بررسی و تحلیل دوره‌های بازگشت دما و بارش با استفاده از تحلیل طیفی و تأثیر آن بر مدیریت اراضی (مطالعه موردی: خداآفرین، آذربایجان شرقی)

امید احمدی[1*]، پریسا علمداری[1]، مسلم ثروتی[2]، تورج خوش‌زمان[3] و علی شاهبایی کوتنایی[4]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۱۶)

چکیده

تغییر در پارامترهای اقلیمی در عصر پیش رو شتاب زیادی به خود گرفته است که می‌تواند بر فعالیت‌های کشاورزی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم اثرگذار باشد. دما و بارش از پیچیده‌ترین مؤلفه‌های اقلیمی است. تحلیل طیفی یک روش علمی و کارآمد به‌منظور شناخت و آشکارسازی رفتارهای پنهان این متغیرهاست. در این پژوهش به‌منظور بررسی و تحلیل دوره‌های بازگشت دما و بارش با استفاده از تحلیل طیفی، آمار مؤلفه‌های اقلیمی (بارندگی، متوسط، بیشینه و کمینه دما) برای یک دوره ۲۷ ساله (۲۰۱۵-۱۹۸۹) برای مدیریت پایدار اراضی استفاده شد. بدین‌منظور داده‌های اقلیمی دما و بارندگی وارد محیط نرم‌افزار MATLAB، شد و دوره‌نگار هر یک از مؤلفه‌های اقلیمی به تفکیک ترسیم شد. نتایج حاصل از بررسی هر دوره‌نگار نشان داد که کمینه مطلق دما دارای چرخه‌های معنادار با دوره‌های بازگشت ۳/۸ و ۲/۴ ساله، بیشینه مطلق دما دارای چرخه معنادار با دوره بازگشت ۲/۱ ساله و متوسط دما دارای چرخه معنادار با دوره بازگشت ۲/۷ ساله بود. همچنین بررسی دوره‌نگار مربوط به بارش مؤید چرخه معنادار با دوره بازگشت ۳/۴ ساله بود. نتایج حاصل از بررسی چرخه‌ها، نشان داد که حالت‌های خاص اقلیمی در منطقه دارای دوره‌های بازگشت کوتاه‌مدت است. با توجه به این موضوع و لزوم حفاظت از محصولات کشاورزی به‌ویژه محصولات باغی، می‌بایست با به‌کارگیری روش‌های مدیریت منابع آب و خاک از جمله ایجاد تراس و افزایش زبری خاک و همچنین کاشت گونه‌های گیاهی مناسب با شرایط اقلیمی منطقه، مقاوم به خشکی و با نیاز آبی کم، بهینه‌ترین شرایط را از نظر کشت محصولات باغی و کشاورزی ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل چرخه، داده‌های اقلیمی، دوره‌های بازگشت، دوره‌نگار، کشاورزی

۱. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲. مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۳. دکترای فیزیک خاک، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، زنجان، ایران
۴. گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: omid.ahmadi@znu.ac.ir

مقدمه

تغییر در پارامترهای اقلیمی عبارت است از تغییر در توزیع آماری الگوهای جوی (پراکندگی الگوهای فشار) و تغییر در میانگین عناصر اقلیمی برای یک دوره بلندمدت که می‌تواند توسط عواملی از قبیل فرایندهای زیستی، نوسانات در مقدار انرژی تابشی دریافتی توسط زمین و فعالیت‌های آتشفشانی ایجاد شود (۱۹). تغییر در پارامترهای اقلیمی، کمبود آب و گسترش بیابان‌ها سه چالش بزرگ زیست‌محیطی پیش روی بشر است (۲). تغییر در پارامترهای اقلیمی می‌تواند باعث تغییرات مکانی و زمانی متغییرهای اقلیمی شود (۳). همچنین می‌تواند باعث افزایش و یا کاهش گستره یک منطقه اقلیمی و در نتیجه جابه‌جایی مناطق اقلیمی شود و تنش‌هایی را در جوامع گیاهی و جانوری آن مناطق پدید آورد (۱۳). تغییر در پارامترهای اقلیمی فرایندی منحصر به عصر ما نبوده و بر اساس شواهد، کره زمین در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی همواره با چنین تغییراتی مواجه بوده است. آنچه تغییرات پارامترهای اقلیمی قرن حاضر را متمایز ساخته است، ماهیت و سرعت آن است، به‌صورتی که امروزه این تغییرات شتاب بیشتری به خود گرفته است. بخشی از دلایل تغییر در پارامترهای اقلیمی، به فعالیت‌های بی‌رویه انسان و به‌ویژه فعالیت‌های صنعتی او ارتباط دارد (۲۲). به‌دلیل اهمیت و تأثیر این پدیده بر شرایط محیطی به‌ویژه کشاورزی، همچنین نقش اقلیم در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان، در بازه‌های زمانی طولانی (روند) و کوتاه‌مدت (فازها و چرخه‌ها) از موضوعات جالب توجه محافل علمی در چند دهه اخیر بوده است (۱۱).

دما و بارش از جمله عناصر آب و هوایی هستند که روابط پیچیده‌ای با یکدیگر دارند و طی سال‌های اخیر از تغییرات آب و هوایی تأثیر پذیرفته‌اند. افزایش دمای کره زمین سبب تغییرات وسیعی در اقلیم‌های سطح زمین شده و باعث بروز تغییراتی در زمان و مکان بارش شده که خسارت‌های بسیاری را بر جوامع بشری وارد آورده است (۱۶). بنابراین بررسی داده‌های اقلیمی دما و بارش ضروری به نظر می‌رسد.

