کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی
سال هشتم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۳۰ تاریخ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳
صص: ۱۰۶-۸۳

مقالهٔ پژوهشی

تاثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش فصلی و سالانه با استفاده از آنالیز موجک مطالعه موردی (اصفهان و کاشان)

کمال امیدوار، استاد جغرافیا، دانشگاه یزد
راضیه نادری بنی، کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه یزد
معصومه نبوی زاده[۱]، دانشجوی دکتری مخاطرات آب و هوایی، دانشگاه یزد

چکیده

انرژی خورشیدی به عنوان منبع اصلی انرژی زمین و ایجاد کننده‌ی تفاوت‌های اقلیمی است. تغییرات میزان انرژی خروجی از خورشید و یا نوسانات دمایی سطح آن، می‌تواند نوسانات و تغییراتی را در جو زمین ایجاد نماید. لکه‌های خورشیدی، از جمله مولفه‌هایی است که بر سامانهٔ اقلیم در مقیاس‌های زمانی متفاوت اثر گذاشته و در نهایت نوسانات و تغییرات اقلیمی را به دنبال خواهد داشت. در این مطالعه، به تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش با استفاده از نظریه موجک‌ها، با هدف شناخت تاثیر لکه‌های خورشیدی بر رفتار طیفی بارش، انجام شده است که از داده‌های بارش و همچنین داده‌های مربوط به لکه‌های خورشیدی برای یک دوره آماری۵۰ ساله (۲۰۱۰- ۱۹۶۱) در دو ایستگاه همدیدی اصفهان و کاشان استفاده گردیده است. سپس با جداسازی محتوای طیفی سری‌های زمانی بارش با استفاده از تبدیل موجک مورلت و مقایسه آن با داده‌های تعداد لکه‌های خورشیدی در سال های مختلف، میزان همبستگی این نوسانات در ایستگاه‌های مذکور محاسبه شد. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته، بین بارش و فعالیت لکه‌های خورشیدی رابطه معناداری دیده نشد و بر اساس آنالیز موجک در اکثر ایستگاه‌ها رابطه معکوس و ضعیف بین آن‌ها مشاهده گردید. با توجه به تحلیل آنالیز موجک درطی دوره آماری ۵۰ ساله، چهار سیکل ۱۱ ساله در فعالیت لکه های خورشیدی مشاهده گردید. اوج این فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهار وجود دارد. وسعت دامنه سیکل‌های بارشی (۷- ۱۲ ساله) در فصل پاییز ایستگاه‌های مورد مطالعه، نسبت به سایر فصول بیشتر است.

کلمات کلیدی: بارش، لکه‌های خورشیدی، تحلیل آنالیز موجک، اصفهان، کاشان.

۱- نویسنده مسئول: mnabavi93@gmail.com

مقدمه

خورشید منبع اصلی انرژی جهت انجام تمام فرآیندهای طبیعی می‌باشد. از نظر زیست محیطی شدت، مدت و کیفیت انرژی خورشید بطور مستقیم و غیر مستقیم اهمیت زیادی دارد. تبادلات انرژی بالقوه (حرارتی) به انرژی جنبشی که در مقیاس وسیعی از کره زمین اتفاق می‌افتد، در فرآیند های اقلیمی اهمیت زیادی دارد. این تبادلات به ویژه در جو، زمینه ساز شیب تغییرات انرژی بالقوه می‌شود که از لحاظ حرارتی محرکه اصلی حرکات جوی است (جاوری،۱۳۸۹). این یک واقعیت روشن است که آب - وهوای زمین، به ویژه در سه دهه گذشته، در حال تغییر است و علت این تغییرات به طور کلی به دو عامل گازهای گلخانه‌ای و تغییر فعالیت‌های خورشیدی نسبت داده شده است (بوری[1]،۲۰۱۲). لکه‌های خورشیدی نشانه فعالیت خورشیدی در هر زمان می‌باشد. (گرینستد[2] و همکاران، ۲۰۰٤). لکه‌های خورشیدی از جمله پدیده‌هایی است که در دهه‌های اخیر، توجه اقلیم شناسان را به خود معطوف کرده است. لذا یکی از مولفه‌های مهم و تأثیرگذاری است که بر سامانه‌ی اقلیمی زمین در مقیاس‌های زمانی متفاوت اثر گذاشته و در نهایت نوسانات و تغییرات اقلیمی را به دنبال دارد.(زرین ومفیدی، ۱۳۸۵). دمای این نقاط نسبت به نواحی مجاور سطح خورشید کمتر بوده و امواج الکترومغناطیسی به صورت دسته‌های خیلی قوی در این نواحی خارج می‌شوند. بنابراین لکه‌های خورشیدی، مناطق نسبتا تیره و تاریکی هستند که بر روی سطح خورشید تشکیل می‌شوند و از یک سایه و یک نیم سایه تشکیل شده اند. قطر نیم سایه حدود ۲/٤ برابر قطر سایه بوده و توسط حلقه‌های نورانی احاطه شده‌اند . دمای لکه-های خورشیدی حدود ۳تا٤ هزار درجه کلوین بوده و لکه‌های خورشیدی به طور متوسط تا ۰/۲ درصد از سطح قابل رویت خورشید را به خود اختصاص می‌دهند. این لکه ها اغلب دایره‌ای شکل یا بیضوی بوده و اندازه یا ابعاد آنها حدود۱۰۰تا۲۰ هزار

[1] Buri
[2] Grinstd

کیلومتر بوده است. مدت عمر یا ماندگاری آنها معمولا از چند روز تا چند ماه می تواند باشد که این مسئله به اندازه و تعداد آنها بستگی دارد (کمالی و مرادی،۱۳۸٤).

آنالیز موجک متقاطع در بررسی میزان ونحوه همبستگی بین متغیر های مختلف در مقیاس سالانه کاربرد دارد. در این روش مناطقی که دارای قدرت همبستگی بالایی هستند (بیش از ۵ درصد) بوسیله خطوط پر رنگ از نواحی فاقد همبستگی جدا شدند بدین ترتیب محدوده تاثیر گذاری پدیده‌ها بر یکدیگر مشخص می‌گردد (زرین ومفیدی،۱۳۸۵). نحوه همبستگی بین متغیرها نیز بر اساس جهت پیکان‌های موجود در تصویر مربوطه قابل بررسی است. بدین ترتیب پیکان‌هایی که به سمت راست اشاره می‌کنند، نشان دهنده همبستگی (فاز) مثبت و پیکان‌هایی که به سمت چپ اشاره دارند، نشان دهنده همبستگی(فاز) منفی بین دو متغیر هستند (کیسر[1] وهمکاران، ۲۰۰۸). لکه‌های خورشیدی غالبا به صورت زوج پدیدار می‌شوند، که یک لکه دارای قطبیت مغناطیس مثبت و دیگری دارای قطبیت مغناطیسی منفی است، در هر چرخه ۱۱ ساله معین، لکه‌ی مثبت، لکه‌ی منفی را در نیمکره ی شمالی هدایت می‌کند، در حالی که در نیمکره ی جنوبی عکس آن صادق است. در چرخه ی ۱۱ ساله متوالی بعدی ترتیب قطبیت بر عکس می شود.(تی دیکسون، ۱۹۲۷).

در رابطه با تاثیر فعالیت لکه‌های خورشید بر اقلیم زمین مطالعات زیادی صورت گرفته است که نتایج حاصل از پژوهش‌ها، حاکی از این واقعیت است که ارزیابی تاثیر فعالیت چرخه‌ای خورشید بر شرایط اقلیمی کره زمین به دو روش مستقیم و غیر مستقیم 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.

