Archive of SID

صص ۵۲-۳۵

بررسی تأثیر لکه‌های خورشیدی بر دما در ایستگاه‌های اصفهان، شهرکرد و کاشان طی نیم‌قرن اخیر با استفاده از تحلیل موجک

کمال امیدوار *
استاد گروه جغرافیای طبیعی (آب و هواشناسی) دانشگاه یزد، ایران
راضیه نادری بنی
کارشناس ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه یزد، ایران
معصومه نبوی زاده
دانشجوی دکتری مخاطرات محیطی، دانشگاه یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۹

چکیده
لکه‌های خورشیدی یکی از مؤلفه‌هایی که می‌تواند بر سامانهٔ اقلیمی زمین در مقیاس‌های زمانی متفاوت اثر گذاشته و در نهایت نوسان‌ها و تغییرات اقلیمی را به دنبال داشته باشد در کانون توجه قرار گرفته است. در این پژوهش تأثیر لکه‌های خورشیدی را بر تغییرات دمایی مورد بررسی قرار گرفت. سه ایستگاه شهرکرد، اصفهان و کاشان به علت داشتن آمار داده‌های طولانی مدت، مورد مطالعه قرار گرفتند. داده‌های مربوط به لکه‌های خورشیدی از سازمان ژئوفیزیک آمریکا برای دوره آماری ۵۰ ساله (۲۰۱۰- ۱۹۶۱) تهیه گردید. داده‌های متوسط دمای ماهانه، فصلی و سالانه سه ایستگاه‌های مذکور نیز برای دوره آماری ۵۰ ساله انتخاب شد. جهت انجام این پژوهش از تجزیه و تحلیل آماری و تحلیل آنالیز موجک با بهره‌گیری از نرم‌افزار متلب استفاده گردید. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته، بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی رابطه مستقیم معنادار قوی در برخی از ایستگاه‌ها را دارند که در این میان سهم ایستگاه کاشان بیش از سایر ایستگاه‌ها بود. بر اساس آنالیز موجک در اکثر ایستگاه‌ها رابطه مستقیم بین آن‌ها مشاهده گردید. با توجه به تحلیل آنالیز موجک سیکل ۱۱ ساله در فعالیت لکه‌های خورشیدی مشاهده شد که اوج فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهار وجود دارد. وسعت دامنه سیکل‌های دمایی در فصل زمستان در هر سه ایستگاه نسبت به سایر فصول بیشتر است.

واژگان کلیدی: لکه‌های خورشیدی، تحلیل آنالیز موجک، اصفهان، شهرکرد، کاشان.

مقدمه
درک قانونمندی‌های سامانه اقلیمی زمین، نیازمند شناخت مؤلفه‌های مؤثر در این سامانه می‌باشد. بی‌گمان خورشید منبع اصلی انرژی زمین و ایجاد کنندهٔ تفاوت اقلیمی آن یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین این مؤلفه‌ها است. تغییرات میزان انرژی

*نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۵۳۴۵۳۲ Email: komidvar@yazd.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

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 اقلیم شناسان را به خود معطوف کرده و یکی از مؤلفه‌هایی که می‌تواند بر سامانهٔ 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 (زرین و مفیدی، ۱۳۸۵، ۸۴). خورشید منبع اصلی انرژی جهت انجام تمام فرآیندهای طبیعی مخصوصاً دما می‌باشد. از نظر زیست‌محیطی شدت، مدت و کیفیت انرژی خورشید به‌طور مستقیم و غیرمستقیم اهمیت زیادی دارد. تبادلات انرژی بالقوه (حرارتی) به انرژی جنبشی که در مقیاس وسیعی از کره زمین اتفاق می‌افتد، در فرآیندهای اقلیمی اهمیت زیادی دارد. این تبادلات به‌ویژه در جو، زمینه‌ساز شیب تغییرات انرژی بالقوه می‌شود که از لحاظ حرارتی محرکه اصلی حرکات جوی است (جاوری، ۱۳۸۹، ۷). این‌یک واقعیت روشن است که آب‌وهوای زمین، به‌ویژه در سه دهه گذشته، در حال تغییراست و علت این تغییرات به‌طور کلی به دو عامل گازهای گلخانه‌ای و تغییر فعالیت‌های خورشیدی نسبت داده شده است (بوری[1]، ۲۰۱۲، ۸۰). لکه‌های خورشیدی نشانه فعالیت خورشیدی در هر زمان می‌باشد (گرینستد[2] و همکاران، ۲۰۰۴: ۵۶۱). دمای این نقاط نسبت به نواحی مجاور سطح خورشید کمتر بوده و امواج الکترومغناطیسی به‌صورت دسته‌های خیلی قوی در این نواحی خارج می‌شوند؛ بنابراین لکه‌های خورشیدی، مناطق نسبتاً تیره و تاریکی هستند که بر روی سطح خورشید تشکیل می‌شوند و از یک سایه و یک نیم‌سایه تشکیل شده‌اند. قطر نیم‌سایه حدود ۲,۴ برابر قطر سایه بوده و توسط حلقه‌های نورانی احاطه شده‌اند. دمای لکه‌های خورشیدی حدود ۳ تا ۴ هزار درجه کلوین بوده و لکه‌های خورشیدی به‌طور متوسط تا ۰/۲ درصد از سطح قابل رؤیت خورشید را به خود اختصاص می‌دهند. این لکه‌ها اغلب دایره‌ای شکل یا بیضوی بوده و اندازه یا ابعاد آن‌ها حدود ۱۰۰ تا ۲۰ هزار کیلومتر بوده است و مدت عمر یا ماندگاری آن‌ها معمولاً از چند روز تا چند ماه می‌تواند باشد که این مسئله به‌اندازه و تعداد آن‌ها بستگی دارد (کمالی و مرادی، ۱۳۸۴، ۱۴).

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 پر رنگ از نواحی فاقد همبستگی جدا شدند و به این ترتیب محدوده تأثیرگذاری پدیده‌ها بر یکدیگر مشخص می‌شود. نحوه همبستگی بین متغیرها نیز بر اساس جهت پیکان‌های موجود در تصویر مربوطه قابل‌بررسی 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 و همکاران، ۲۰۰۸، ۴۶۱). لکه‌های خورشیدی نشانه فعالیت خورشیدی در هر زمان می‌باشد. دمای این نقاط نسبت به نواحی مجاور سطح خورشید کمتر بوده و امواج الکترومغناطیسی به‌صورت دسته‌های خیلی قوی در این نواحی خارج می‌شوند. بنابراین لکه‌های خورشیدی مناطق نسبتاً تیره و تاریکی هستند که بر روی سطح خورشید

[1]- Buri
[2]- Grinstd

www.SID.ir

Archive of SID

تشکیل می‌شوند و از یک سایه و یک نیم‌سایه تشکیل شده‌اند. قطر نیم‌سایه حدود ۲,۴ برابر قطر سایه بوده و توسط حلقه‌های نورانی احاطه شده‌اند. اندازه لکه‌ها در حین حرکت بر سطح خورشید، گسترش و کاهش می‌یابد و می‌توانند به‌اندازه‌ای برابر ۸۰،۰۰۰ کیلومتر (۵۰،۰۰۰ مایل) برسند، به‌گونه‌ای که بزرگ‌ترین آن‌ها از زمین بدون کمک تلسکوپ قابل مشاهده است. هم‌چنین وقتی لکه‌ها برای اولین بار در سطح فوتوسفر نمایان شوند، ممکن است با سرعت‌های نسبی (حرکت ویژه) چند صد متر بر ثانیه حرکت کنند. لکه‌های خورشیدی غالباً به‌صورت زوج پدیدار می‌شوند، که یک لکه دارای قطبیت مغناطیس مثبت و دیگری دارای قطبیت مغناطیسی منفی است، در هر چرخه ۱۱ ساله معین، لکهٔ مثبت، لکهٔ منفی را در نیمکرهٔ شمالی هدایت می‌کند، در حالی که در نیمکرهٔ جنوبی عکس آن صادق است. در چرخهٔ ۱۱ ساله متوالی بعدی ترتیب قطبیت برعکس می‌شود (تی دیکسون، ۱۹۲۷، ۲۲۰). لکه‌های خورشیدی مناطق نسبتاً تاریکی روی سطح خورشید هستند که شامل یک منطقه تیره‌تر در مرکز (موسوم به منطقه سایه یا آمبرا[۳]) و یک منطقه با تیرگی کمتر (موسوم به پنمبرا[۴]) در اطراف می‌باشد (زرین و مفیدی، ۱۳۸۵، ۸۸).