وجود پیچیدگی‌های ساختاری در رفتار متغیرهای اقلیمی شناسایی این رفتارها در حالت معمول را مشکل می‌کند؛ در نتیجه نیاز به روش‌هایی وجود دارد که در عین آشکارسازی نوسانات و رفتارهای پنهان و آشکار داده‌ها، تفسیر آنها را نیز ساده کند. در بین روش‌های مختلف، تحلیل طیفی (Spectrum analysis) سری های زمانی این قابلیت را دارد که ضمن آشکارسازی روند، چرخه‌ها (Cycles) یا دوره‌های بسامدی (Frequency) را به خوبی نشان دهد (۲۷). تحلیل طیفی یک ابزار مفید برای جستجو و ارزیابی نوسانات اقلیمی است. این ابزار یک روش تعمیم یافته ای از تحلیل همسازها (Harmonic) است که اولین بار به‌وسیله وینر (۳۰) در سال ۱۹۴۹ ارائه شد.

در سطح جهان، پژوهش‌های متعددی با محوریت تحلیل طیفی انجام شده است از جمله، سلوام و جوشی (۲۶) دمای سطح زمین را با استفاده از روش تحلیل طیفی انجام دادند. نتایج کار آن‌ها حاکی از تغییرات ۳-۲ ساله دما بود. لانا وبورگینو (۲۳)، الگوی بارش‌های غیرعادی شهر بارسلونا را با استفاده از روش تحلیل طیفی تعیین کردند. نتایج کار آن‌ها گویای این واقعیت بود که خاصیت تناوبی تغییرات الگوهای غیرعادی بارش در مقیاس فصلی به رغم مقیاس ماهانه به‌خوبی قابل مشاهده است. گارسیا و همکاران (۱۵) داده‌های بارش ماهانه شبه‌جزیره ایبری را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که رژیم بارش این منطقه دارای نوساناتی هفت ساله است.

اودورو و ادوکپور (۲۵) میانگین بارش سالانه غنا (غرب آفریقا) طی دوره ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸ را با تحلیل طیفی بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود چرخه‌های ۵/۶ ساله و ۲/۷ ساله در بارش بود. همچنین هارتمن و همکاران (۱۷) با استفاده از این روش، وجود چرخه‌های ۳-۲ ساله در بارش‌های چین را گزارش کرده‌اند. لیوادا و همکاران (۲۴) با استفاده از داده‌های بارشی ۱۱۰ ایستگاه باران‌سنجی در یک دوره ۴۰ تا ۵۰ ساله، ویژگی‌های بارش‌های یونان را مطالعه کردند و با روش تحلیل طیفی، تغییرات درون سالانه بسامد هفت بارش حداکثر را تعیین کردند. آزاد و همکاران (۱۰) با استفاده از روش تحلیل طیفی، چرخه‌های ۵-۳ ساله در بارش‌های موسمی هند را اثبات کردند و آن را

ناشی از پدیده انسو دانسته‌اند.

علیرغم مطالعات پرشمار انجام شده در نقاط مختلف جهان، پژوهش‌هایی با موضوع تحلیل طیفی داده‌های اقلیمی در ایران کم تعداد بوده است و بیشتر آن‌ها طی سال‌های اخیر انجام شده‌اند از جمله، بیات (۱۲) گزارش کرد که بر اساس روش تحلیل طیفی، طی دوره آماری ۵۳ ساله (۲۰۰۹-۱۹۵۷) چرخه‌های ۳ ساله و ۶ ساله بر بارش سالانه شهر زنجان حاکم است. عساکره (۶) نیز میانگین دمای سالانه شهر زنجان را با استفاده از رویه تحلیل طیفی مورد مطالعه قرار داد. نتیجه حاصله حاکی از وجود چرخه ۲/۵ ساله در دمای زنجان است.

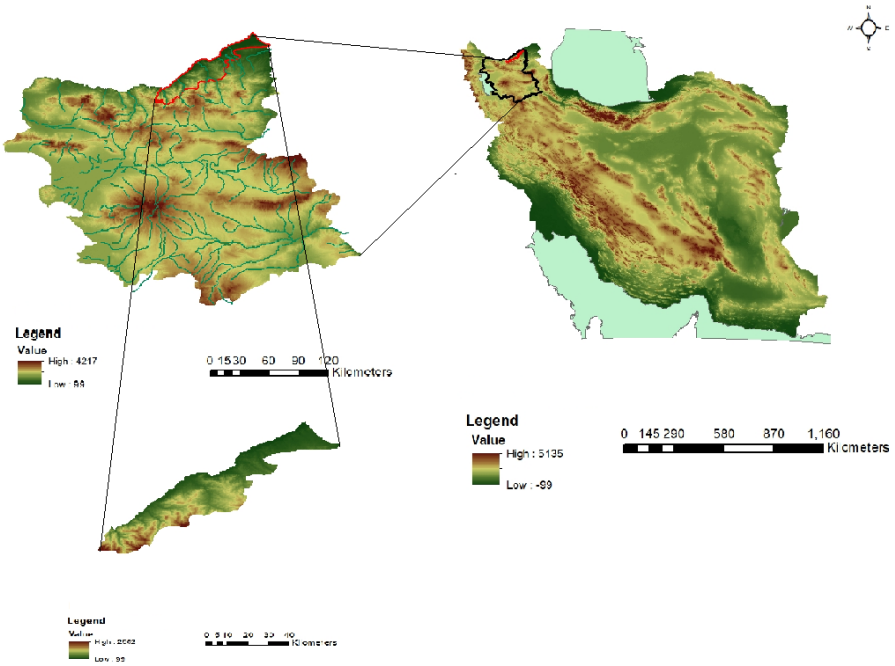
تقوی و همکاران (۲۸) ۶۵ ایستگاه همدیدی ایران را در بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ مورد تحلیل طیفی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده گویای تنوع رفتاری در مناطق مختلف اقلیمی بود، به‌گونه‌ای که سامانه اقلیمی خاص بر مناطق هم‌رفتار اقلیمی (از نظر حداکثر بارش، دمای کمینه و بیشینه) حاکم نبود. عساکره (۷) با استفاده از تحلیل طیفی نشان داد که فراوانی و تداوم بارش‌های بزرگ شهر زنجان، علاوه بر روند، حاوی چرخه‌های حدوداً سه ساله است. بارش‌های سنگین چرخه‌های تقریبی چهار ساله و بارش‌های کم‌مقدار، حاوی چرخه‌های ۳-۲ ساله بود. عساکره و همکاران (۸) با انجام تحلیل طیفی روی سری زمانی بارش و دبی ایستگاه ماشین‌خانه (حوضه آبریز گرکان رود تالش) در دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۶ در دو مقیاس ماهانه و سالانه، نشان داد که در بارش و دبی این ایستگاه روند معناداری وجود ندارد و در آن چرخه‌های ۲ تا ۴ و ۴ تا ۵/۳ ساله دارای بیشترین فراوانی هستند.