آریا[2]و همکاران (۲۰۰۰) به تجزیه و تحلیل فعالیت‌های خورشیدی درسطح دمای هوا و بارش در آمریکای مرکزی پرداختند و مقادیر متوسط ماهانه تغییرات تابش را با تعداد

[1] Keisser
[2] Area

لکه‌های خورشیدی مقایسه نمودند. در نهایت به این نتیجه رسیدند که بین حداکثر تابش کل با حداکثر تعداد لکه‌های خورشیدی هماهنگی وجود دارد و لکه‌های خورشیدی را به عنوان یک عامل تاثیرگذار در متغیرهای آب‌وهوایی نامیدند. ساباتینو و لینگهوای[1](۲۰۰۰) با بررسی رابطه بین لکه های 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[2] و همکاران (۲۰۰٤) 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 و همکاران [3](۲۰۰۹) با شبیه سازی کامپیوتری نشان دادند که چگونه تغییرات کوچک در درخشندگی خورشید می‌تواند تاثیر زیادی بر آب و هوای شرق اقیانوس آرام ایجاد کند، به طوری که با افزایش لکه‌های خورشیدی و گرمایش شدید، افزایش تبخیر صورت می‌گیرد که خود باعث بارش باران در برخی از مناطق و همچنین ایجاد بادهای خنک کننده، به عنوان مانعی برای تشکیل ابرهای باران زا در قسمت شرقی اقیانوس، می‌باشد. بال و بوز[4] (۲۰۱۰) 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 تناوب۹ تا۱۱ ساله و برای بارش دوره های کوتاه مدت ۵- ۲را تشخیص دادند. مالا و عبدالحلیم [5] (۲۰۱۲) به بررسی اثرات فعالیت‌های خورشیدی در آب و هوای مصر پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که لکه‌های خورشیدی در افزایش درجه حرارت مصر نقش قابل توجهی دارد. برخلاف مطالعات بسیار حجیم

[1] Sabatini and link heavy
[2] Zhao
[3] Mehel
[4] Ball and boos
[5] Mala and abdolhalim

جهانی در رابطه با فعالیت‌های خورشیدی و تاثیر 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) 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 به دست آمده، نشانگر آن است که در سال‌هایی که فعالیت خورشیدی به حداکثر خود می‌رسد، دمای میانگین فصل زمستان در خاورمیانه و ایران به طور نسبی کاهش می‌یابد. جهانبخش وعدالت دوست (۱۳۸۷) به بررسی تاثیر فعالیت های خورشیدی برتغییرات بارندگی سالانه ایران پرداختند و در این تحقیق ازروش آنالیز موجک پیوسته وآنالیز فوریه استفاده کردند و دریافتند که خورشید و فعالیت های آن نه تنها به عنوان عامل تعیین کننده وتاثیر گذار برکل کره زمین محسوب می‌شود، بلکه نقش آن در بارندگی ایران نیز قابل ملاحظه است. جهانبخش وعدالت دوست (۱۳۸۹) به ارزیابی تغییرات دراز مدت نوسان های سطح آب دریاچه ارومیه و پارامترهای مؤثر در ارتباط با فعالیت لکه‌های خورشیدی (عامل عمده کنترل کننده تغییرات طبیعی اقلیم) بر اساس دو روش آنالیز موجک پیوسته و متقاطع پرداختند و بیان نمودند که سطح آب دریاچه ارومیه دارای نوسان های دوره ای معنی دار و منفی ۸-۱۱ ساله است که نمایانگر وجود همبستگی منفی معنی دار بین این نوسان ها در ارتباط با لکه‌های خورشیدی است. بر اساس یافته‌های تحقیق، فعالیت‌های خورشیدی، احتمالا تنها فاکتور طبیعی مؤثر در نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه و پارامترهای مربوطه، در درازمدت محسوب می‌گردند. تقوی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی کاربرد تحلیل موجک در شناسایی رفتار بارش در مناطق غربی ایران در یک دوره ی آماری ٤٣ ساله(۲۰۰۹-۱۹٦٦) 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 دوره های ترسالی و خشکسالی در این مناطق را به خوبی

نشان می‌دهد. کلیم وهمکاران (۱۳۹۲) به مطالعه امکان تاثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش در ایستگاه‌های منتخب جنوب ایران پرداختند و بیشترین همبستگی در تاخیرهای ۳ساله برای جاسک و بوشهر(در سطح ۰.۵) معنی دار به دست آمد. اما برای ایستگاه شیراز رابطه معنی داری حاصل نشد و در نهایت بیان نمودند که اثر لکه‌های خورشیدی بر بارش در جایی بیشترین نمود را پیدا می‌کند که سایر دلایل بارش مثل جریانات جوی جهانی ومنطقه ای گردش جوی، اثر کمتری داشته باشد. خسروی و میردیلمی (۱۳۹۲) به بررسی نقش لکه‌های خورشیدی بر تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه بارش استان گلستان پرداختند و با استفاده از تجزیه وتحلیل 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 مثل: نالی[1] و همکاران (۲۰۱۲)، سژروپ[2] و همکاران (۲۰۱۵) ؛ خسروی و جلیلیان(۱۳۹۳)، سلیقه و همکاران(۱۳۹٤)، امیدوار و همکاران(۱۳۹۵) اشاره کرد. از آنجایی که بررسی روند تغییرات بارش در ارزیابی و مدیریت دراز مدت منابع آب برای دستیابی به توسعه پایدار و حفظ وضعیت موجود نقش بسزایی دارد، در این تحقیق نیز، به بررسی روند تغییرات بارش پرداخته و نقش لکه‌های خورشیدی به عنوان یکی از مولفه‌های این تغییر مورد تحلیل قرار گرفته است. و هدف در این تحقیق، بررسی تاثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش دو ایستگاه اصفهان و کاشان طی نیم قرن اخیر با استفاده از تحلیل موجک می‌باشد. از آنجا که استخراج فرکانس‌های بارش و فعالیت لکه‌های خورشید به همراه زمان وقوع هر فرکانس، هدف ماست، تبدیل موجک می‌تواند روش مناسب و قدرتمندی باشد. علت استفاده از تئوری موجک دراین 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 آرگون _ فرکانس قابل حصول

[1] Nalley
[2] Sejrup

نیست، در حالی که در تبدیل موجک این امر ممکن است. سوماً چـون توابع پایه در تبدیل فوریه خیلی شبیه به هم هستند، لذا برای بیان ناپیوستگی‌ها در تابع یـا سـیگنال ورودی بـا تبدیل فوریه لازم است از مولفه‌های زیاد بهـره گرفتـه شود، در حالی که با استفاده از موجک‌هـا ایـن مشـکل مواجه بوجود نمـی‌آیـد . در نهایـت اینکـه اسـتفاده از تئـوری جدیـد همچـون تئـوری موجـک در تصـمیم گیری‌ها و طراحی-های مکانی پدیـده‌هـایی کـه ماهیـت تناوبی دارند، می‌تواند نقش مهمی در اجرای درسـت و موفق آنها داشته باشد (صابریان و ملک، ۱۳۸۸). که به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\Psi(t) = \frac{1}{\pi^{\frac{1}{4}}} e^{i2\pi fo} e^{\frac{-t^2}{2}} \qquad (۱)$$

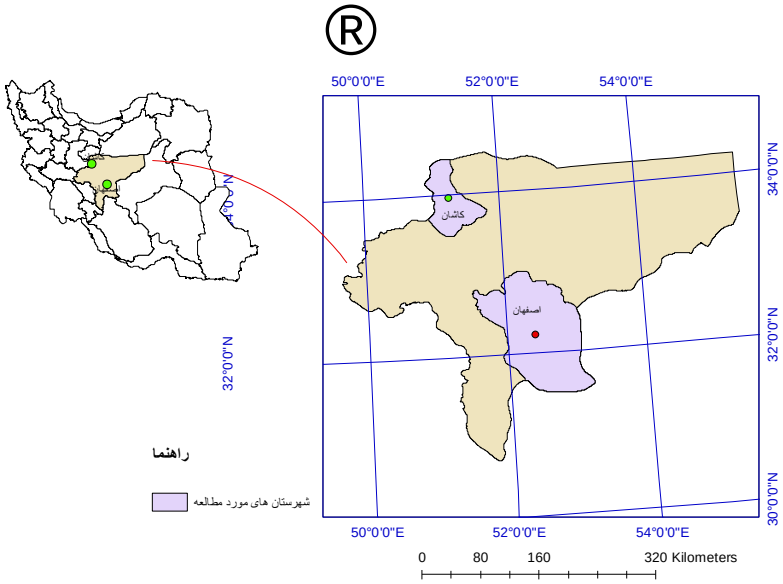
این موجک که برای تحلیل زمانی–فرکانسی به کار می رود در واقع ضرب یک موج سینوسی مختلط در یک پوش گوسی است. که (t) زمان، fo فرکانس بی بعد، $\pi^{\frac{1}{4}}$ عاملی برای نرمال نمودن است تا موجک مادر انرژی واحدی داشته باشد. (گرینستد و همکاران، ۲۰۰٤).