در رابطه با تأثیر فعالیت لکه‌های خورشید بر اقلیم زمین مطالعات زیادی صورت گرفته است که نتایج حاصل از پژوهش‌ها، حاکی از این واقعیت است که ارزیابی تأثیر فعالیت چرخه‌ای خورشید بر شرایط اقلیمی کره زمین به دو روش مستقیم و غیرمستقیم صورت می‌گیرد و اثبات شده است که تغییرات چرخه‌ای اقلیم کره زمین با فرکانس زمانی منظم و چرخه‌ای فعالیت لکه‌های خورشید در ارتباط تنگاتنگ هستند. (آرایا[۵]و همکاران، ۲۰۰۰، ۹۷)، 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، 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 آب‌وهوایی نام بردند. (ساباتینو و لینگهوای[۶]، ۲۰۰۰، ۱۲۹۶۹) با بررسی رابطه بین لکه‌های خورشیدی و تغییرات دما به روابط معناداری بین این دو متغیر دست یافته‌اند به‌گونه‌ای که با افزایش تعداد لکه‌های خورشیدی دمای سطح زمین افزایش و با کاهش آن دمای هوا کاهش پیدا می‌کند. (زهائو[۷] و همکاران، ۲۰۰۴: ۱۸۹) اثر فعالیت‌های خورشیدی در بارش سالانه منطقه پکن را با استفاده از آنالیز موجک پیوسته مورد بررسی قرار دادند و نتایج حاکی از این پژوهش نشان می‌دهد که فعالیت‌های خورشیدی نقش مهمی در بارش‌های این منطقه دارد. (میهل و همکاران،[۸] ۲۰۰۹: ۱۱۱۴) با شبیه‌سازی کامپیوتری نشان دادند که چگونه تغییرات کوچک در درخشندگی خورشید می‌تواند تأثیر زیادی بر آب‌وهوای شرق اقیانوس آرام ایجاد کند، به‌طوری که با افزایش لکه‌های خورشیدی و گرمایش شدید افزایش تبخیر صورت می‌گیرد که خود باعث بارش باران در برخی از مناطق و ایجاد بادهای

---

[3]- Umbra
[4]-Penumbra
[5]- Area et al
[6]- Sabatini and link heavy
[7]Zhao
[8]-Mehel et al

www.SID.ir

Archive of SID

خنک‌کننده به‌عنوان مانعی برای تشکیل ابرهای باران‌زا در قسمت شرقی اقیانوس، می‌باشد. (بال و بوز،[9]۲۰۱۰: ۲۰۱) به مطالعه روابط بین اقلیم و فعالیت‌های خورشیدی در مناطق مختلف جهان اقدام کردند و با استفاده از تجزیه و تحلیل موجک فوریه در مناطقی 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،[10]۲۰۱۲، ۱۸۰۷) 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. برخلاف مطالعات بسیار حجیم جهانی در رابطه با فعالیت‌های خورشیدی و تأثیر آن بر اقلیم زمین، مطالعات چندانی در کشورمان صورت نگرفته است که در اینجا به چند نمونه از آن اشاره می‌کنیم، (زرین و مفیدی، ۱۳۸۵، ۹۰) بین تعداد لکه‌های خورشیدی با مجموع بارش زمستانه و میانگین دمای فصول حدی در برخی از ایستگاه‌های منتخب ایران روابط معنادار قابل توجهی را پیدا نکردند. با وجود این همبستگی‌های ضعیف به‌دست آمده نشانگر آن است که در سال‌هایی که فعالیت خورشیدی به حداکثر خود می‌رسد، دمای میانگین فصل زمستان در خاورمیانه و ایران به‌طور نسبی کاهش می‌یابد. (جهانبخش و عدالت دوست، ۱۳۸۷، ۳) به بررسی تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران پرداختند و در این پژوهش از روش آنالیز موجک پیوسته و آنالیز فوریه استفاده کردند و دریافتند که خورشید و فعالیت‌های آن نه‌تنها به‌عنوان عامل تعیین کننده و تأثیرگذار بر کل کره زمین محسوب می‌شود بلکه نقش آن در بارندگی ایران نیز قابل ملاحظه است.

(جهانبخش و عدالت دوست، ۱۳۸۹، ۴۹) به ارزیابی تغییرات دراز مدت نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه و پارامترهای مؤثر در این نوسان‌ها در ارتباط با فعالیت لکه‌های خورشیدی (عامل عمده کنترل کننده تغییرات طبیعی اقلیم) بر اساس دو روش آنالیز موجک پیوسته و متقاطع پرداختند و مشخص شد که سطح آب دریاچه ارومیه دارای نوسان‌های دوره‌ای معنی‌دار و منفی ۸–۱۱ ساله است که وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین این نوسان‌ها در ارتباط با لکه‌های خورشیدی است. بر اساس یافته‌های پژوهش، فعالیت‌های خورشیدی، احتمالاً تنها فاکتور طبیعی مؤثر در نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه و پارامترهای مربوطه در درازمدت محسوب می‌شوند.

(تقوی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۳) به بررسی کاربرد تحلیل موجک در شناسایی رفتار بارش در مناطق غربی ایران در یک دورهٔ آماری ۴۳ ساله (۲۰۰۹–۱۹۶۶) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در همه ایستگاه‌ها، یک دوره بازگشت سالانه با سطح اطمینان بیش از ۹۰ درصد وجود دارد و تقویت و تضعیف آن وقوع دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی در این مناطق را به‌خوبی نشان می‌دهد. (کلیم و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۹۱) به مطالعه امکان تأثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش در ایستگاه‌های منتخب جنوب ایران پرداختند و بیشترین همبستگی در تأخیرهای ۳ساله برای جاسک و بوشهر در سطح ۵٪ معنی‌دار به دست آمد. اما برای ایستگاه شیراز رابطه معنی‌داری حاصل نشد و به این نتیجه رسیدند که اثر لکه‌های خورشیدی بر بارش

[9]- Ball and boos
[10]- Mala and abdolhalim

www.SID.ir

Archive of SID

در جایی بیشترین نمود را پیدا می‌کند که سایر دلایل بارش مثل جریان‌های جوی جهانی و منطقه‌ای گردش جوی، اثر کمتری داشته باشد. خسروی و میردیلمی، ۱۳۹۲: ۳۳) 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. از دیگر مطالعات در این زمینه می‌توان به مقالات دیگری مانند: (Nalley, D. et al, 2012)، (Sejrup, H.P. et al, 2015))، (کلیم و همکاران، ۱۳۹۲)، خسروی و جلیلیان (۱۳۹۳)، سلیقه و همکاران (۱۳۹۴)، امیدوار و همکاران (۱۳۹۵) اشاره کرد. از آنجایی که بررسی روند تغییرات دما در ارزیابی و مدیریت دراز مدت منابع آب برای دستیابی به توسعه پایدار و حفظ وضعیت موجود نقش بسزایی دارد، در این پژوهش نیز، به بررسی روند تغییرات دما پرداخته و نقش لکه‌های خورشیدی را یکی از مؤلفه‌های این تغییر مورد تحلیل قرار گرفته است و هدف این پژوهش بررسی تأثیر لکه‌های خورشیدی بر دمای سه ایستگاه‌های اصفهان، شهرکرد و کاشان طی نیم‌قرن اخیر با استفاده از تحلیل موجک می‌باشد و برای نیل به این امر از روش آنالیز موجک پیوسته بهره گرفته شد.

داده‌ها و روش‌ها

لکه‌های خورشیدی مهم‌ترین شاخص تغییرپذیری تابش خورشیدی هستند، به‌طوری که در اکثر مطالعات برای تجزیه و تحلیل تغییرات لکه‌های خورشیدی عمدتاً از تعداد نسبی لکه‌ها استفاده می‌گردد .در پژوهش حاضر نیز از میانگین سالانه، فصلی و سالانه لکه‌های خورشیدی طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ استفاده گردید. داده‌های مربوط به لکه‌ها از سازمان ژئوفیزیک آمریکا تهیه شده است همچنین داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه مربوط به پارامتر دما برای دوره آماری ۵۰ ساله (۲۰۱۷– ۱۹۶۷) از اداره هواشناسی استان چهارمحال و بختیاری تهیه شد. از آنجایی که استخراج فرکانس‌های دما، بارش و فعالیت لکه‌های خورشید به همراه زمان وقوع هر فرکانس ، هدف ماست. تبدیل موجک می‌تواند روش مناسب و قدرتمندی برای انجام این کار باشد. جهت انجام این کار، از برنامه‌نویسی نرم‌افزار متلب استفاده گردید. سپس موجک از نوع مورلت به‌عنوان موجک مادر انتخاب شد.