دانشمند و محمودی (۱۴) با هدف تحلیل طیفی بارش ماهانه ۴۱ ایستگاه همدیدی کشور برای یک دوره آماری ۳۱ ساله (۲۰۱۳-۱۹۸۳) نشان دادند که دوره‌های غالب موجود در سری‌های زمانی خشکسالی‌های ایران بسیار متنوع بوده است و از دوره‌های دوساله تا سی‌ساله را شامل می‌شود. علیجانی و همکاران (۱) نشان دادند که چرخه‌های معنی‌دار ۳-۲ ساله، ۵-۳ ساله، ۶-۲ ساله و گاهاً ۱۱ ساله و بالاتر بر بارش سالانه ایران حاکم است.

به‌طورکلی با بررسی منابع و پژوهش‌های ذکر شده مشخص شد در این زمینه پژوهش‌های چندانی انجام نگرفته است و می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تحلیل طیفی به‌عنوان یک روش علمی و معتبر از توانایی بالایی برای آشکارسازی نوسانات و رفتارهای پنهان متغیرهای اقلیمی برخوردار است و پژوهشگران در مطالعات خود تلاش کرده‌اند با استفاده از این روش و شناسایی بسامدهای پنهان داده‌ها، شناخت بهتری از عوامل به وجود آورنده و تأثیرگذار بر این بسامدها پیدا کنند تا تصویر بهتری از روابط پیچیده دستگاه اقلیم ارائه نمایند. با توجه به اینکه بیشینه، کمینه و متوسط دما و همچنین بارش از مهم‌ترین فراسنج‌های اقلیمی بوده و در زمینه‌های متنوعی مانند کشاورزی، گردشگری، عمران و شهرسازی و سایر زمینه‌ها تأثیرگذار هستند، مطالعه بسامدهای پنهان در آنها حائز اهمیت است. بر این اساس و با توجه به اهمیت استان آذربایجان شرقی در زمینه کشاورزی و ضرورت انجام برنامه‌ریزی‌های مختلف با در نظر گرفتن شرایط تغییر در پارامترهای اقلیمی، در پژوهش حاضر تلاش شده تا با استفاده از روش تحلیل طیفی و بر اساس آمار ۲۷ ساله دما و بارش، چرخه‌های موجود در فراسنج‌های اقلیمی ذکر شده شناسایی و عوامل مؤثر بر آن‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف اصلی در این مطالعه شناخت و بررسی چرخه‌های بیشینه، کمینه و متوسط دما و همچنین بارش در محدوده مورد مطالعه و تأثیر آن بر مدیریت اراضی است. جامعیت و در نظر گرفتن تغییرات چند پارامتر دمایی نسبت به یکدیگر و مقایسه آنها، از نوآوری‌های پژوهش حاضر است که در سایر مطالعات به آن توجه نشده است.

مواد و روش‌ها

شهرستان خداآفرین (شکل ۱) با وسعت ۱۵۲۵ کیلومتر مربع در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره‌داغ و رشته کوه‌های قفقاز واقع شده است. بیش از ۸۶ درصد از وسعت اراضی شهرستان خداآفرین را جنگل‌ها و مراتع تشکیل می‌دهند. این شهرستان دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های



شکل ۱. موقعیت منطقه مطالعه شده

سرد است. دارای کوه‌های جنگلی پوشیده از درخت بوده و بیشترین اراضی مستعد کشاورزی در این منطقه قرار گرفته‌اند. این منطقه در محدوده ۴۶ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. با وجود سد بزرگ خداآفرین، جنگل‌ها و مراتع وسیع و اراضی مستعد کشاورزی، پایه اقتصاد این شهرستان کشاورزی و دامداری است و بیشتر اهالی آن در این بخش مشغول به فعالیت هستند. ارتفاع تقریبی منطقه از سطح دریا ۵۵۰ متر است. اراضی منطقه از لحاظ شکل ظاهری روی دشت (آبرفتی، سیلابی، دامنه‌ای) و مخروط افکنه قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه کلیماتولوژی خمارلو بین سال‌های ۱۳۷۶ تا ۱۳۹۵ معدل سالیانه دما ۱۴/۷ درجه سلسیوس اعلام شده است. میزان بارندگی سالیانه نیز بالغ بر ۲۸۱ میلی‌متر است.

در این پژوهش به‌منظور بررسی چرخه‌های موجود در فراسنج‌های دما و بارش شهرستان خداآفرین، از داده‌های سالانه دمای متوسط، دمای کمینه مطلق، دمای بیشینه مطلق و بارش ایستگاه کلیماتولوژی خمارلو در دوره ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۵ استفاده شده است.