داده‌ها و روش‌ها

تحقیق حاضر به منظور بررسی تاثیر لکه‌های خورشیدی بر بارش دو ایستگاه اصفهان و کاشان با استفاده از روش تحلیل آنالیز موجک و تحلیل آماری انجام گرفت. جهت انجام کار، از میانگین سالانه، فصلی و سالانه لکه‌های خورشیدی طی دوره آماری ۱۹٦۱ تا ۲۰۱۰ استفاده گردید. داده‌های مربوط به لکه‌ها از سازمان ژئوفیزیک آمریکا [1] تهیه شده است همچنین داده‌های سالانه، فصلی و ماهانه مربوط به پارامتر بارش برای دوره آماری ۵۰ ساله (۲۰۱۷– ۱۹٦۷) از اداره هواشناسی تهیه شد. جهت انجام کار از

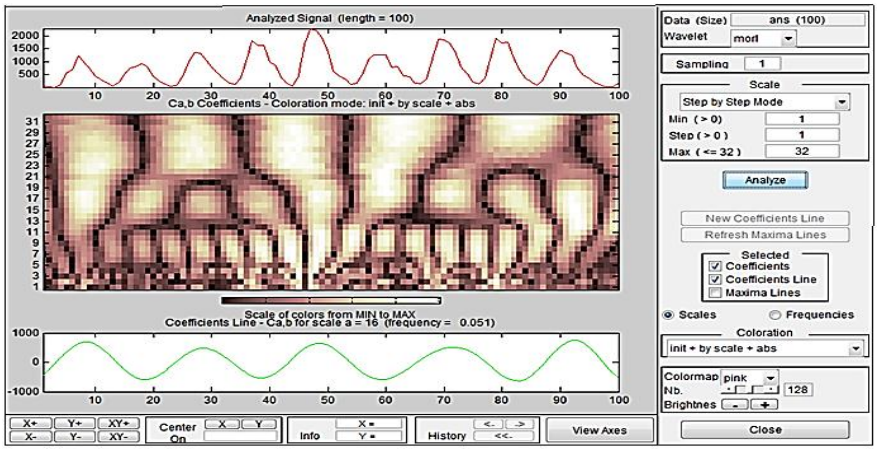
[1] American Geophysical Union AGU

برنامه نویسی در محیط نرم افزار متلب[1] استفاده گردید. شکل شماره۲ ، نتیجه بکار گیری روش تحلیل موجک برروی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی برای نمونه برای دوره ۱۰۰ ساله را نشان می‌دهد این نمودار فرکانس‌ها و سیگنال‌های ویژه ای 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 شده است به این صورت که دوره‌های حد اکثر مقدار انرژی با تن تیره و دوره‌های حداقل مقدار انرژی با تن روشن نشان داده شده است. در بخش بالایی نمودار تغییرات زمانی لکه‌های خورشیدی و در بخش پایینی نتایج نهایی ارائه می‌شود و میزان ضریب تغییرات نسبت به میانگین را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

[1] MATLAB



شکل ۲- خروجی تبدیل موجک برروی سری زمانی فعالیت لکه‌های خورشیدی

یافته ها و بحث

ضرایب بدست آمده از تحلیل آماری پیرسون، (در سطح ۰/۰۵ درصد) میزان همبستگی ماهانه ، فصلی و سالانه بارش با فعالیت لکه‌های خورشیدی را بیان می‌کند که اکثرا منفی و با ارتباط معکوس بین دو متغیر است (جداول ۱ تا ٤). قابل ذکر است که تجزیه و تحلیل داده ها با اسـتفاده از آنالیز موجک، دوره‌های همزمانی، مثبت و یا منفی بودن ارتباط بین متغیرهای مورد نظـررا با لکه‌های خورشیدی بهتر و بیشتر آشکار می‌سازد.

جدول ۱- همبستگی فصلی و سالانه بارش اصفهان با فعالیت لکه های خورشیدی (۲۰۱۰ – ۱۹٦۱)، مأخذ نگارندگان

بارش	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
اصفهان	۰/۰۰۸	۰/۰۷	-۰/۲۱	-۰/۰۲	-۰/۰٦

جدول ۲- همبستگی فصلی و سالانه بارش کاشان با فعالیت لکه های خورشیدی (۲۰۱۰ – ۱۹٦۱)، مأخذ نگارندگان

بارش	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
کاشان	۰/۱۲	۰/۱۲	-۰/۱۹	۰/۰۱	-۰/۰٦

جدول ۳- همبستگی ماهانه بارش اصفهان با فعالیت لکه های خورشیدی (۲۰۱۰-۱۹۶۱) مأخذ نگارندگان

بارش‌و لکه‌های خورشید	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
اصفهان	۰/۱٤	۰/۰۰۸	۰/۰۳	-۰/۲۵	۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۰۰۲	۰/۰۲	-۰/۱۷	۰/۰٤	-۰/۱۲	۰/۰۷

جدول ٤- همبستگی ماهانه بارش کاشان با فعالیت لکه های خورشیدی (۲۰۱۰-۱۹۶۱) ، مأخذ نگارندگان

بارش‌و لکه‌های خورشید	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
کاشان	۰/۲۲	۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۱۲	-۰/۱۵	-۰/۱٦	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۱

در ادامه برای بررسی رابطه بین عنصر بارش با تغییرات فعالیت لکه‌های خورشیدی از تجزیه و تحلیل آماری و آنالیز موجک استفاده گردید. نتایج حاصل از بخش اول یعنی بررسی روند بارش، حاکی از روند کاهشی بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره‌های آماری مورد مطالعه است .نتایج حاصل از بخش دوم که شامل بررسی رابطه بین تغییرات بارش با فعالیت لکه‌های خورشیدی است، بر اساس آنالیز موجک مشاهده شد و وسعت دامنه سیکل‌ها از نظر بارشی در فصل پاییز نسبت به سایر فصول بیشتر است.