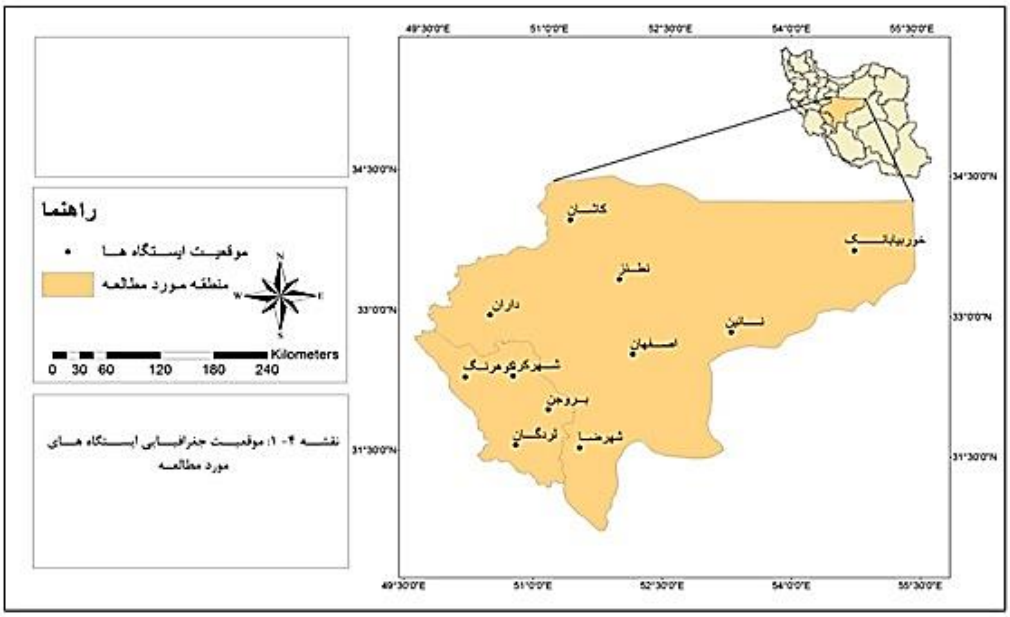
$$\Psi_0(\eta) = \pi \quad e^{iw0\eta}\, e^{-\frac{1}{2}\eta 2} \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

در رابطه فوق w0 فرکانس بی‌بعد و η زمان بی‌بعد هستند. ایده‌ای که پشت تحلیل موجک نهفته است بر مبنای به‌کارگیری موجک‌ها به‌عنوان فیلترهای میان‌گذر در سری‌های زمانی مختلف استوار شده است. موجک‌ها هم‌زمان با تغییر در مقیاس پدیده‌ها (s) در محدوده زمانی (t) کشیده شده، باعث بارزتر شدن تغییرات موجود در پدیده‌ها می‌گردند. آنالیز موجک مورلت تناسب بسیار خوبی بین زمان و فرکانس ایجاد می‌کند و بدین ترتیب، استخراج تغییرات موجود در پدیده‌ها به سهولت امکان‌پذیر می‌شود (گرینستد [1] و همکاران، ۲۰۰۴: ۵۶۱).

[1] Grinsted

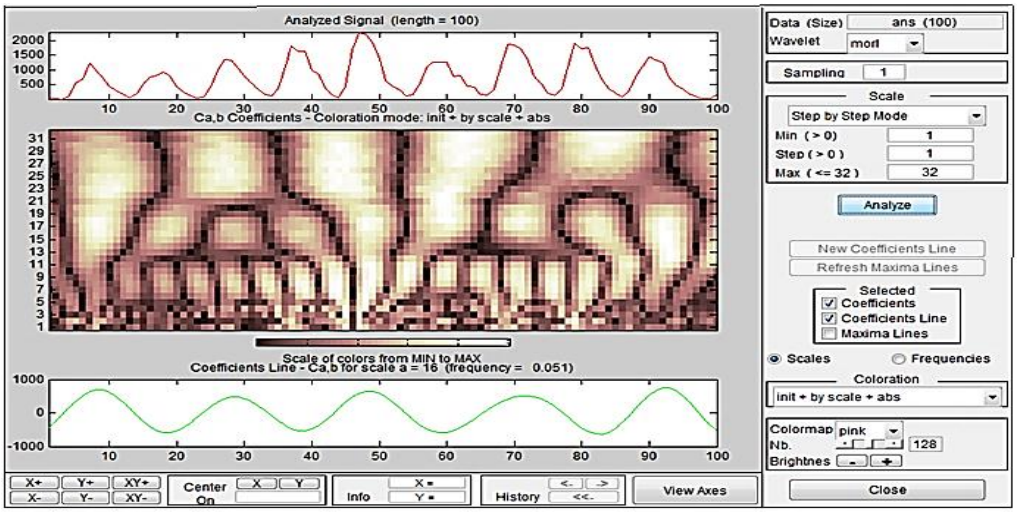
www.SID.ir

Archive of SID



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: خروجی تبدیل موجک بر روی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی

شکل ۲، نتیجه بکار گیری روش تحلیل موجک بر روی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی برای نمونه در یک 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 مشخص‌شده است به این صورت که دوره‌های حداکثر مقدار انرژی با تن تیره و دوره‌های حداقل مقدار انرژی با تن روشن نشان داده شده است. در بخش بالایی

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار تغییرات زمانی لکه‌های خورشیدی و در بخش پایینی نتایج نهایی ارائه می‌شود و میزان ضریب تغییرات نسبت به میانگین را نشان می‌دهد.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های دما و لکه‌های خورشیدی

با توجه به جداول شماره ۱ و ۲ که به ترتیب میزان همبستگی ماهانه و فصلی- سالانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی را بیان می‌کند، مشاهده می‌شود که از نظر ماهانه، ایستگاه شهرکرد به غیر از ماه‌های فوریه، مارس و جولای در سایر ماه‌ها همبستگی مستقیم بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی را دارد که در ماه آوریل به بالاترین میزان می‌رسد. در ایستگاه اصفهان وضعیت همبستگی به صورتی است که در ۵ ماه از سال یعنی، ژانویه، فوریه، مارس، می و جولای رابطه معکوس می‌باشد و در سایر ماه‌ها همبستگی مستقیم را نشان می‌دهد. در ایستگاه کاشان، بیشترین همبستگی معنی‌دار مستقیم، بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی را به خود اختصاص داده است. به‌طوری که فقط در ماه فوریه همبستگی معکوس مشاهده می‌شود. از نظر فصلی و سالانه به‌جز فصل زمستان در هر سه ایستگاه و اصفهان در فصل تابستان، در باقی فصول و مقیاس سالانه رابطه مستقیم بین دما و فعالیت‌های خورشیدی دیده می‌شود و بیشترین همبستگی مربوط به فصل پاییز می‌باشد که هر سه ایستگاه در سطح ۹۹ درصد همبستگی مستقیم را نشان می‌دهند.

جدول ۱: همبستگی ماهانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی (۲۰۱۰- ۱۹۶۱)

دما و لکه‌های خورشید	شهرکرد	اصفهان	کاشان
ژانویه	۰/۰۱	-۰/۰۰۷	۰/۰۰۱
فوریه	-۰/۱۹	-۰/۳۱	-۰/۱۴
مارس	-۰/۰۰۶	-۰/۱۱	۰/۰۸
آوریل	**۰/۴۳	۰/۲۷	**۰/۳۷
می	۰/۱۳	-۰/۰۱	۰/۲۱
ژوئن	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۱۰
جولای	۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۱۷
آگوست	۰/۲۰	۰/۱۵	*۰/۳۰
سپتامبر	۰/۱۹	۰/۰۲	*۰/۲۸
اکتبر	۰/۱۹	۰/۱۴	*۰/۲۸
نوامبر	۰/۱۴	۰/۱۶	*۰/۳۰
دسامبر	*۰/۲۹	۰/۳۳	**۰/۴۳

مأخذ: نگارندگان

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: همبستگی فصلی و سالانه دما با فعالیت لکه‌های خورشیدی(۲۰۱۰-۱۹۶۱)

دما / ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
شهرکرد	**۰,۳۷	-۰,۰۸	*۰,۳۵	۰,۱۴	۰,۲۶
اصفهان	**۰,۳۹	-۰,۲۰	۰,۱۴	-۰,۰۰۵	۰,۰۷
کاشان	**۰,۴۵	-۰,۰۱	*۰,۲۹	۰,۲۷	*۰,۳۰

