالیز موجک (۱۹۵۰-۲۰۱۰)

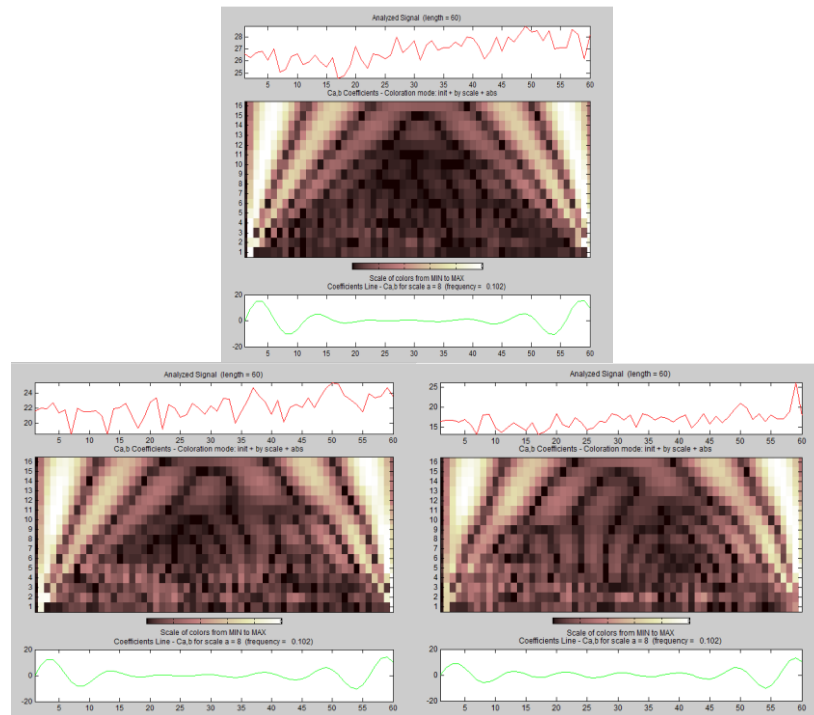
بر اساس موجک‌های رسم شده برای متوسط دمای شیراز متوجه می‌شویم که در ماه‌های گرم سال یعنی از ژوئن تا نوامبر نوسانات چندانی در دمای این ایستگاه دیده نمی‌شود و سیکل‌های دمایی در این ماه‌ها به ویژه ژوئن و جولای، وسیع است و در سایر ماه‌ها، یعنی از دسامبر تا مارس اکثر سیکل‌های مشاهده شده ۵ ساله می‌باشد و در میان فصول مختلف پاییز کمترین نوسان را نشان می‌دهد و وسعت دامنه سیکل‌ها در مقیاس سالانه به ۲۰ سال می‌رسد.