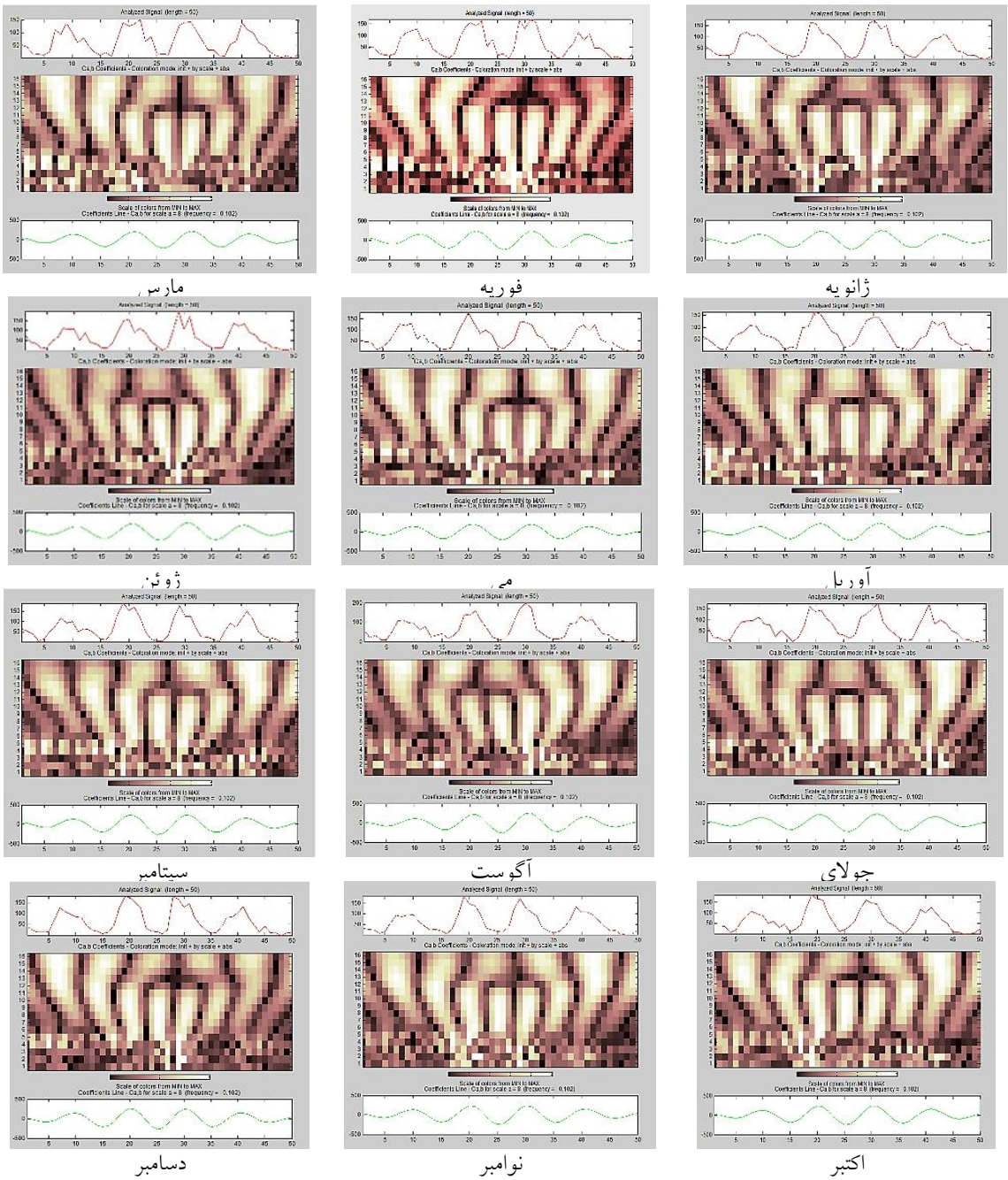
چگونگی فعالیت‌های ماهانه لکه‌های خورشیدی با استفاده از آنالیز موجک (۲۰۱۰-۱۹٦۱)

طی تمامی ماه‌های سال، بر اساس تحلیل موجک، فعالیت لکه‌های خورشید سیکل ۱۱ ساله را پشت سر گذاشته است (شکل ۳). البته در ماه‌های مختلف، فرین‌های دوره‌ی فعالیت‌ها و نوسانات سیکل‌ها متفاوتند. با مشاهده موجک‌های رسم شده، برای ماه‌های مختلف سال مشاهده می‌شود که در طی دوره آماری ۵۰ ساله ، ٤ سیکل در

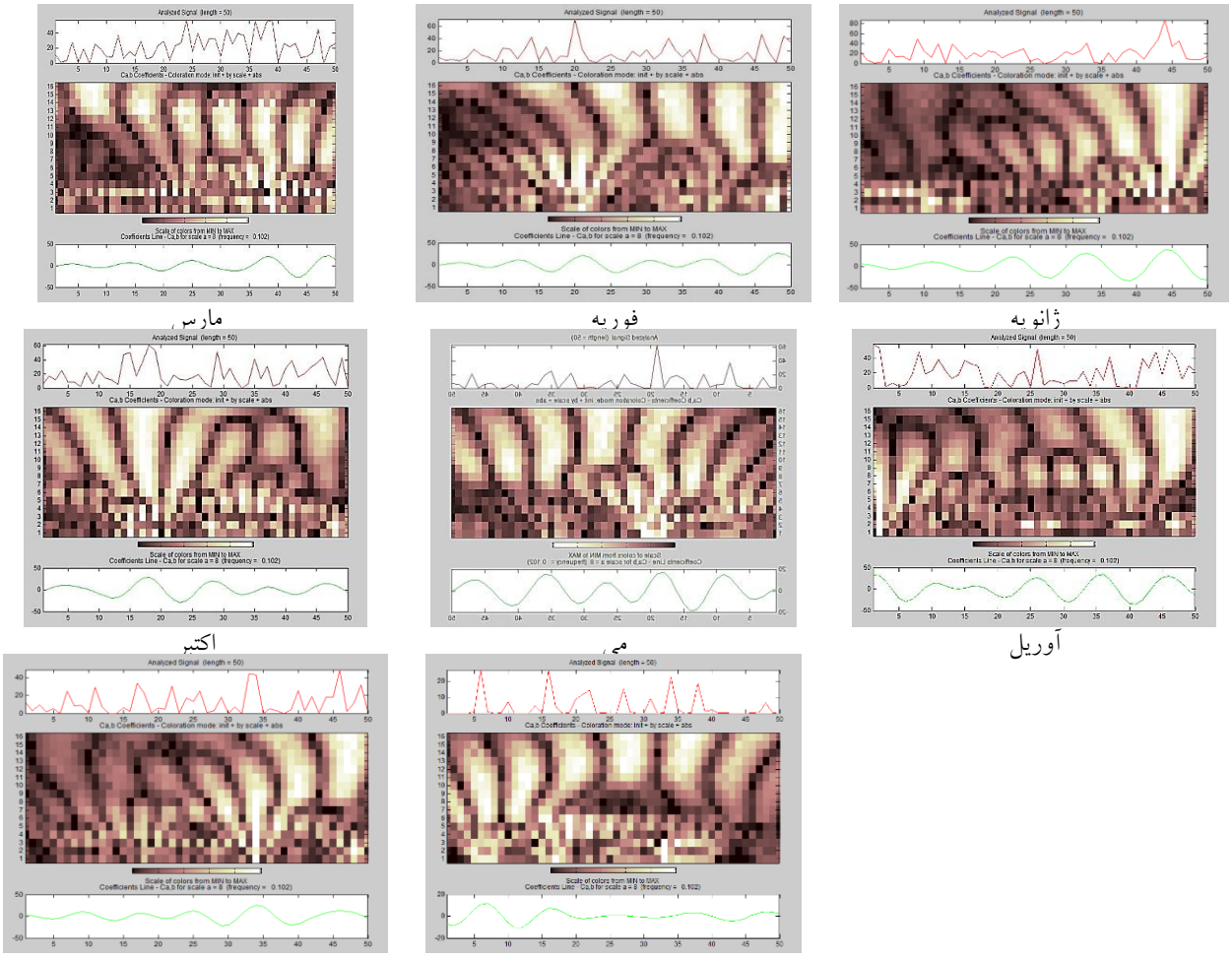
فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد که در هر یک از سیکل‌ها، شدت فعالیت‌ها متفاوت است، به گونه‌ای که در اکثر ماه‌ها مشاهده شده، سیکل اول و چهارم حداقل فعالیت را دارند. البته در این میان استثنائاتی نیز وجود دارد مانند ماه مارس که نوسان منظمی را در سیکل‌های مختلف نشان می‌دهد. از نظر طول دوره، طولانی‌ترین سیکل 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. همانطور که در (شکل۳) مشاهده شده، 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 یاقته و دامنه کمتر می‌شود (خسروی و میردیلمی، ۱۳۹۲).

تغییرات ماهانه بارش در ایستگاه اصفهان با استفاده از آنالیز موجک(۲۰۱۰-۱۹۶۱)

ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر به دلیل ناچیز بودن میزان بارش و نداشتن سیکل بارشی مورد محاسبه قرار نگرفته‌اند. بارش ماهانه اصفهان در ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبر به ترتیب با داشتن سیکل ۱۰ساله، ۸ ساله و ۷ ساله، بارش‌ها نسبت به سایر ماه‌ها منظم‌تر می‌باشد.