همچنین به‌منظور ایجاد یک دید کلی از تغییرات داده‌ها در طول زمان، نمودارهای سری زمانی هر یک از متغیرها به تفکیک ترسیم شده است. در ادامه برای شناخت رفتار بلندمدت و چرخه‌های موجود در متغیرهای مورد بررسی و تحلیل آن، از روش تحلیل طیفی استفاده شده است. در این روش تصادفی نبودن نوسانات در سری‌های زمانی آزمون خواهد شد (۵) و به مجموعه عملیات آماری گفته می‌شود که روی طیف مورد نظر اعمال می‌شود و از طریق آن می‌توان برخی از مشخصه‌های مهم طیف از جمله دامنه، حالت و بسامد را به‌دست آورد. در واقع روش تحلیل طیف، تجزیه واریانس یک سری زمانی است (۱۱). برای استخراج رفتارهای بسامدی (چرخه‌ها) سری، توسط این روش چند مرحله باید طی شود که این مراحل در بخش زیر بیان شده‌اند:

ابتدا سری‌های زمانی باید به توابع بسامدی (به‌صورت توابعی برای دوره‌های مختلف و دارای دامنه و فراوانی مشخص) تبدیل

شوند. فراوانی گویای مقیاس زمانی (چرخه در واحد زمان) و دامنه بیانگر میزان پرش در این تابع، در آن مقیاس زمانی است. سری زمانی (z_t) به طول n، ($\{z_t\}\ t=\binom{n}{1}$) به‌صورت یک الگو در این روش مطابق رابطه (۱) نوشته می‌شود (۶):

$$z_t = a_0 + \sum_{i=1}^{q}\left(a_i \cos 2\pi f_i t + b_i \sin 2\pi f_i t\right) \qquad (1)$$

که در آن Z_t مقدار فراسنج اقلیمی مورد بررسی در زمان t و f_i فراوانی تکرار مشاهده‌ها (عکس دوره بازگشت) است و با $f_i = \frac{i}{n}$ محاسبه می‌شود. در اینجا $i = 1, 2....q$ است و q تعداد همسازها است. مؤلفه‌های سینوسی و کسینوسی، در الگوی فوریه همسازهایی هستند که در شکل‌گیری رفتار سری تناوبی مؤثرند. بنابراین هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود. چنانکه آشکار است الگوی فوریه را نیز می توان به‌عنوان یک الگوی رگرسیون خطی در نظر گرفت. لذا ضرایب فوریه که (a0، ai و bi) همانند یک رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش کمترین مربعات خطا به‌دست می‌آیند. واریانس برای بسامد fi و مطابق با رابطه (۲) است: دوره بازگشت، متوسط زمانی است که بین وقوع دو حادثه مشابه وجود دارد و در آن دوره زمانی یک پدیده تکرار می‌شود. رابطه آن به‌صورت T=1/P است که در آن T دوره بازگشت و P احتمال وقوع رویداد است.

$$I(f_i) = \frac{n}{2}(a_i^2 + b_i^2) \quad i = 1, 2....q \qquad (2)$$

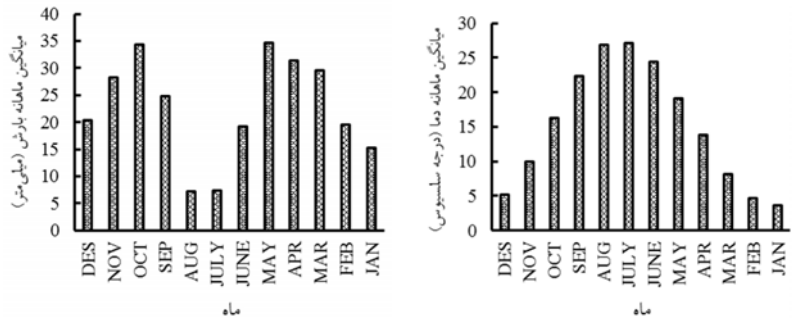
نتایج حاصل از محاسبه واریانس بسامد واریانس‌های مختلف در ترسیم نموداری به نام دوره‌نگار (Periodogram) به‌کار می‌رود. دوره‌نگار نموداری کاربردی است که مقادیر $I(f_i)$ را در مقابل i (شماره همساز) نشان می‌دهد. یکی از مسائل مهم در تحلیل طیفی، آزمون طیف و حصول فاصله اطمینان مناسب برای آن است. برای انجام آزمون طیف می‌بایست آزمون فرض صفر طراحی شود. فرض صفر در تحلیل طیف این است که در یک بسامد مشخص طیف با صفر تفاوتی نداشته باشد. در تحلیل طیفی تصادفی نبودن نوسانات در سری زمانی، به‌وسیله فرض صفری موسوم به صفر پیوسته (Continuous zero) آزمون می‌شود (۶). این مقدار می‌تواند یک طیف بسیار هموار در نظر گرفته شود. روش‌های متعددی برای به‌دست آوردن این طیف وجود دارد که ساده‌ترین آنها بر پایه خودهمبستگی مرتبه اول سری‌ها بنا نهاده شده است. اگر خودهمبستگی مرتبه اول (r_1) سری زمانی، از لحاظ آماری تفاوت معناداری با صفر نداشته باشد، می‌بایست سری بدون روند (نوفه سفید White Noise) در نظر گرفته شود (۶). برای انجام این آزمون ابتدا باید دو فراسنج میانگین طیف ($\bar{s}$) و خودهمبستگی مرتبه اول مشاهدات (r_1) محاسبه شوند و در ادامه طیف یک سری تصادفی با مشخصات $\bar{s}$ و r_1 بر اساس رابطه (۳) محاسبه شود (۱۱):

$$\hat{I}(f) = \bar{s}\left[\frac{1-r_1^2}{1+r_1^2-2r_1\cos\left(\frac{\pi 1}{q}\right)}\right] \qquad I = 1, 2.....q \qquad (3)$$