مارس

فوریه

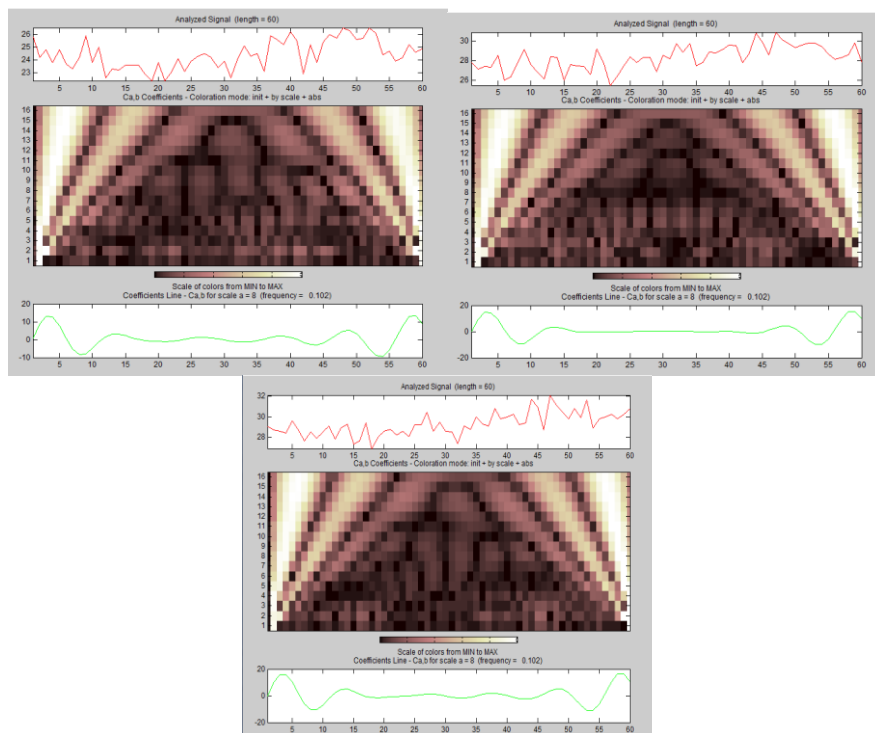
ژانویه



ژوئن

می

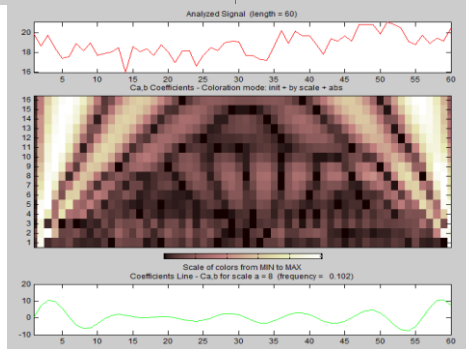
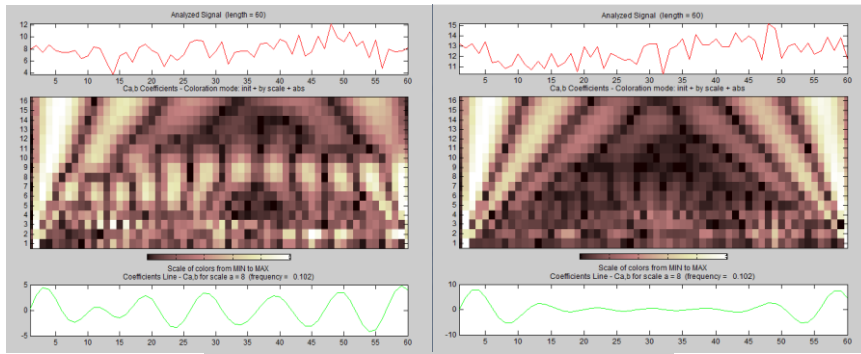
آوریل



سپتامبر

آگوست

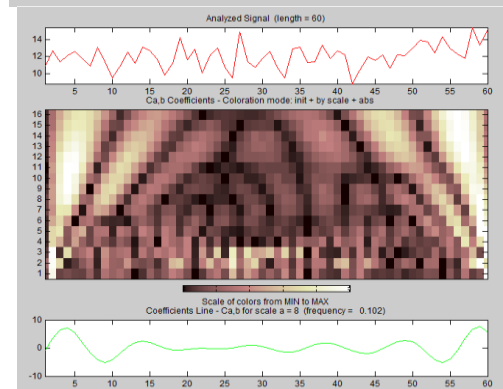
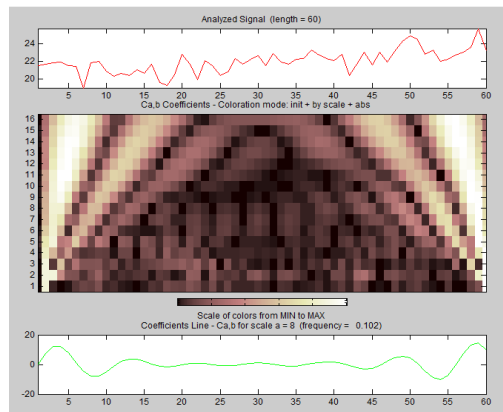
جولای