شکل ۳- تحلیل موجک ماهانه فعالیت لکه‌های خورشیدی

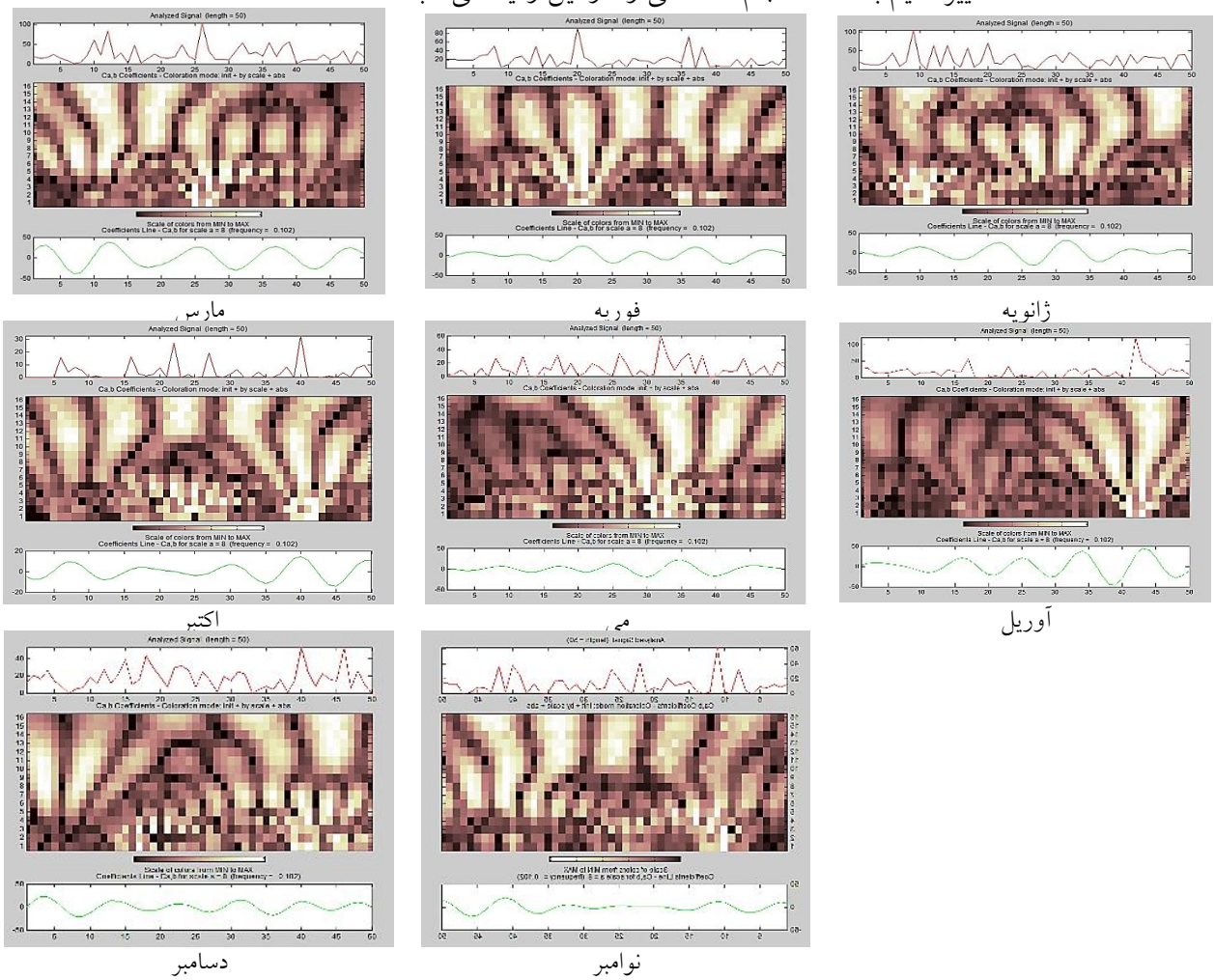


شکل٤- تحلیل موجک بارش ماهانه اصفهان

تغییرات ماهانه بارش در ایستگاه کاشان با استفاده از آنالیز موجک(۲۰۱۰-۱۹۶۱)

تحلیل موجک بارش ماهانه کاشان به دلیل داشتن اقلیم خشک تا نیمه خشک و نداشتن بارش مورد توجه، سیکل منظمی را ندارد و تنها در ماه دسامبر سیکل ۱۵-۷ ساله را در بارش مشاهده می‌شود (شکل۵). در بررسی کلی، در ماه ژانویه که پرباران‌ترین ماه‌ها در هر دو ایستگاه است که اوج بارش‌ها در ابتدا و انتهای دوره مورد مطالعه رخ داده است و این مطلب بیانگر یک نوع رابطه عکس با فعالیت لکه های خورشیدی است. به

طوری که در ابتدا و انتهای دوره یعنی سیکل اول و چهارم حداقل میزان فعالیت تعداد لکه های خورشیدی وجود دارد. یعنی با کاهش فعالیت لکه های خورشیدی بارش افزایش یافته است. البته همانطور که در موجک های رسم شده مشاهده می‌شود این مطلب در همه ماه‌ها صادق نیست. و از طرفی بررسی رابطه بین فعالیت لکه‌های خورشیدی و بارش می‌باشد و تغییر در میزان بارش می‌تواند تحت تأثیر دلایل دیگری مانند تغییر اقلیم باشد که انجام مطالعاتی را در این زمینه می‌طلبد.



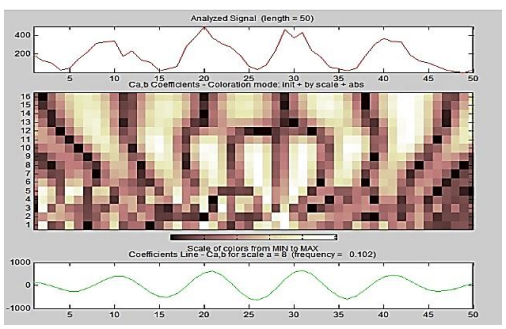
شکل۵- تحلیل موجک بارش ماهانه کاشان

فعالیت‌های سالانه و فصلی لکه های خورشیدی(۲۰۱۰-۱۹٦۱)، در منطقه مورد مطالعه

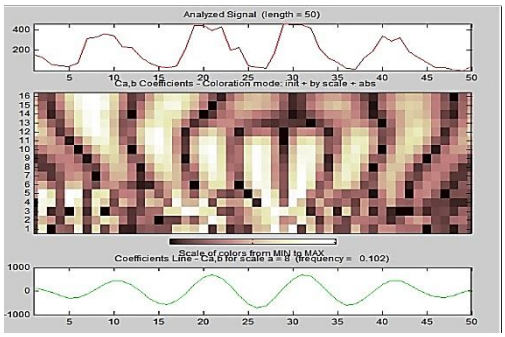
طبق تحلیل موجک، طی فصول متفاوت فرین‌های دوره فعالیت‌ها و نوسانات سیکل‌ها متفاوت است. با افزایش میزان شدت فعالیت‌ها، طول دوره فعالیت‌ها کاهش می‌یابد و بالعکس. در هریک از سیکل‌ها شدت فعالیت لکه‌ها متفاوت است به گونه ای که حداقل فعالیت‌ها در سیکل‌های اول و چهارم دیده می‌شود. فصل بهار نسبت به فصل زمستان 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 به گونه‌ای که اوج فعالیت‌ها در سیکل‌های دوم و سوم و حداقل آن در سیکل‌های اول و چهارم رخ داده است. وضعیت فعالیت لکه‌ها در فصل پاییز نیز مانند فصل بهار است (شکل ٦).