مأخذ: نگارندگان

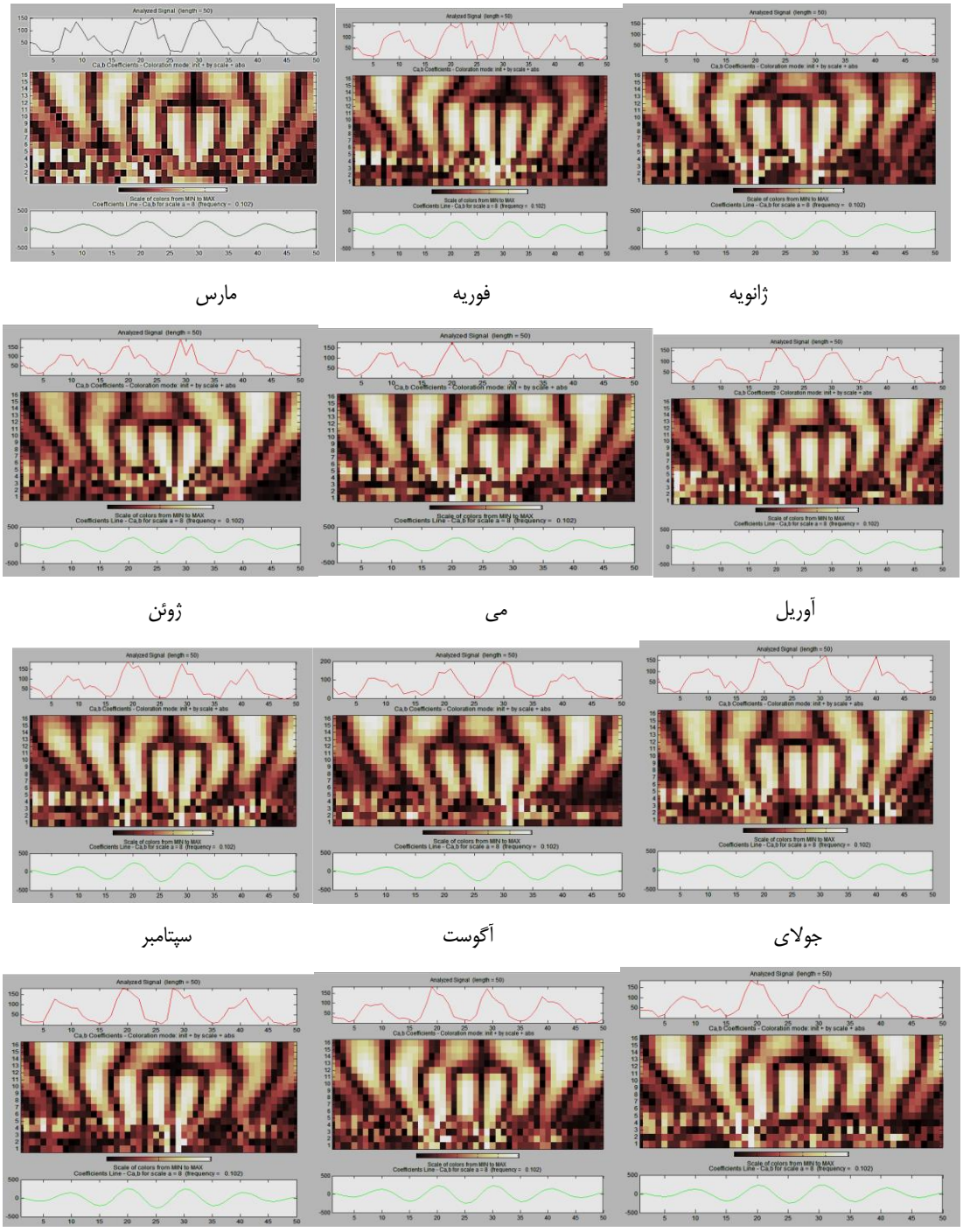
تجزیه و تحلیل فعالیت لکه‌های خورشیدی با استفاده از آنالیز موجک(۲۰۱۰-۱۹۶۱)

طی تمامی ماه‌های سال فعالیت لکه‌های خورشید سیکل ۱۱ ساله را پشت سر گذاشته است. البته در ماه‌های مختلف فرین‌های دوره فعالیت‌ها و نوسان‌ها سیکل‌ها متفاوت است. با مشاهده موجک‌های رسم شده برای ماه‌های مختلف سال در طی دوره آماری ۵۰ ساله، ۴ سیکل در فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد که در هر یک از سیکل‌ها شدت فعالیت‌ها متفاوت بوده است (شکل ۳)، به‌گونه‌ای که در اکثر ماه‌ها مشاهده شده است که سیکل اول و چهارم حداقل فعالیت را دارند. البته در این میان استثنائاتی نیز وجود دارد، مانند ماه مارس 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. اما در اینجا باید ماه جولای را نام برد که تا حدودی فعالیت لکه‌ها در سیکل دوم کاهش یافته و اوج فعالیت در سیکل سوم دیده می‌شود. به‌طور 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 آن کمتر می‌شود.

با بررسی نوسانات ماهانه دمای شهرکرد با استفاده از تحلیل آنالیز موجک ، نوسانات دمایی محسوسی در ماه‌های مختلف سال و سیکل منظمی در دما قابل مشاهده نیست (شکل ۴). اما به‌طور کلی در اکثر ماه‌ها سیکل ۲ تا ۵ ساله در نوسانات دمایی وجود دارد. البته در این میان استثنائاتی نیز وجود داشته است مانند ماه می، که سیکل ۷ تا ۱۰ دارد. با بررسی شکل‌های ۵ و ۶ که به ترتیب مربوط به تحلیل موجک دمای ماهانه ایستگاه‌های اصفهان و کاشان است، نوسانات دمایی چندانی وجود ندارد و سیکل‌های دمایی نیز ۲ تا ۷ ساله است. نظمی که در اشکال ماه‌های می تا اکتبر وجود دارد در سایر ماه‌ها دیده نمی‌شود، به‌طور کلی می‌توان بیان کرد:

www.SID.ir

Archive of SID



مأخذ: نگارندگان

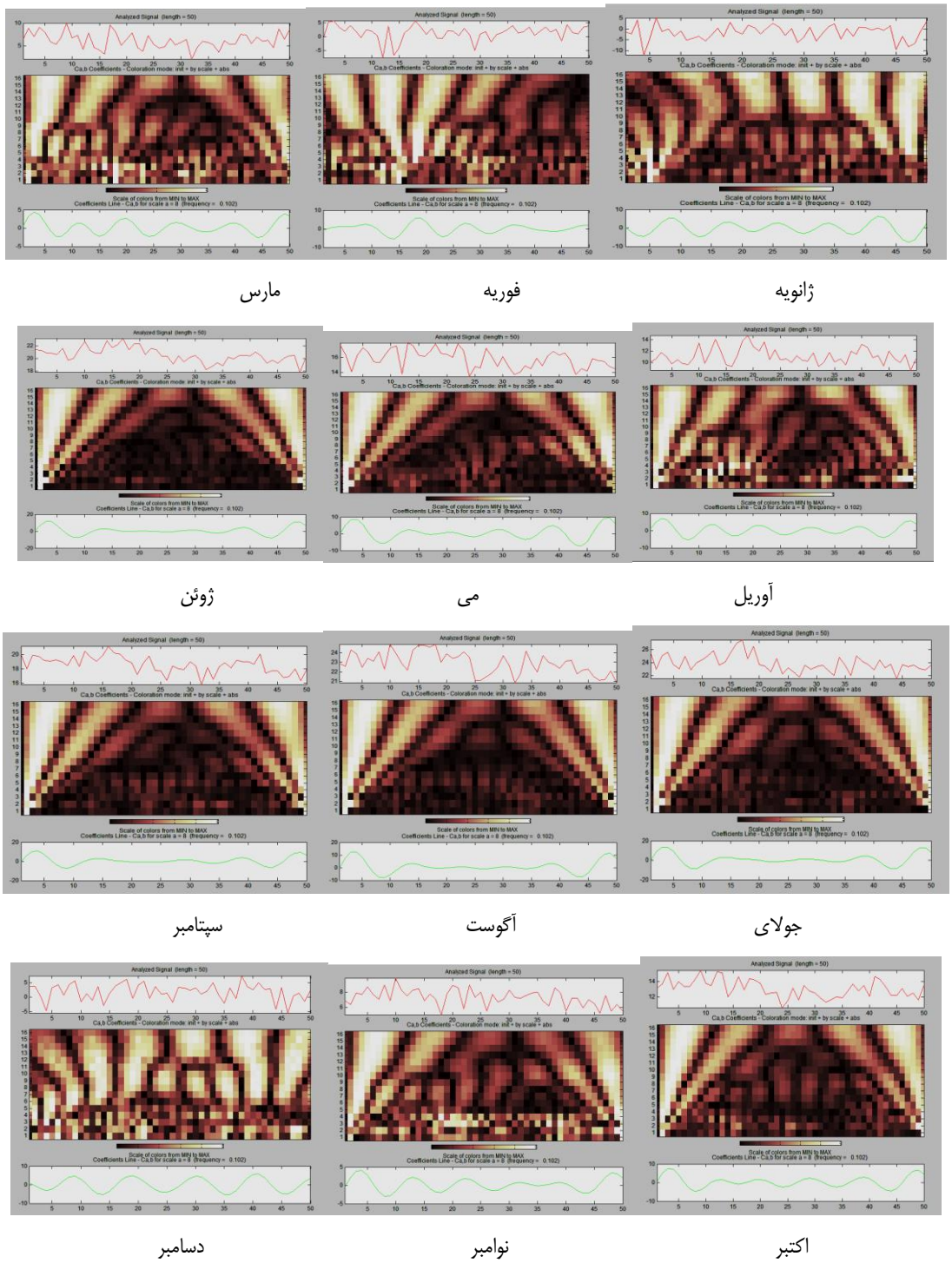
شکل ۳: تحلیل موجک ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی