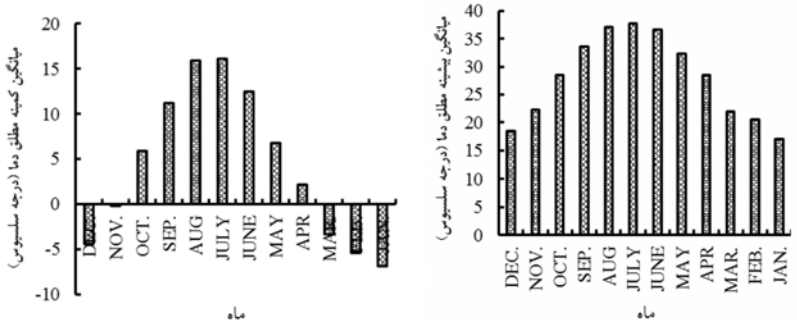
طیفی که بر اساس رابطه بالا محاسبه خواهد شد، نه دارای روند و نه سیکل خواهد بود. درنهایت برای سنجش معناداری طیف، فاصله اطمینان مناسب برای آن بر اساس توزیع کی دو با $v = \frac{2n - \frac{q}{2}}{q}$ درجه آزادی (n طول سری و q نصف طول دوره) و بر اساس رابطه (۴) به‌دست می‌آید:

$$\lambda_k \frac{x^2_v(0/95)}{v} \le \hat{I}(f) \le \lambda_k \frac{x^2_v(0/05)}{v} \qquad (4)$$

مقادیر برآورد شده در برابر بسامد (چرخه در واحد زمان) و یا در برابر دوره ترسیم می‌شوند. ناحیه زیر طیف مجموع واریانس طول دوره آماری است، بنابراین برآورد طیف مجموع واریانس طول دوره را در دامنه فراوانی‌ها (از صفر برای روند تا حداکثر $\frac{n}{2}$) توزیع می‌کند. هر چرخه که بیشترین فراوانی را در طیف به خود اختصاص داده باشد در نمودار دوره‌نگار، واریانس مربوط به آن به‌صورت قله‌هایی در هر بسامد خاص نمایش داده می‌شود. با ترسیم برآورد هر طیف ($\hat{I}(f)$) مقدار λ_K متناظر (فرض صفر) و فاصله اطمینان مربوط، می‌توان دریافت که طیف در سطح اطمینان مورد نظر و در بسامد مورد نظر معنی‌دار است یا خیر (۶). با توجه به مباحث قبلی و با انجام تحلیل طیفی روی



شکل ۲. نمودار تغییرات بارش و متوسط سالانه دما در ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو



شکل ۳. نمودار تغییرات بیشینه و کمینه دما در ایستگاه اقلیم‌شناسی خمارلو

جدول ۱. مشخصات آماری چرخه‌های دما (بیشینه، کمینه، متوسط) و بارش

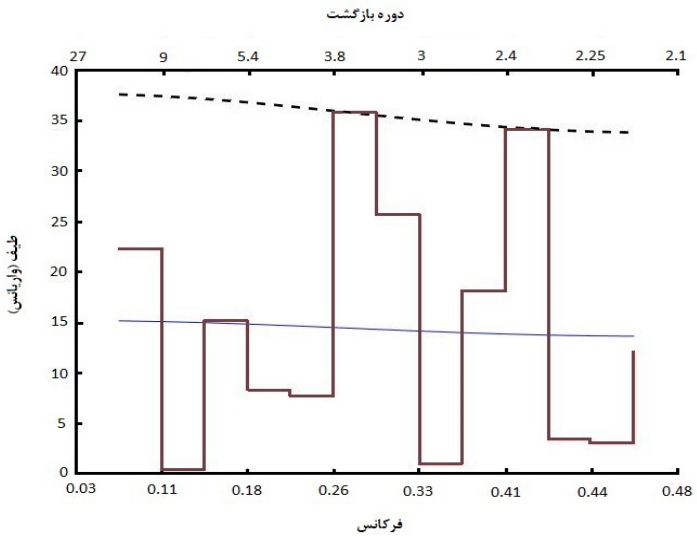
فراسنج	شماره چرخه معنادار	احتمال (بسامد)	دوره بازگشت (سال)	واریانس	نسبت واریانس (درصد)
کمینه مطلق دما	۷	۰/۲۶	۳/۸	۲۵/۵	۱۳/۹
	۱۱	۰/۴۱	۲/۴	۳/۳	۱/۸
بیشینه مطلق دما	۱۳	۰/۴۸	۲/۱	۱/۳	۳
میانگین دما	۱۰	۰/۳۷	۲/۷	۰/۲۳	۱/۹
بارش	۸	۰/۳	۳/۴	۴۸۳۴	۵/۲

داده‌های دما و بارش در محیط نرم‌افزار MATLAB، نمودارهای دوره‌نگار متغیرها ترسیم و با یکدیگر مقایسه شدند و تلاش شد تا ویژگی‌های رفتارهای بسامدی داده‌ها در سطح منطقه بررسی و تحلیل شود.

نتایج و بحث

در این پژوهش برای نشان دادن روند تغییرات مؤلفه‌های اقلیمی، نمودار تغییرات زمانی این فراسنج‌ها به همراه برخی مشخصات آنها در شکل‌های (۲) و (۳) آمده است.

در جدول ۱، یکسری مشخصات عددی مربوط به نمودارهای دوره‌نگار را نشان می‌دهد. اعداد بر اساس اطلاعات حاصل از قسمت‌های مختلف نمودارهای دوره‌نگار استخراج شده‌اند. چرخه معنادار، موقعیت چرخه‌ای را در نمودار دوره‌نگار نشان می‌دهد که از خط معناداری در سطح ۹۵ درصد عبور کرده و بدین‌ترتیب معنادار است. احتمال یا بسامد، شانس وقوع هر یک از چرخه‌های معنادار را در طول دوره آماری نشان می‌دهد. دوره



شکل ۴. دوره‌نگار کمینه مطلق دما

بازگشت، از لحاظ محاسباتی معکوس احتمال (1/P) و به مدت زمانی اشاره دارد که در آن یک پدیده اقلیمی (دما، بارش و...) در حالت‌های خاصی کرد پیدا می‌کند.