تغییرات فصلی و سالانه بارش اصفهان با استفاده از آنالیز موجک(۲۰۱۰-۱۹٦۱)

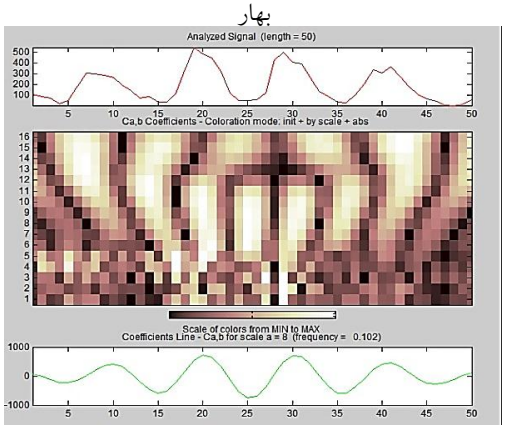
فصل تابستان به دلیل ناچیز بودن میزان بارش و نداشتن سیکل بارشی، مورد بررسی قرار نگرفته است. با توجه به شکل ۷ ، در ایستگاه اصفهان فصل زمستان نوسان بیشتری را در بارش دارد و داشتن سیکل ۲، ۵ و ۷ ساله مؤید این مطلب است. فصل بهار و پاییز به ترتیب با داشتن چرخه‌ی۱۲- ۵ و ۱۰- ۵ سیکل منظم‌تری نسبت به زمستان را نشان می‌دهد.در تحلیل موجک بارش سالانه اصفهان شکل ۸ ، سیکل ۸- ۵ ساله مشخص شد.



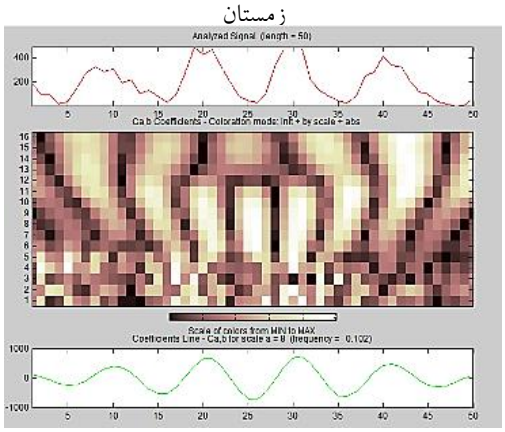
بهار



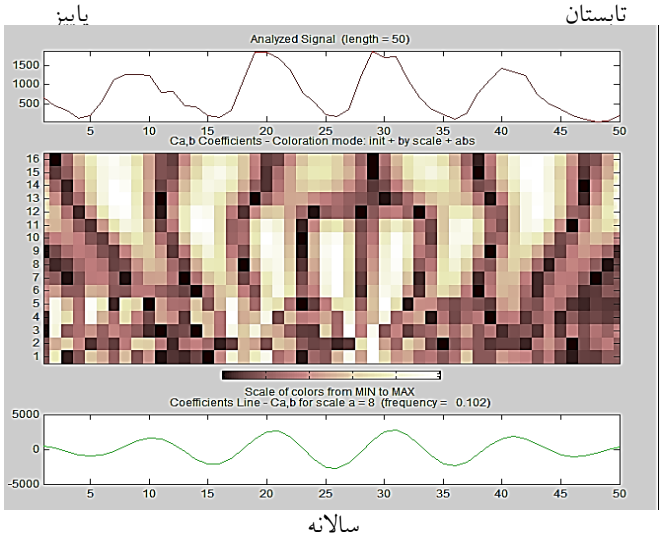
زمستان



پاییز

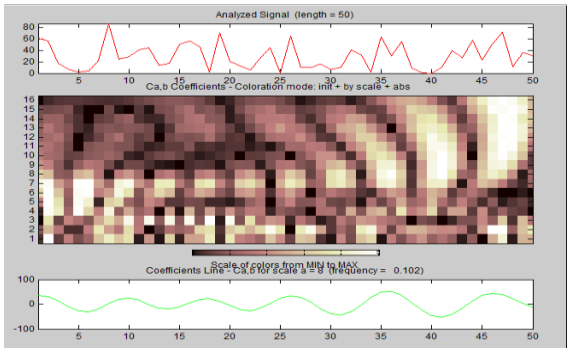


تابستان

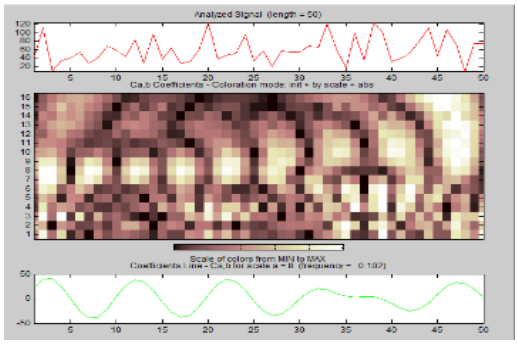


سالانه

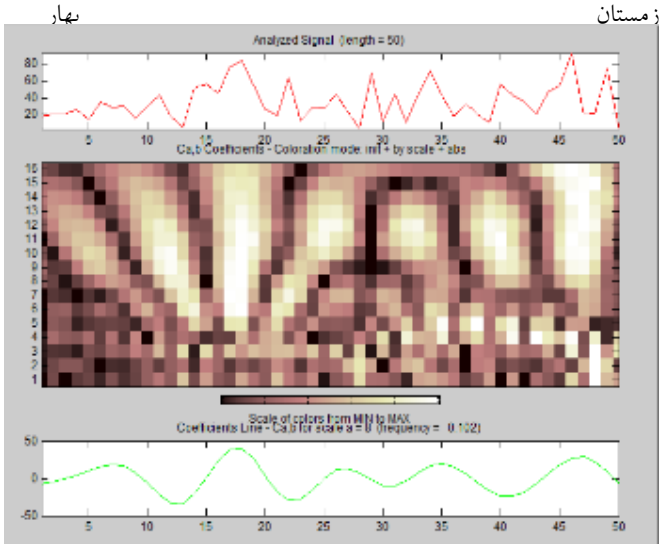
شکل ٦- تحلیل موجک فصلی و سالانه لکه‌های خورشیدی



بهار

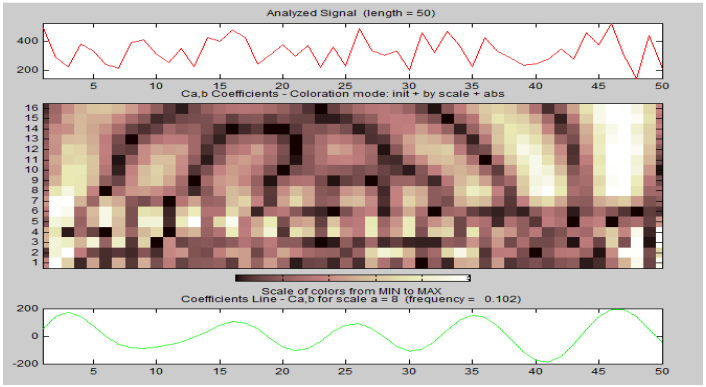


زمستان



پاییز

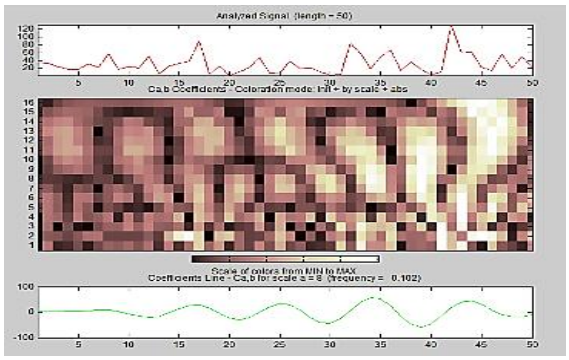
شکل۷- تحلیل موجک بارش فصلی اصفهان



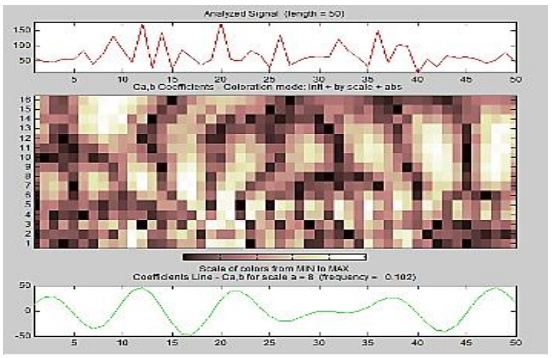
شکل۸ – تحلیل موجک بارش سالانه اصفهان

تغییرات فصلی و سالانه بارش کاشان با استفاده از آنالیز موجک(۲۰۱۰-۱۹۶۱)