که در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر در اشکال گرافیکی موجک نظم خاصی وجود ندارد. اما در موجک‌های رسم شده برای سایر ماه‌های سال، در ابتدا و انتهای دوره آماری رنگ نمودارها روشن است که بیانگر پایین بودن دما نسبت به نقاط تیره‌تر است. در تحلیل موجک لکه‌های خورشیدی مشاهده شد در سیکل‌های اول و چهارم فعالیت لکه‌های کمتر

www.SID.ir

Archive of SID

می‌شود و بالعکس سیکل‌های دوم و سوم اوج فعالیت لکه‌های خورشیدی می‌باشد بنابراین یک نوع هماهنگی بین کاهش دما و کاهش فعالیت لکه‌های خورشیدی و بالعکس دیده می‌شود.

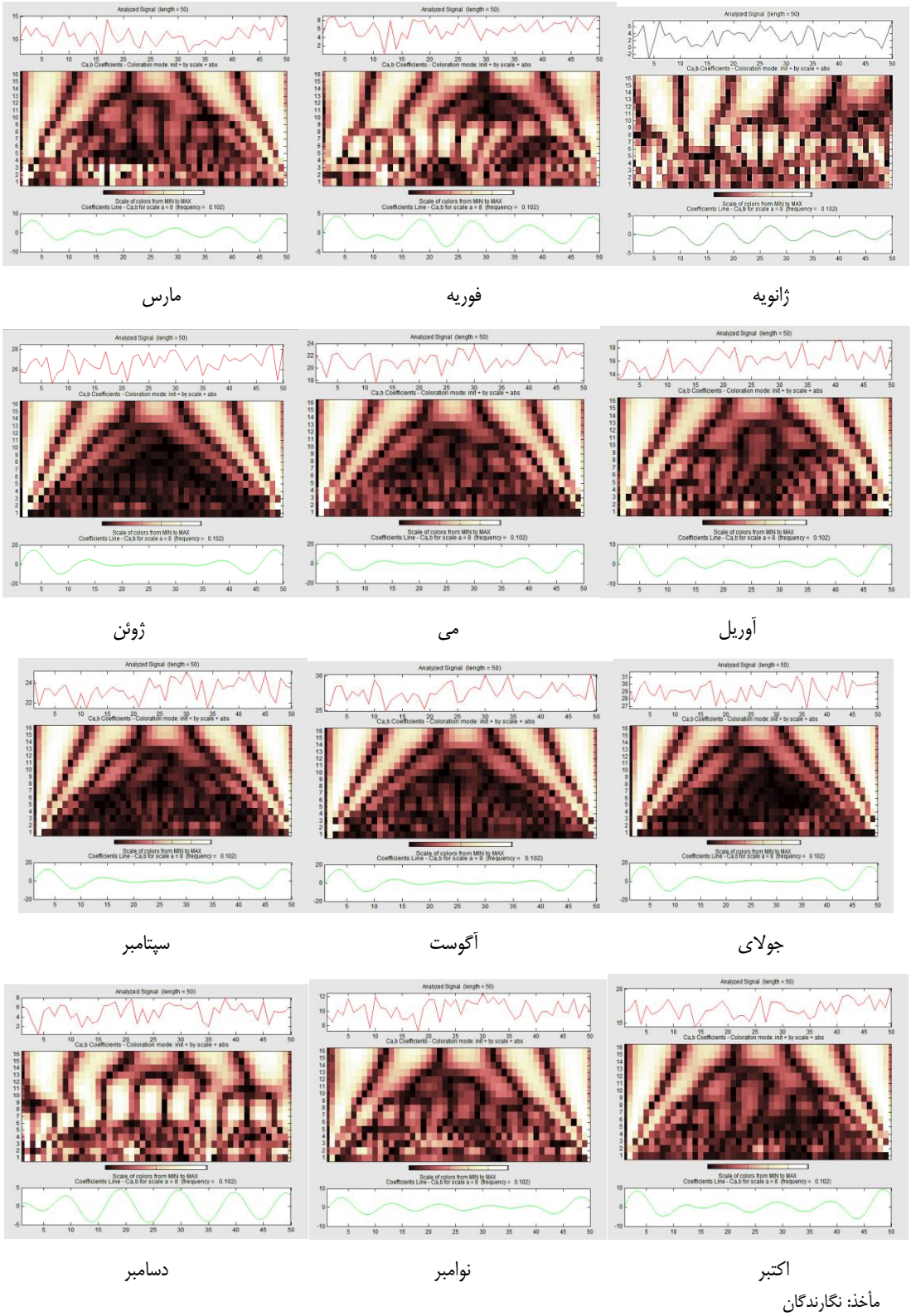


مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: تحلیل موجک دمای ماهانه شهرکرد