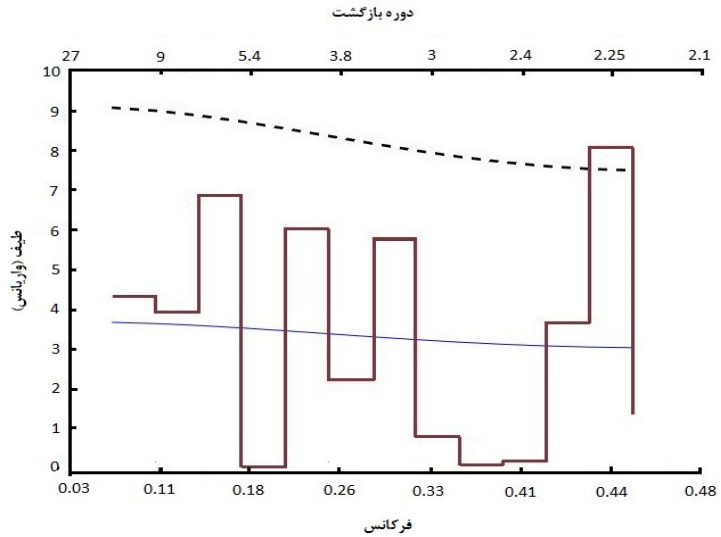
واریانس، میزان تغییرات فراسنج مورد نظر را در طول زمان نشان می‌دهد. نسبت واریانس، سهم واریانس هر یک از چرخه‌ها را از واریانس کل مربوط به تمام چرخه‌ها نشان می‌دهد.

در ادامه برای بررسی و تحلیل طیفی مؤلفه‌های دما و بارش، نمودارهای دوره‌نگار ترسیم شد. دوره‌نگار نموداری که در آن محور عمودی برآورد طیف (واریانس) و محور افقی بسامد (احتمال، فراوانی) چرخه‌ها را نشان می‌دهد.

خط شکسته طیف به ازای بسامدهای مختلف است. همچنین این خطوط شکسته مستطیلی شکل، چرخه‌ها (همساز) را نشان می‌دهد. بدین‌ترتیب که اولین خط شکسته مستطیلی شکل از سمت چپ به‌عنوان همساز اول (یک چرخه در طول دوره آماری) خط شکسته دوم به‌عنوان همساز (دو چرخه در طول دوره آماری) است. همچنین محور افقی بالا دوره بازگشت وقوع هر یک از چرخه‌ها را نشان می‌دهد. خط‌چین نیز مرز معنی‌داری چرخه‌ها در سطح ۹۵ درصد اطمینان است (۱).

بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از جدول و نمودار مربوط به کمینه مطلق دما (شکل ۴) می‌توان گفت که تغییرات دمای کمینه در منطقه خداآفرین افت و خیزهای متعددی در طیف داشته و دارای دو چرخه معنی‌دار است. چرخه معنی‌دار در واقع همان رخداد است که در طول سال‌ها تکرار می‌شوند و می‌توانند طیف وسیعی از فراوانی‌ها را داشته باشند (۱). همسازهای (چرخه) شماره ۷ و ۱۱ در نمودار دوره‌نگار فراسنج مذکور در سطح معناداری قرار دارند. بسامد (احتمال) این همسازها به‌ترتیب ۰/۲۶ ۰/۴۱ بوده که نشان می‌دهد حالت‌های غیرعادی دمای کمینه در این منطقه دارای چرخه‌هایی ۳/۸ و ۲/۴ ساله هستند. این بدان معناست که در این ناحیه سرماهای شدید دارای دوره‌های بازگشت ۲/۴ و ۳/۸ سال هستند و در این بازه‌های زمانی شاهد وقوع سرماهای غیرعادی (نسبت به شرایط نرمال منطقه) خواهیم بود.

واریانس این چرخه‌ها ۲۵/۵ و ۳/۳ است که بیانگر تغییرپذیری بیشتر چرخه‌های ۳/۸ ساله نسبت به چرخه‌های ۲/۴ ساله است. در این شرایط چرخه‌های ۳/۸ ساله رخداد نامنظم‌تری دارند و ممکن است در شرایط اقلیمی خاصی ظاهر شوند اما چرخه‌های ۲/۴ ساله کمینه مطلق دما، به‌صورت نامنظم در منطقه رخ خواهد داد. این موضوع را می‌توان در ارتباط با شرایط محیطی منطقه و توپوگرافی آن توجیه کرد که به‌دلیل ثابت بودن، تأثیر باثبات‌تری روی دمای کمینه در چرخه‌های کوتاه‌مدت



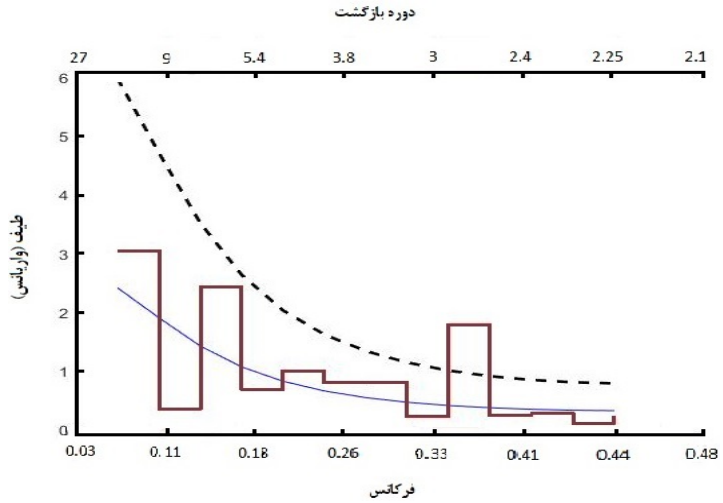
شکل ۵. دوره‌نگار بیشینه مطلق دما

برجای می‌گذارد. نسبت واریانس در همسازهای مشخص شده به‌ترتیب ۱۳/۹ و ۱/۸ درصد است که نشان می‌دهد سهم چرخه‌های ۳/۸ ساله در تغییرات دمای کمینه بیشتر از چرخه‌های ۲/۴ ساله است.