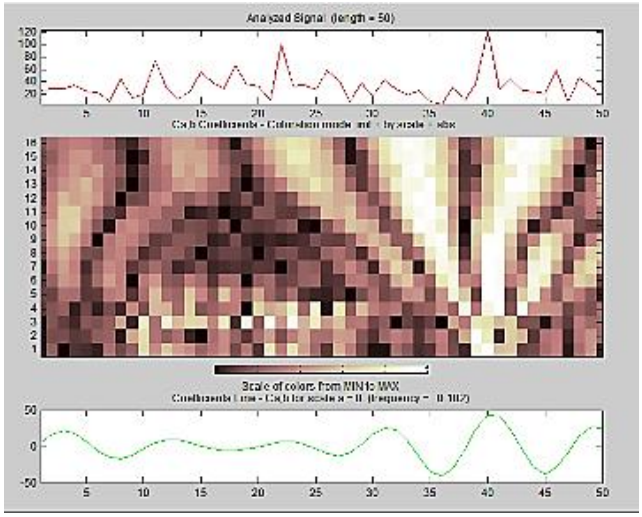
در تحلیل موجک بارش فصلی کاشان، فصل زمستان با داشتن سیکل های ۲، ۵، ۷ و ۱۰ ساله نوسانات بیشتری نسبت به سایر فصول دارد. فصل بهار دارای سیکل ۱۰- ۵ است و فصل پاییز دارای سیکل ۷- ۱۲ ساله است. در فصل پاییز وسعت دامنه‌ی سیکل‌ها در هر دو ایستگاه نسبت به سایر فصول بیشتر است (شکل ۹). ایستگاه کاشان در مقیاس سالانه چرخه یا سیکل ۹- ۵ ساله را نشان می‌دهد (شکل۱۰).



بهار

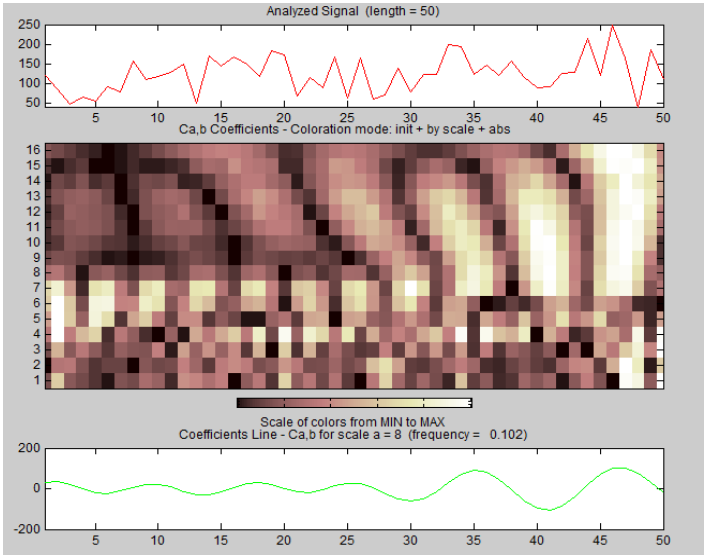


زمستان



پاییز

شکل ۹- تحلیل موجک بارش فصلی کاشان



شکل ۱۰- تحلیل آنالیز موجک بارش سالانه کاشان

نتیجه‌گیری

عامل اصلی تأثیرگذار بر سیستم اقلیمی نواحی مختلف ، انرژی خورشید می‌باشد که با فعالیت خود بـه صـورت کمـی و کیفـی در دوره‌هـایی باعـث تغییـرات در ایـن سیستم می‌شود. تغییرات کمی خورشـید بـه صـورت فعالیت‌های لکه‌های خورشیدی نمایـان مـی‌شـوند که سیکلی ۱۱ ساله را دارا می‌باشند. البته در ماه‌های مختلف فرین‌های دوره فعالیت‌ها و نوسانات سیکل‌ها متفاوت است. با مشاهده موجک‌های رسم شده برای ماه‌های مختلف، درطی دوره آماری ۵۰ ساله ، ٤ سیکل در فعالیت لکه‌های خورشیدی وجود دارد که در هر یک از سیکل‌ها، شدت فعالیت‌ها متفاوت بوده است، به گونه‌ای که در اکثر ماه‌ها مشاهده شده است سیکل‌های اول و چهارم حداقل فعالیت را دارند. 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 می‌باشد. به طور کلی می‌توان بیان کرد زمانی که فعالیت لکه‌ها

به حداقل می‌رسد ارتفاع موج کاهش یافته و دامنه موج گسترش می‌یابد و زمانی که فعالیت لکه‌ها به حداکثر می‌رسد ارتفاع موج افزایش یاقته و دامنه آن کمتر می‌شود.

همچنین در تحلیل موجک مربوط به بارش ماهانه اصفهان مشاهده شد که در ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبربه ترتیب با داشتن سیکل ۱۰ساله، ۸ ساله و ۷ ساله، بارش‌ها نسبت به سایر ماه‌ها منظم‌تر می‌باشد. در ایستگاه کاشان نیز به دلیل داشتن اقلیم خشک تا نیمه خشک و نداشتن بارش مورد توجه، سیکل منظمی مشاهده نشد و تنها در ماه دسامبر دارای سیکل ۱۵-۷ ساله می‌باشد. در بررسی کلی، ماه ژانویه یکی از پرباران‌ترین ماه‌ها در دو ایستگاه مشاهده شد و همچنین اوج بارش‌ها در ابتدا و انتهای دوره مورد مطالعه رخ داده است که این مطلب بیانگر یک نوع رابطه‌ی عکس با فعالیت لکه‌های خورشیدی است. به طوری که در ابتدا و انتهای دوره یعنی سیکل‌های اول و چهارم، حداقل میزان فعالیت تعداد لکه‌های خورشیدی می‌باشد. بنابراین با کاهش فعالیت لکه‌های خورشیدی، بارش افزایش یافته است. البته همانطور که در موجک های رسم شده مشاهده شد، این مطلب در همه ماه‌ها صادق نیست. و از طرفی هدف ما در این تحقیق بررسی رابطه بین فعالیت لکه‌های خورشیدی و بارش می‌باشد و یک نوع نگاه تک بعدی را دنبال می‌کنیم. و تغییر در میزان بارش می‌تواند تحت تأثیر عوامل دیگری مانند تغییر اقلیم باشد که انجام مطالعاتی را در این زمینه می‌طلبد.

نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر همچون برخی مطالعاتی که با داده های اقلیمی مناطق مختلف جهان انجام شده است، مانند (بال و بوز، ۲۰۱۰: ۲۰٤)، ارتباط معنادار قابل توجهی را بین فعالیت‌های خورشیدی و متغیرهای اقلیمی همچون دما و بارش نشان نمی‌دهد . با وجود 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 به طور نسبی کاهش می یابد.

منابع

Araya, E. & Javier, B. & Fernandez,W., (2000). Solar activity and climate in Central America; Geofísica International, Vol., 39, Num. 1, pp. 97-101

Bal, S. & BOS, M., (2010). A Climatologically Study of the Relations among Solaractivity, Galactic Cosmic ray and Precipitation on Various regions over the Globe; J. Earth Syst. Sci. 119, pp. 201–209.

El Mallah, 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*, *2*(3), 1807-1817.

El-Borie, M. A., Abd-Elzaher, M., & Al Shenawy, A., (2012). Solar and geomagnetic activity effects on global surface temperatures. *Am. J. Environ. Eng*, *2*(4), 80-85.

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(5/6), 561-566.

Jahanbakhsh, S., & Edalatdoost, M. Tadvini, M., (2010). Lake Urmia, a Classic Indicator of the Relationship between Sunspots and the Climate of Northwestern Iran, Quarterly Journal of Geographical Research, No. 99, pp. 79-49.

Jahanbakhsh, S., & Edalatdoost, M., (2008). The Study of the Effect of Solar Activities on Changes in Annual Rainfall in Iran, Geographical Research, Spring 2008, Volume 23, Number 1, 88, pp. 24-3. (in Farsi).