www.SID.ir

Archive of SID

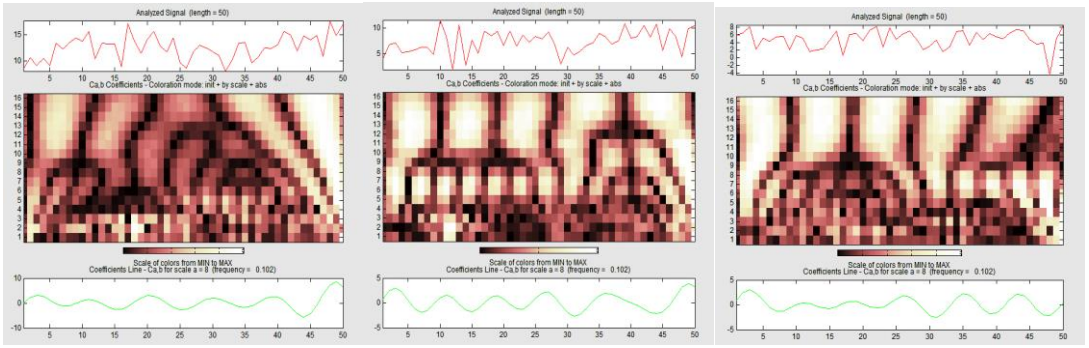


مأخذ: نگارندگان

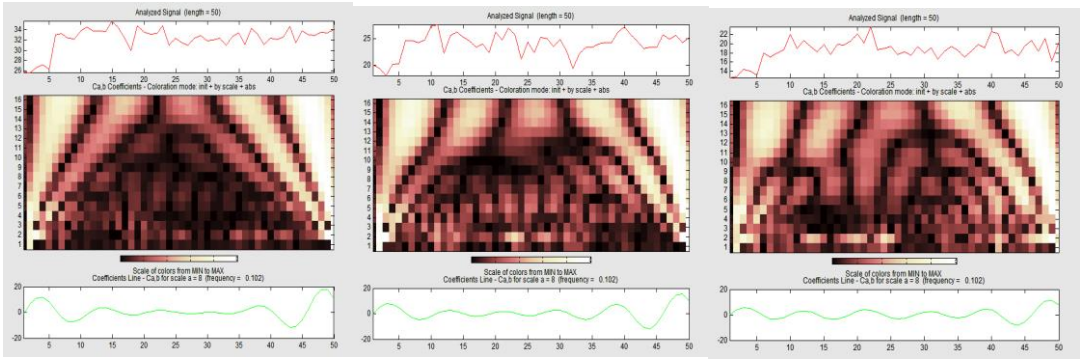
شکل ۵: تحلیل موجک دمای ماهانه اصفهان

www.SID.ir

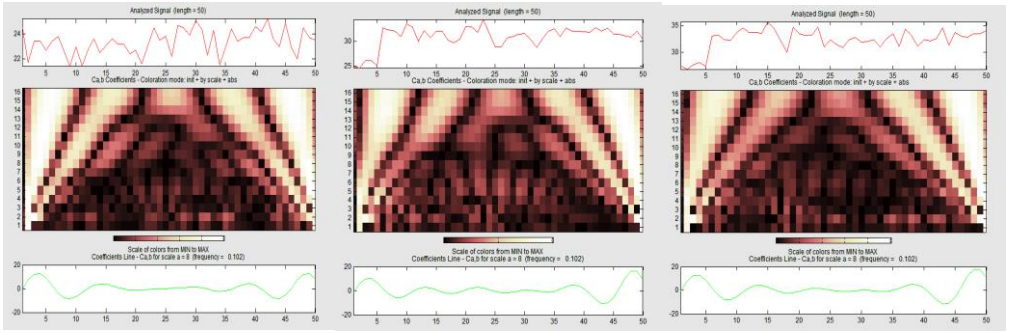
Archive of SID



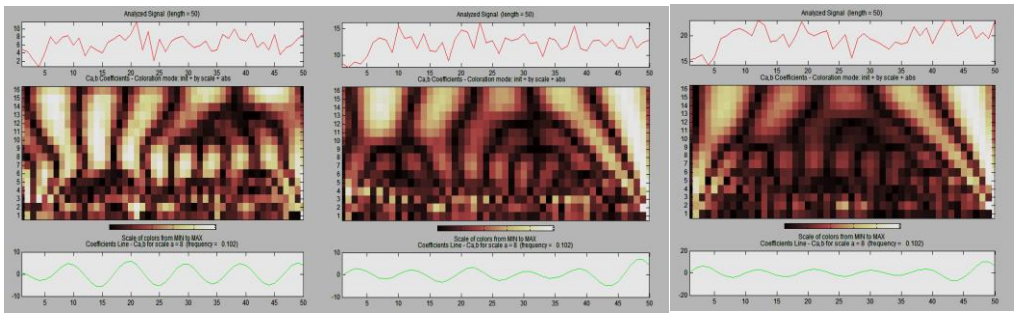
ژانویه فوریه مارس



آوریل می ژوئن



جولای آگوست سپتامبر



اکتبر نوامبر دسامبر

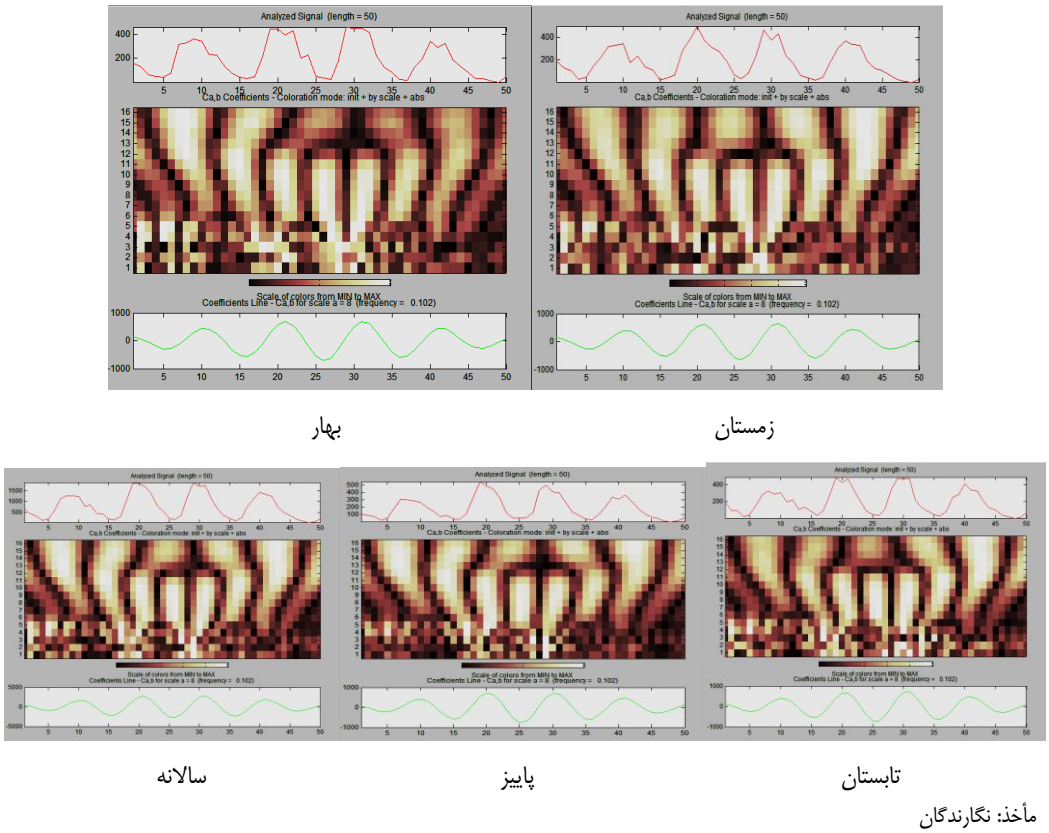
مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: تحلیل موجک دمای ماهانه کاشان

www.SID.ir

Archive of SID

بر اساس تحلیل موجک، مشخص گردید که طی فصول متفاوت فرین‌های دوره فعالیت‌ها، نوسان‌ها و سیکل‌ها متفاوت است. با افزایش میزان شدت فعالیت‌ها، طول دوره فعالیت‌ها کاهش می‌یابد و بالعکس. در هریک از سیکل‌ها شدت فعالیت لکه‌ها متفاوت است به‌گونه‌ای که حداقل فعالیت‌ها در سیکل اول و چهارم دیده می‌شود. طولانی‌ترین سیکل چرخهٔ فعالیت لکه‌ها در فصل زمستان، سیکل اول است که ۱۲ ساله می‌باشد ولی سیکل سوم که شدت فعالیت‌ها در آن رخداده، ۱۰ ساله است. فصل بهار نسبت به فصل زمستان دارای سیکل منظم‌تری است و شدت فعالیت‌ها در این فصل در سیکل دوم دیده می‌شود. سیکل فعالیت لکه‌ها در فصل تابستان و مقیاس سالانه شبیه هم است به‌گونه‌ای که اوج فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهارم رخداده است. وضعیت فعالیت لکه‌ها در فصل پاییز نیز مانند فصل بهار است(شکل ۷).



مأخذ: نگارندگان

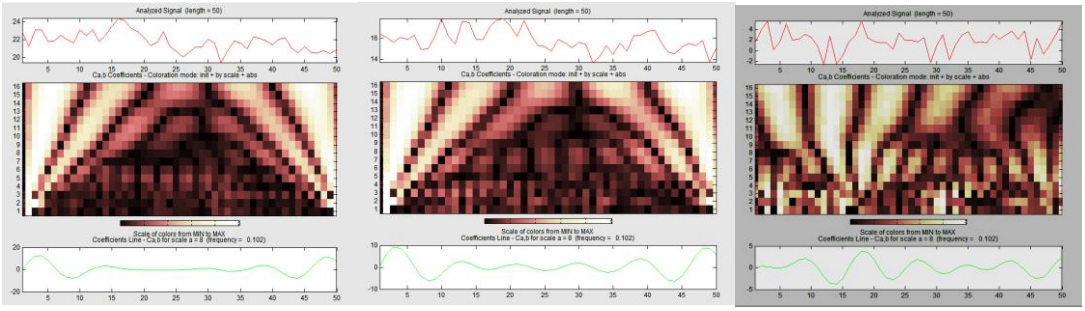
شکل ۷: تحلیل موجک فصلی و سالانه لکه‌های خورشیدی

با توجه به شکل ۸ دمای ایستگاه شهرکرد در مقیاس سالانه دارای سیکل ۱۰– ۶ ساله است و در زمستان سیکل ۱۵– ۳ ساله را مشاهده شد، که نشان‌دهندهٔ وسعت دامنهٔ سیکل‌ها در این فصل نسبت به سایر فصول می‌باشد، در فصل بهار نوسانات زیادی را در دما مشاهده نشد و سیکل ۵ ساله در آن حاکم است. فصل تابستان نیز مانند فصل بهار نوسانات ناچیزی در دما را دارد و نظم خاصی در سیکل‌های دمایی مشاهده نمی‌شود. در این میان فصل پاییز نوسانات دمایی زیادی را تجربه کرده است، داشتن سیکل‌های دمایی ۴، ۸ و ۱۰ ساله مؤید این نکته است. در بررسی شکل ۹ می‌بینیم نوسانات