دسامبر

نوامبر

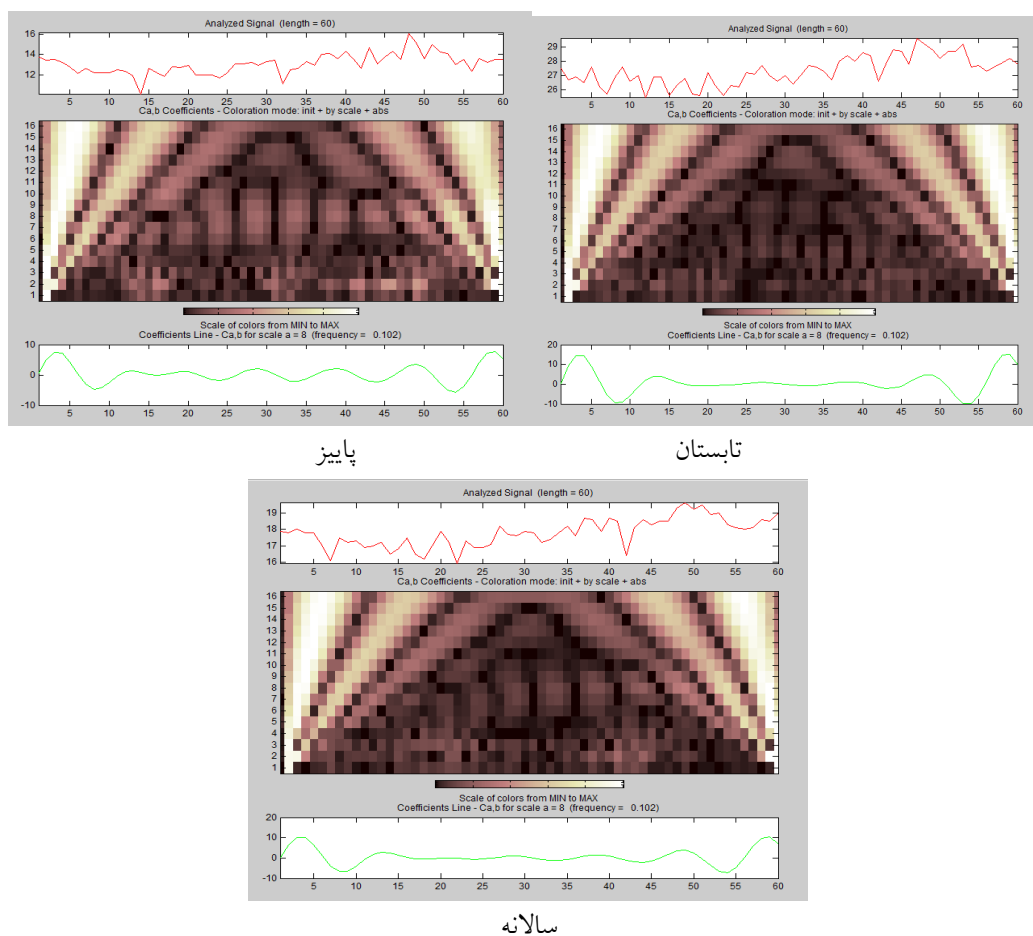
اکتبر



بهار

زمستان





شکل ۵. تحلیل موجک سالانه و فصلی فعالیت لکه‌های خورشیدی

همانگونه که از جداول شماره ۷ و ۸ برمی‌آید، اکثر سیکل‌های مشاهده شده در ماه‌های مختلف سال ۵ و ۷ ساله می‌باشد و وسعت دامنه سیکل‌ها در ماه‌های مارس و ژوئن است که به ۱۵ سال می‌رسد و ماه فوریه که رابطه معنادار معکوس را با فعالیت لکه‌های خورشیدی دارد. بالاترین وسعت سیکل‌ها را با دوره ۲۰ ساله دارا می‌باشد و در مقیاس فصلی و سالانه و وسعت دامنه سیکل‌ها بالا می‌باشد که سیکل ۲۰ ساله در فصول تابستان و بهار و مقیاس سالانه دیده می‌شود. می‌توان نتایج بدست آمده از ایستگاه‌های کرمان و شیراز را نیز با یکدیگر مقایسه نمود به گونه‌ای که در ایستگاه کرمان در ماه‌های دسامبر، ژانویه و آوریل افزایش دما با افزایش فعالیت خورشیدی دارای رابطه مستقیم می‌باشند؛ اما در ایستگاه شیراز این رابطه مستقیم مربوط به ماه‌های آگوست و دسامبر می‌باشد. در هردو ایستگاه یاد شده نیز ماه فوریه از لحاظ رابطه معنادار و معکوس می‌باشد. همچنین ایستگاه کرمان در اکثر ماه‌های سال سیکل‌های موردنظر از نوسانات مشخصی برخوردار بوده درحالی که در ایستگاه شیراز به ویژه در دوره گرم سال سیکل‌ها دارای نظم می‌باشند.