Javari, M., (2010). Quantitative Analysis Methods in Climatology. Publishing Messenger.

Kaleem, D. M., & Pishvaei, M. R., & Mahmoudi, P., (2013). The Study of the Possibility of the Effect of Sunspots on Rainfall in Selected Stations in Southern Iran, Vol. 13, No. 42, pp. 208-191. (in Farsi).

Kamali, G.A., & Moradi, E., (2005). Quality Control and Reconstruction of Total Solar Radiation Data, 4th International Conference on Fuel Consumption Optimization in Building, Tehran, Iran Fuel Consumption Organization.(in Farsi)

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.

Khosravi, M., & Jalilian Rostami, S., (2014). The Study of the Relationship between Precipitation and Temperature in Iran with the Sunspot Cycle Using Wavelet Rrefining, Journal of Climatological Research, Fifth Year, No. 19 and 20, pp. 51-39. (in Farsi).

Khosravi, M., & Mirdilami, S., (2011). The Effect of Sunspot Activity on Rainfall in Golestan Province, Geography and Environmental Planning, Volume 24, Consecutive 52, No. 4, Winter, pp. 46-33. (in Farsi).

Meehl, G. A., Arblaster, J. M., Matthes, K., Sassi, F., & van Loon, H. (2009). Amplifying the Pacific climate system response to a small 11-year solar cycle forcing. *Science*, *325*(5944), 1114-1118.

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*, 204-228.

Omidvar, K., & Ebrahimi, R., & Jamshidi Motlagh, M., (2016). Investigating the Effect of Sunspots on the Temperature of Kerman and Shiraz Stations During the Last Half Century Using Wavelet Analysis, Geography and Environmental Hazards, No. 19, pp. 17-36 (in Farsi).

Sabatino, S., & Linghuai, H. L. HL,(2000). *Solar variability and climate. Department of Astronomy*, *Yale University*, *New Haven*, 1705-1713.

Saberian, J., & Malek, M.R., (2009).Wavelet Transform and its Application in GIS, Geomatics conference and exhibition. (in Farsi).

Saliqeh, M., & Asakereh, H., & Naserzadeh, M.H., & Biliani, Y., (2015). Analysis of Trends and Time Series Cycles of Annual Precipitation in Helleh and Mond Catchments, Applied Research in Geographical Sciences, Year 15, No. 37, 272-245 . (in Farsi).

Sejrup, H.P., Lehman, S.J., Haflidason, H., Noone, D., Muscheler, R., Berstad, I.M., & Andrews, J.T.,(2010), Response of Norwegian Sea temperature to solar forcing since 1000 A.D., J. Geophys. Res.,115, 2034 .

T. Dixon, R., (2003). Translated by Ahmad Khajeh Nasir Tusi, Dynamic Astronomy, Tehran, University Publishing Center.

Taghavi, F., & Nisani, A. Mohammadi, H, & Rostami Jalilian, SH., (2011). Application of Wave Analysis in Identifying Precipitation Behavior in Western Iran. Iranian Journal of Geophysics, Volume 5, Number 4, pp. 30-13. (in Farsi).

Zarrin, A., & Mofidi, A., (2006). The Introduction of Solar Activity and Its Impact on the Earth's Climate: A Case Study of the Middle East and Iran Climate. Quarterly Journal of Geographical Research of the Land, Second Year No. 88, pp. 83-104. (in Farsi).

Zhao, J., Han, Y. B., & Li, Z. A. (2004). The Effect of Solar Activity on the Annual Precipitation in the Beijing Area. *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics*, *4*(2), 189.

The Journal of Geographical Research on Desert Areas
8th Year – No. 2- Autumn and Winter 2020
Original Research Article

Study of the effect of sunspots on seasonal and annual precipitation through wavelet analysis: A case study of the stations in Isfahan and Kashan

Kamal Omidvar, Professor of Geography, University of Yazd
Razieah Naderi Beni, Master of Applied Climatology, University of Yazd
Masoomeh Nabavi Zadeh[1], PHD Student of Climatology Hazards, University of Yazd

Received: 20-01-2019 Accepted: 04-11-2019

Introduction: The sun is the main source of Earth energy and its climate changes. Changes in the amount of energy emitted from the sun or in its surface temperature can cause fluctuations in the atmosphere. Solar spots are among the factors that can affect the climatic conditins of the Earth periodically and ultimately lead to climate changes. The wavelet transform (WT) has been a major development in the field of data analysis since the 1980s. It is an effective means of processing time-series data, especially those with nonstationary characteristics. Iran has been experiencing high climatic variations during the past decades. Wavelet analysis can be a powerful tool to analyze the processes that are nonstationary in nature and occur over finite spatiotemporal domains. In particular, it is used to study oscillatory behavior and reveal the periodicities present in signals. To obtain the possible correlations among the periodic behaviors represented in environmental datasets, wavelet analyses have to be performed. A wavelet is a wave-like oscillatory function which is localized in a time and frequency space and must have a mean of zero. The output is a graphical representation of the 95% confidence level contour, which shows the correlation between two time series, as a function of the signal period and its time evolution

Methodology: Wavelets are flexible functions that are resolved in the time and frequency domains and, thus, ideal to quantify the changes in the contribution of each period (or frequency) over time to the overall variance (or power) of a signal (e.g., a time series). Because wavelets can be scaled (i.e., contracted or dilated), they can efficiently accommodate both high and low-frequency structures in nonstationary signals, whose statistical characteristics vary over time. In this study, the Morlet wavelet was used, and the spectral analysis of precipitation time series was done through using the wavelet theory with the aim of identifying the effect of sunspots on the spectral behavior of precipitation. The precipitation data as well as the data on the sunspots for a period of 50 year (1961-2010) were used at two

[1] Corresponding Author Email: mnabavi93@gmail.com

synoptic stations of Isfahan and Kashan. To this end, the researcher benefited from statistical analysis and wavelet analysis using the MATLAB software. Sunspots are the most important indicators of the variability in solar radiation; in the majority of studies, the relative number of sunspots is mainly used to analyze the sunspot changes.

Results and Discussion: Many studies have analysed the variability in precipitation, since climate change has become a major global issue. We investigated the trends of precipitation in two synoptic stations of Isfahan and Kashan and explored the changes in local water resources to improve our understanding of the impacts of climate change on water resources in the area sunspots in different years. Also, the correlation coefficients of these fluctuations at the mentioned stations were calculated. Based on the wavelet analysis, it was obvious that during all the months of the year sunspots activity left behind an 11-year-old cycle. Of course, in different months, the extremes of activities and fluctuations were found to be different. The plotted wavelets for different months of the year were evaluated. It was revealed that, during the statistical period of 60 years, there have been four cycles in the sunspot activity with a different degree of intensity in each cycle. According to the results, there was no significant relationship between precipitation and the activity of solar spots. Based on wavelet analysis, there was a poor negative correlation between them. Considering the analysis of a 50-year period, four 11-year cycles were observed in the sunspot activity.

Conclusion: Sunspots are the most important indicators of variability in solar radiation. In the majority of studies, the relative number of sunspots is mainly used to analyze the sunspot changes. The application of wavelet transform and regression analysis helps to interpret the periodic cycles, trends and non-stationarities on different timescales in the climate records examined. The present study was conducted based on the annual, seasonal, and monthly averages of the sunspots during a statistical period of 50 years derived from the American Geophysical Union. The aim was to investigate the connection among the 11-year sunspot activity cycles and precipitation patterns in two synoptic stations of Isfahan and Kashan from 1961 to 2010. It was observed that the peak activity was in the second and the third cycles, and the least one was in the first and the fourth cycles. Additionally, the range of rainfall cycles (7-12 years) was higher in the fall than in the other seasons at the studied stations. The findings of this study can be beneficial for policymakers to consider future potential droughts and wet years based on sunspot activities so that water resources can be more properly managed.

Keywords: Rainfall, Sunspot, Wavelet analysis, Isfahan, Kashan City.