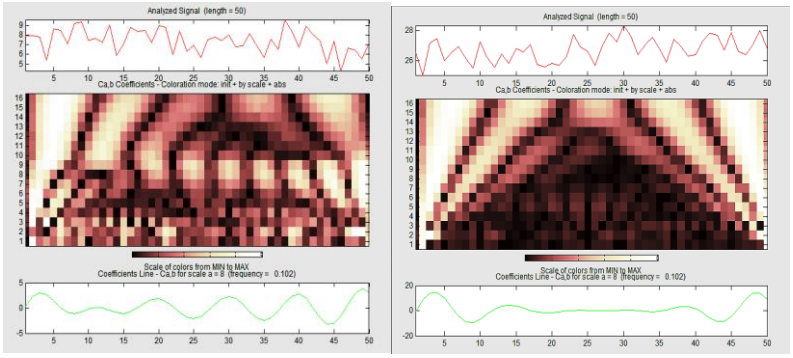
www.SID.ir

Archive of SID

دمایی در مقیاس سالانه خیلی ناچیز است و سیکل منظمی را در آن وجود ندارد. در فصل زمستان حداقل‌ها و حداکثرهای دمایی قابل مشاهده می‌باشد و سیکل‌های ۵- ۳ ساله و گاهی ۱۰ ساله نیز دارد. فصل بهار سیکل منظمی را در دما نشان نمی‌دهد اما در فصل پاییز سیکل ۵- ۱۰ ساله وجود دارد. در شکل ۱۰، در مقیاس سالانه و همچنین فصلی به غیر از فصل زمستان سیکل منظمی در دما وجود ندارد. اما در فصل زمستان وسعت دامنه سیکل‌ها زیاد است به‌طوری که شامل سیکل ۵ ساله و گاهی سیکل ۲۰ ساله هم می‌شود؛ به‌طور کلی در تمامی ایستگاه‌ها با توجه به موجک‌های رسم شده هماهنگی بین حداقل و حداکثرهای دما و حداقل و حداکثر فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد البته این هماهنگی در فصول پاییز و زمستان کمتر به چشم می‌خورد.



زمستان تابستان بهار



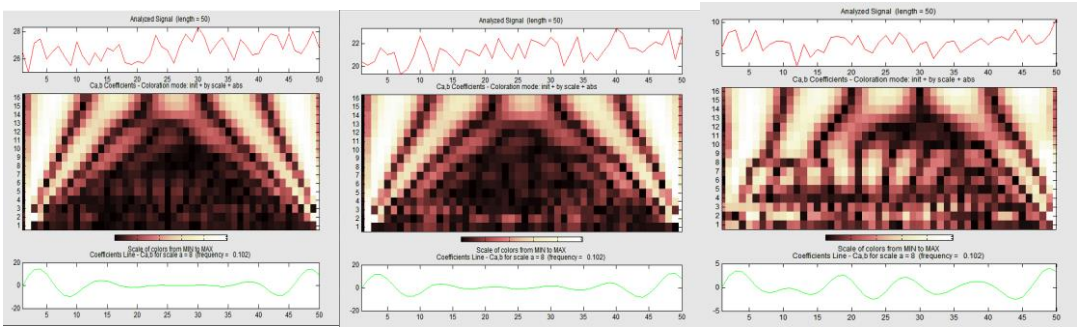
سالانه پاییز

مأخذ: نگارندگان

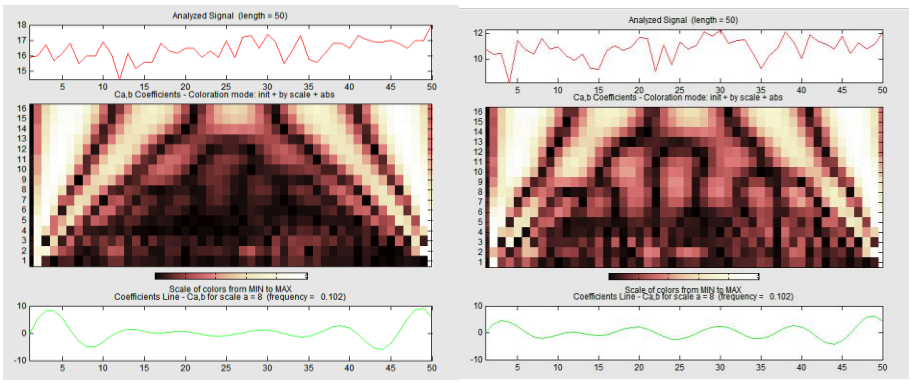
شکل ۸: تحلیل موجک فصلی و سالانه دمای شهرکرد

www.SID.ir

Archive of SID

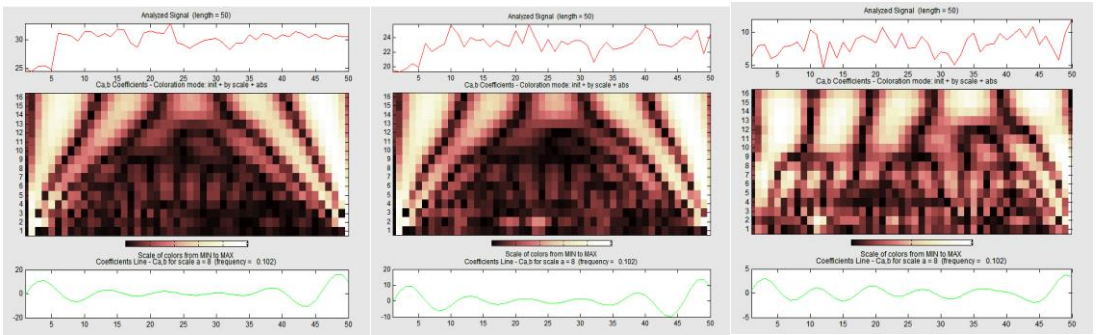


زمستان بهار تابستان

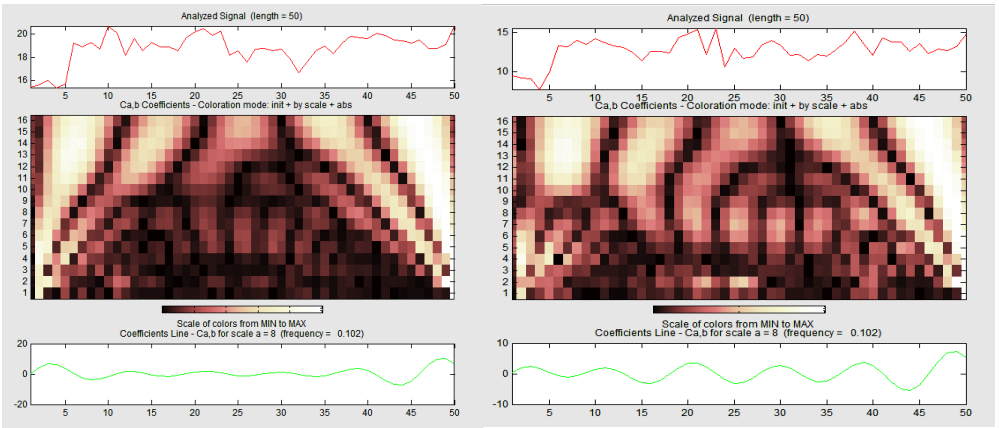


مأخذ: نگارندگان پاییز سالانه

شکل ۹: تحلیل موجک فصلی و سالانه دمای اصفهان



زمستان بهار تابستان



مأخذ: نگارندگان پاییز سالانه

شکل ۱۰: تحلیل موجک فصلی و سالانه دمای کاشان

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری

عامل اصلی تأثیرگذار بر سیستم اقلیمی نواحی مختلف، انرژی خورشید می‌باشد که با فعالیت خود به‌صورت کمی و کیفی در دوره‌هایی باعث تغییرات در این سیستم می‌شود. تغییرات کمی خورشید به‌صورت فعالیت‌های لکه‌های خورشیدی نمایان می‌شوند که سیکلی ۱۱ ساله را دارا می‌باشند. در این پژوهش به مطالعه رابطه بین فعالیت لکه‌های خورشید و دما در ایستگاه‌های مورد مطالعه پرداخته شد. ارتباط بارش با فعالیت‌های لکه‌های خورشید از طریق تحلیل همبستگی و تحلیل موجک مشخص شد. نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر همچون برخی مطالعاتی که با داده‌های اقلیمی مناطق مختلف جهان انجام شده است ارتباط معنادار قابل توجهی را بین فعالیت‌های خورشیدی و متغیرهای اقلیمی همچون دما و بارش نشان نمی‌دهد. باوجود این همبستگی‌های ضعیف به دست آمده نشانگر آن است که در سال‌هایی که فعالیت خورشیدی به حداکثر خود می‌رسد، دمای میانگین فصل زمستان در منطقه خاورمیانه و ایران به‌طور نسبی کاهش می‌یابد.