جدول ۷. طول دوره سیکل ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه شیراز در بازه زمانی (۱۹۵۰-۲۰۱۰)

سیکل‌های دمایی	ماه
۱۰ و ۱۵ ساله	ژانویه
۷-۵ و ۱۱ ساله	فوریه
۷-۵ و ۱۰ ساله	مارس
۲-۵ و ۱۰ ساله	آوریل
۵ و ۱۲ ساله	می
۵-۱۵ و ۲۰ ساله	ژوئن
۳-۱۵ و ۲۰ ساله	جولای
۵ و ۱۰ ساله	اگوست
۳-۵ و ۱۲ ساله	سپتامبر
۵-۱۰ و ۱۳ ساله	اکتبر
۲-۳ و ۵ ساله	نوامبر
۵ و ۱۵ ساله	دسامبر

جدول ۸. طول دوره سیکل فصلی و سالانه فعالیت لکه‌های خورشیدی در ایستگاه شیراز در بازه زمانی

(۱۹۵۰-۲۰۱۰)

سیکل‌های دمایی	فصلی و سالانه
۷-۱۰ ساله	زمستان
۶-۱۰ و ۱۵ ساله	بهار
۱۵ ساله	پاییز
۲-۳ و ۱۵ ساله	تابستان
۷ و ۲۰ ساله	سالانه

## ۵. نتیجه‌گیری

لکه‌های خورشیدی مهمترین شاخص تغییرپذیری تابش خورشیدی هستند؛ به‌طوریکه در اکثر مطالعات برای تجزیه و تحلیل تغییرات لکه‌های خورشیدی عمدتاً از تعداد نسبی لکه‌ها استفاده می‌گردد. در تحقیق حاضر برای بررسی رابطه بین دما و لکه‌های خورشیدی از میانگین سالانه، فصلی و ماهانه لکه‌های خورشیدی طی دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۰ تا ۲۰۱۰) برگرفته از سازمان ژئوفیزیک آمریکا و داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه مربوط به پارامتر دما برای دوره آماری ۶۰ ساله (۱۹۵۰-۲۰۱۰) از اداره هواشناسی استان فارس و کرمان تهیه شد. جهت واکاوی داده‌ها نیز از تحلیل آنالیز موجک و تحلیل آماری بهره گرفته شده‌است. میزان همبستگی ماهانه، فصلی و سالانه دما با فعالیت

لکه‌های خورشیدی در ایستگاه‌های کرمان و شیراز بیانگر این است که در اکثر ماه‌ها و در مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه همبستگی معنادار بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود ندارد و ضرایب بدست آمده از تحلیل آماری پیرسون اکثراً منفی بوده و بیانگر ارتباط معکوس بین این دو متغیر است؛ یعنی با افزایش فعالیت خورشیدی دما کاهش می‌یابد. فقط در ماه فوریه رابطه معنادار و معکوس بین این دو فراسنج نمایان است. با مشاهده موجک‌های رسم شده برای ماه‌های مختلف سال می‌بینیم که در طی دوره آماری ۶۰ ساله، ۴ سیکل در فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد که در هر یک از سیکل‌ها شدت فعالیت‌ها متفاوت است. اکثر سیکل‌های مشاهده شده در ماه‌های مختلف سال ۵ و ۷ ساله می‌باشد و وسعت دامنه سیکل‌ها در ماه‌های مارس و ژوئن است که به ۱۵ سال می‌رسد و ماه فوریه که رابطه معنادار معکوس را با فعالیت لکه‌های خورشیدی دارد بالاترین وسعت سیکل‌ها را با دوره ۲۰ ساله دارا می‌باشد.