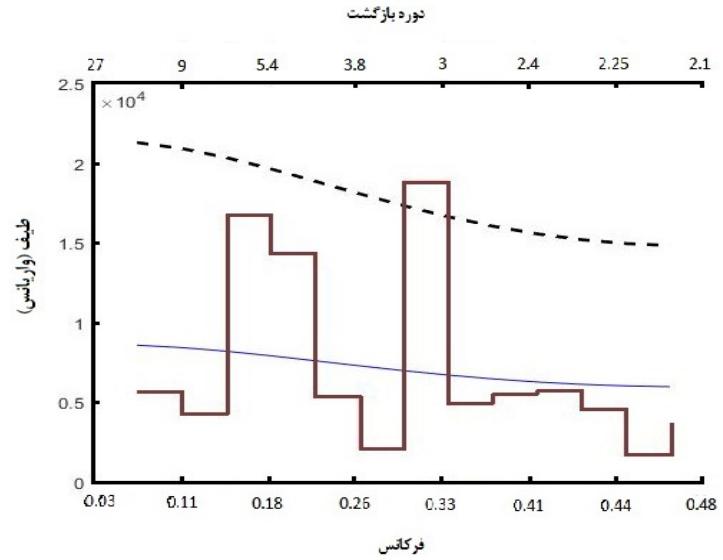
در شکل (۵) دوره‌نگار مربوط به بیشینه مطلق دما ارائه شده است. تغییرات این فراسنج در طول دوره آماری به‌گونه‌ای بوده که همساز شماره ۱۳ به‌صورت معنادار درآمده است. بسامد وقوع این چرخه ۰/۴۸ است. با توجه به این مقدار از بسامد، مشخص می‌شود که چرخه‌های دمای بیشینه مطلق دارای دوره بازگشت‌هایی برابر با ۲/۱ سال هستند. وجود یک قله در طیف، سهم واریانس را از مؤلفه‌های بسامد مزبور نشان می‌دهد (۱). واریانس مربوط به این چرخه ۱/۳ بوده که تنها ۳ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده است. این موضوع نشان می‌دهد که رخداد و اندازه‌های غیرعادی دمای بیشینه مطلق از بازه چندان وسیعی برخوردار نیست و نسبت به دمای کمینه مطلق از ثبات بیشتری برخوردار است. به‌طور کلی شرایط دمای بیشینه در منطقه خداآفرین، شرایطی نسبتاً باثبات و دارای چرخه‌هایی دو ساله است که امکان رخداد دماهای غیرعادی در آن چندان زیاد نیست.

شکل (۶) اطلاعات مربوط به دوره‌نگار فراسنج میانگین دما را در منطقه خداآفرین نشان می‌دهد که طیف فراسنج مذکور دارای نوفه (نویز) قرمز بوده و با افزایش بسامد چرخه‌ها، طول موج بلندتر شده و در نتیجه دوره بازگشت پدیده طولانی‌تر می‌شود. نکته مشخص در نمودار بالا کاهش مقدار واریانس از نخستین همساز به سمت همسازهای بعدی است؛ به‌گونه‌ای که خط معناداری و صفر پیوسته به سرعت به محور افقی (محور بسامدی) نزدیک شده و در فاصله کمی از آن قرار می‌گیرند. این مورد تغییرات بسیار ناچیز در واریانس چرخه‌های میانگین دما را بیان می‌کند.

شکل نمودار و تغییرات آن به‌گونه‌ای است که نشان‌دهنده نوعی روند افزایشی خفیف در شرایط دمایی منطقه است. در این نمودار چرخه دهم معنادار بوده و بسامد آن ۰/۳۷ است. این بسامد دارای دوره بازگشتی برابر با ۲/۷ سال است. واریانس محاسبه شده در این بسامد ۰/۲۳ است که ۱/۹ درصد از واریانس کل بسامدها را به خود اختصاص داده است. مقدار ناچیز واریانس دلیل روشنی مبنی بر کم بودن تغییرات فراسنج مورد بررسی است؛ هر چند که ماهیت خود فراسنج (میانگین دما)، اغلب اوقات به‌طور ذاتی باعث کاهش مقدار واریانس می‌شود. عساکره (۵) برپایه روش تحلیل طیفی و با استفاده از این رویه گزارش کرد که دمای شهر تبریز حاوی چرخه‌های سینوسی ۲/۶–۲ ساله و ۵–۴/۵ ساله است. به‌دلیل گسسته بودن مقادیر در



شکل ۶. دوره‌نگار میانگین دما



شکل ۷. دوره‌نگار بارش

دوره‌نگار، بسامدهای ۵–۴/۵ ساله حاصل میان‌یابی مقادیر بود. بنابراین با قطعیت بالا، نوسانات ۲/۶–۲ ساله را نوسانات با معنی دانست که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

دوره‌نگار مربوط به فراسنج بارش (شکل ۷) در محدوده مورد مطالعه دارای یک چرخه معنادار است. بسامد این چرخه ۰/۳ بوده و دوره بازگشت آن ۳/۴ سال است. علیجانی و همکاران (۱) وجود چرخه‌های ۲/۵ تا ۱۲ ساله در شمال غرب و شمال ایران را گزارش کرده‌اند که بیشترین فراوانی وقوع را دارند. همچنین عساکره و رزمی (۴) حاکمیت چرخه‌های ۵–۳ ساله را بر بارش‌های شمال غرب تأیید می‌کند که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد. جهان‌بخش و عدالت‌دوست (۲۰) وجود این چرخه‌ها به‌ویژه در منطقه آذربایجان را ناشی از فعالیت چرخه‌های خورشیدی و نوسانات اطلس شمالی دانسته‌اند.

نکته مهم در دوره‌نگار بارش منطقه خداآفرین، عدم معناداری همساز اول و در نتیجه عدم وجود روند مشخص در داده‌های بارش این منطقه است. واریانس چرخه مشخص شده نیز ۴۸۳۴ بوده و نسبت واریانس آن ۵/۲ درصد است. وجود چرخه ۳/۴ ساله که دوره‌ای کوتاه محسوب می‌شود، نشان‌دهنده نقش و اهمیت

عوامل محیطی موجود منطقه مانند توپوگرافی (وجود کوه‌های عظیم سهند و سبلان) و موقعیت جغرافیایی (طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع) در تغییرات بارش است که در ترکیب با عوامل جوی مولد بارش موجب رخداد بارش‌هایی فراتر از شرایط عادی در بازه‌های زمانی کوتاه شده است.