نتایج به دست آمده بیان‌گر رابطه بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی است که در اکثر ماه‌های سال بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی همبستگی مستقیم قوی وجود دارد. بالاترین میزان همبستگی به ترتیب در ایستگاه‌های کاشان، شهرکرد و اصفهان دیده می‌شود. ایستگاه کاشان تنها در ماه فوریه، همبستگی معکوس ضعیف را نشان می‌دهد و در اکثر ماه‌ها همبستگی مستقیم قوی را دیده می‌شود. ایستگاه شهرکرد به غیر از ماه‌های فوریه، مارس و جولای در سایر ماه‌ها همبستگی مستقیم بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی را دارد که در ماه آوریل به بالاترین میزان می‌رسد. ایستگاه اصفهان با داشتن رابطه معکوس در پنج ماه از سال کمترین میزان همبستگی مستقیم را نشان می‌دهد. از نظر مقیاس سالانه و فصول مختلف نیز همبستگی مستقیم بین این دو متغیر دیده می‌شود و تنها در فصل زمستان در هر سه ایستگاه همبستگی معکوس به چشم می‌خورد. البته باید اشاره کرد که ایستگاه اصفهان در فصل تابستان رابطه معکوس ضعیفی را دارد. با بررسی موجک‌های رسم شده همان‌طور که بیان شد، سیکل ۱۱ ساله در فعالیت لکه‌های خورشیدی در همه ماه‌ها وجود دارد. که اوج فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهارم می‌باشد. با توجه به تحلیل موجک‌های دمایی دیده می‌شود در اکثر ماه‌های سال در ایستگاه‌های مورد بررسی سیکل ۷ ساله در نوسانات دمایی وجود دارد. البته در ایستگاه شهرکرد در ماه می سیکل ۱۰ ساله نیز دیده شد. از نظر فصلی و سالانه وسعت دامنهٔ سیکل‌ها در فصل زمستان به اوج خود می‌رسد به‌گونه‌ای که در ایستگاه کاشان سیکل ۲۰ ساله در همین فصل وجود دارد. در مقیاس سالانه نیز سیکل منظمی قابل تشخیص نیست. به‌طور کلی با بررسی اشکال گرافیکی تحلیل موجک، بیشتر حداقل‌های دمایی در ابتدا و انتهای دورهٔ مورد مطالعه رخ‌داده است که هماهنگ با سیکل‌های اول و چهارم فعالیت لکه‌های خورشیدی است. بنابراین فرضیه وجود رابطه معنی‌دار بین دما و فعالیت لکه‌های خورشیدی پذیرفته می‌شود و این رابطه نیز به‌صورت مستقیم می‌باشد. در واقع برای کشف تأثیر خورشید بر اقلیم زمین با دو چالش کلیدی مواجه روبروست: نخست آن‌که باید شاخص‌های بلند مدت مناسب و معتبری از پارامترهای خورشیدی و اقلیمی فراهم گردد. به همین جهت یکی از مهم‌ترین

www.SID.ir

Archive of SID

علل ضعف نتایج بسیاری از بررسی‌های موجود در این حوزه را می‌توان کوتاه بودن دورهٔ ثبت داده‌های جوی دانست. دوم آن‌که نقش خورشید به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار بر اقلیم، باید از سایر عوامل جدا گردد زیرا سامانهٔ اقلیمی ذاتاً به نسبت بالایی متغیر، غیرخطی و پیچیده عمل می‌کند و بنابراین برای توصیف تغییرات آن باید مکانیسم‌های طبیعی مؤثر بر اقلیم را از عوامل انسان‌ساخت ک جدا کرد.

منابع

۱- امیدوار، کمال؛ ابراهیمی، رضا، جمشیدی مطلق، مرضیه. (۱۳۹۵): بررسی تأثیر لکه‌های خورشیدی بر دمای ایستگاه‌های کرمان و شیراز طی نیم‌قرن اخیر با استفاده از آنالیز موجک. فصل‌نامه جغرافیا و مخاطرات محیطی ۵ (۱۹).

۲- تی. دیکسون، رابرت. (۱۳۸۲): ترجمه احمد خواجه نصیر طوسی، نجوم دینامیکی، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

۳- تقوی، فرحناز، نیسانی، ابوالفضل، محمدی، حسین و رستمی جلیلیان، شیما. (۱۳۹۰): کاربرد تحلیل موج در شناسایی رفتار بارش در مناطق غربی ایران. مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۵، شماره ۴.

۴- جاوری، مجید. (۱۳۸۹): شیوه‌های تجزیه و تحلیل کمی در اقلیم‌شناسی. نشر پیام‌رسان.

۵- جهانبخش، سعید، عدالت دوست، معصومه. (۱۳۸۷): بررسی تأثیر فعالیت‌های خورشیدی بر تغییرات بارندگی سالانه ایران. تحقیقات جغرافیایی، بهار ۱۳۸۷، دوره ۲۳، شماره ۱ پیاپی ۸۸.

۶- جهانبخش، سعید، عدالت دوست، معصومه، تدینی، معصومه. (۱۳۸۹): دریاچه ارومیه شاخصی کلاسیک از ارتباط بین لکه‌های خورشیدی و اقلیم شمال غرب ایران. فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۹.

۷- خسروی، محمود، میردیلمی، سمیرا. (۱۳۹۲): تأثیر فعالیت لکه‌های خورشیدی بر بارش استان گلستان. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۴، پیاپی ۵۲، شماره ۴.

۸- خسروی، محمود، جلیلیان رستمی، 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.

۹- زرین، آذر، مفیدی، عباس. (۱۳۹۵): ورودش فعالیت خورشیدی و اثر آن بر اقلیم زمین مطالعه موردی اقلیم خاورمیانه و ایران» فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی سرزمین ،سال دوم شماره ۸۸.

۱۰- سلیقه، محمد، عساکره، حسین، ناصر زاده، محمدحسین، بلیانی، یدا... (۱۳۹۴): تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز حله و مند. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم ، شماره ۳۷.

۱۱- کلیم، دوست‌محمد، پیشوایی، محمدرضا و محمودی، پیمان. (۱۳۹۲): مطالعه امکان تأثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش در ایستگاه‌های منتخب جنوب ایران، سال سیزدهم، شماره ۴۲.

۱۲- کمالی، غلامعلی، مرادی، اسحاق. (۱۳۸۴): کنترل کیفیت و بازسازی داده‌های تابش کل خورشید. چهارمین همایش بین‌المللی بهینه‌سازی مصرف سوخت در ساختمان، تهران، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور.

13- Araya, E. Javier, B. Fernandez, W. (2000): Solar Activity and Climate in Central America; Geophysical International, Vol. 39, Num. 1.

14- Bal, S. BOS M. (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.

15- Borie, M. A. EL, M0Abd-Eizaher, A-AI. (2012): Solar and Geomagnetic Activity Effects on Global Surface Temperatures; American Journal of Environmental Engineering.

www.SID.ir

Archive of SID

16- Grinsted, A. Moore, J.C. and Jevrejeva, S. (2004): Application of The Cross Wavelet Transform and Wavelet Coherence to Geophysical Time Series, Nonlinear Processes in Geophysics, 11.
17- Keisser, K. Davrath, LR. Akselrod, S. (2008): Wavelet Transform Coherence Estimates in Cardiovascular Analysis: Error Analysis and Feasibility Study, Computers in Cardiology, 35.
18- Meehl, G.A. Arbiaster, J.M. Matthes, K. Sissify, V. (2009): Sunspots Can Have A Big Impact on The Weather on Earth NASA; Science 325.
19- 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 Vol. 2, No 3.
20- Nalley,D. Adamowski, J. Khalil, B. (2012): Using Discrete Wavelet Transforms to Analyze Trends in Streamflow and Precipitation in Quebec and Ontario (1954–2008). Journal of Hydrology 475.
21- Sabatino, S. H. L. Linghuai, H.L. (2000): "Solar Variability and Climate". Department of Astronomy, Yale University, New Haven.
22- Sejrup, H.P. Lehman, S.J. Haflidason, H. Noone, D. Muscheler, R. Berstad, I.M. and Andrews, J.T. (2015): Response of ….
23- 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.

www.SID.ir