#### کتابنامه

- تقوی، فرحناز؛ نیسانی، ابوالفضل؛ محمدی، حسین؛ رستمی جلیلیان، شیما. ۱۳۹۰. مجله ژئوفیزیک ایران. جلد ۵. شماره ۴. صص ۳۰-۱.
- تی. دیکسون، رابرت. ۱۳۸۲. نجوم دینامیکی ترجمه احمد خواجه نصیر طوسی. تهران. مرکز نشر دانشگاهی.
- جهانبخش، سعید؛ عدالت‌دوست، معصومه. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران، تحقیقات جغرافیایی. صفحات ۲۳-۱.
- جهانبخش، سعید؛ عدالت‌دوست، معصومه؛ تدوینی، معصومه. ۱۳۸۹. دریاچه ارومیه شاخصی کلاسیک از ارتباط بین لکه‌های خورشیدی و اقلیم شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۹. صص ۲۳-۱۰.
- خسروی، محمود؛ رستمی جلیلیان، شیما. ۱۳۹۳. بررسی ارتباط بارش و دمای ایران با چرخه لکه‌های خورشیدی با استفاده از پالایش موجک. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال پنجم. شماره نوزدهم و بیستم. پاییز و زمستان ۱۳۹۳. صص ۵۲-۳۹.
- خسروی، محمود؛ میردیلیمی، سمیرا. ۱۳۹۰. تأثیر فعالیت لکه‌های خورشیدی بر بارش استان گلستان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، پیاپی ۵۲، شماره ۴، زمستان، صص ۴۶-۳۴.
- زرین، آذر؛ عباس مفیدی. ۱۳۸۴. ورودش فعالیت خورشیدی و اثر آن بر اقلیم زمین؛ مطالعه موردی اقلیم خاورمیانه و ایران» فصلنامه تحقیقات جغرافیایی سرزمین. سال دوم شماره ۸۸ صص ۱۶-۱.
- صابریان، جواد؛ ملک، محمدرضا. ۱۳۸۸. تبدیل موجک و کاربرد آن در GIS. همایش و نمایشگاه ژئوماتیک.
- کلیم، دوست محمدغ پیشوایی، محمدرضا؛ محمودی، پیمان. ۱۳۹۲. مطالعه امکان تأثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش در ایستگاه‌های منتخب جنوب ایران. سال سیزدهم. شماره ۴۲. صص ۲۰۸-۱۹۱.
- Araya, E. Javier B & Walter F., 2000. Solar activity and climate in Central America, *Geofísica International*, Vol., 39, Num. 1, pp. 97-101

- Bal,S & M.BOS., 2010. A Climatologically Study of the Relations among Solar activity, Galactic Cosmic ray and Precipitation on Various regions over the Globe; *J. Earth Syst. Sci.* 119, pp. 201–209
- Ghil, M., & R. Vautard., 1991. Inter decadal Oscillations and the Warming Trend in Global Temperature Time Series, *Science*, 199, 1065-1068.
- Grinsted, A., Moore, J.C. & Jevrejeva, S., 2004. Application of the cross wavelet transform and wavelet coherence to geophysical time series, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 11:561-566
- Heil, W., 1989. Continuous and Discrete Wavelet Transforms, *Society for Industrial and Applied Mathematics Review*, vol.31, No.4, pp..628-666, December.
- Keisser, K., davrath, LR. & Akselrod, S., 2008. wavelet transform coherence estimates in cardiovascular analysis: Error analysis and feasibility study, *Computers in cardiology*,35:461-464
- Kyle, H. L., D. V. Hoyt, J. R. Hickey, R. H. Maschoff & B. J. Vallette., 1993. Nimbus-7 earth radiation budget calibration history. Part Y: The solar channels. NASA Reference Publication 1316
- Li, C.H., Yang, Z.F., Huang, G.H & Li, Y.P., 2009. Identification of relationship between sunspots and natural runoff in the Yellow River based on discrete wavelet analysis, *Expert Systems with Applications*, 36, PP: 3309-3318, Elsevier Ltd.
- Mallah El. E.S, Abdel-Halim.A.A, Thabit.A. & El-Borie.M.A., 2012.Solar and Geomagnetic activity effects on Egypt's climate; *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES* Volume 2, No 3
- Meehl, G.A.Arbiaster, J.M. Matthes. & K. Sissify., 2009. Sunspots can have a big impact on the weather on Earth NASA. *Science* 325, 1114-1118
- Sabatino, S., H. L. Linghuai, H.L., 2000. Solar variability and climate. *Department of Astronomy*. Yale University, *New Haven*.
- Sueyers, R., 1990.on the Statistical Analysis of Series of Observation. WMO, 415:2-1520- Zhao Juan, Yan-Ben Han2 and Zhi-A Li., 2004. the Effect of Solar Activity on the Annual Precipitation in the Beijing Area; *Chin.J. Astron. Atrophy's*. Vol. 4, No. 2, 189–197.