با توجه به آنچه گذشت، یکی از بزرگ‌ترین خطرات پیش روی بشر در حال حاضر و نیز در نسل‌های آینده، تغییر در پارامترهای اقلیمی است (۱۸). این رویه، موضوعی اجتناب‌ناپذیر است که مدیریت خاک و اراضی را به شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد. با توجه به این واقعیت، دیدگاه‌های کشاورزی در کشورمان بایستی تغییر کند. شناخت جنبه‌های مختلف تغییرپذیری بارش و دما از نیازهای علمی و عملی به‌ویژه در کشاورزی به‌شمار می‌آید. کشف دوره‌های تناوبی و چرخه‌های آشکار و نهان در سری‌های زمانی اقلیمی به‌ویژه بارش، می‌تواند نقش مهمی در پیش‌بینی‌های اقلیمی و در نتیجه مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی‌های بهینه محیطی داشته باشد (۱). این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله آذربایجان شرقی از اهمیت دوچندان برخوردار است. بیشترین سهم بارش در این منطقه در فصل زمستان و به‌علت ورود سامانه‌های مدیترانه‌ای و بارش‌های ناشی از این سامانه است (۹). در این رابطه نیاز به یک مدیریت همه جانبه است. به‌طور مثال، از کنترل آب‌های سطحی گرفته تا مدیریت‌های اراضی و زراعی ما را در بهبود شرایط کنونی یاری می‌کند. استفاده از ارقام مقاوم به خشکی و با نیاز آبی کم برای غلبه بر آثار تغییرات اقلیمی مفید خواهد بود. روش‌هایی از جمله، افزایش زبری خاک برای کاهش رواناب و افزایش نفوذ آب به خاک سودمند است. روش چاله‌کنی همچنین ایجاد تراس و پشته‌هایی در اراضی با شیب زیاد، در نگهداری و نفوذ بیشتر آب مؤثر است. برای تثبیت برف و جلوگیری از بادرفت آن از سطح خاک، نرده‌های برف‌گیر و بادشکن توصیه می‌شود.

بخش کشاورزی و به‌ویژه زیربخش باغ، به‌دلیل وابستگی بیشتر به شرایط آب و هوایی، بیشترین آسیب ناشی از تغییرات اقلیمی را متحمل می‌شود. دماهای بالا، با افزایش تبخیر و تعرق باعث کاهش حجم آب خاک، تجمع نمک‌های محلول و تنش شوری می‌شود. این امر به نوبه خود باعث خشکی فیزیولوژیکی، انباشتگی یون‌های سمی و اختلال در تنظیم تعادل اسمزی گیاهان می‌شود. بالا رفتن دما همچنین موجب تغییر فصل رشد گیاهان زراعی خواهد شد (۲۹). دمای پایین نیز از مهم‌ترین عوامل اقلیمی محدود کننده رشد، تولید و توزیع جغرافیایی گیاهان است. بسیاری از گونه‌های گیاهی، به‌ویژه گونه‌های مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در دماهای پایین (۱۵-۱۰ ºC)، دچار آسیب‌دیدگی و سرمازدگی می‌شوند. راهکارهای مدیریتی برای محافظت از سرمازدگی گیاهان شامل تغییر دوره رشد و نمو گیاه به‌منظور اجتناب از روبه‌رو شدن با دماهای سرمازدگی از طریق تغییر تاریخ کشت، کاشت نشا و یا کاشت ارقام زودرس است (۲۱).

نتیجه‌گیری

در کشور ایران به‌علت تغییرات فراوان در فرایند بارندگی و نوسانات دمایی در طول سال، عناصر اقلیمی نقش ویژه‌ای در مدیریت اراضی و عملکرد کشاورزی ایفا می‌کنند. به‌طوری که میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و روند افت و خیز دما دارد. آگاهی از تأثیر عوامل اقلیمی بر مدیریت و بهره‌وری اراضی و همین‌طور عملکرد گیاهان زراعی و باغی کمک شایانی در بهبود برنامه‌ریزی و بهره‌برداری از منابع موجود می‌کند. برای دستیابی به این هدف، تحلیل طیفی عناصر اقلیمی بسیار سودمند خواهد بود. تحلیل طیفی، برای پیش‌بینی و شناخت دوره‌های بازگشت فراسنج‌های اقلیمی از جمله نوسانات بارش بسیار کارا است. با توجه به دوره‌های بازگشت مربوط به فراسنج‌های دمایی به‌ویژه فراسنج دمای کمینه و کوتاه بودن آن به نظر می‌رسد می‌بایست برنامه‌ریزی‌هایی به‌منظور جلوگیری از خسارت به محصولات کشاورزی انجام شود. بر اساس مباحث بیان شده و کوتاه بودن دوره‌های بازگشت سرماهای غیرعادی در منطقه، نخستین کار، شناسایی ارقام مقاوم به سرما و کشت آنها در سطح منطقه است. بررسی شرایط بارشی

و کوتاه بودن دوره بازگشت این پارامتر در نخستین گام لزوم توجه به روش‌های مدیریت منابع آب و خاک به‌منظور جلوگیری از فرسایش و حفاظت خاک را نشان می‌دهد و در این بخش باید با شناسایی و کاشت گونه‌های گیاهی متناسب با شرایط بارشی منطقه، بهینه‌ترین شرایط از نظر کشت محصولات باغی و سایر محصولات کشاورزی را ایجاد کرد. در این قسمت ضروری است علاوه بر چرخه‌های بارش، شرایط بارشی منطقه از نظر مقدار، توزیع فصلی و رژیم بارش نیز در نظر گرفته شود و بدین‌منظور انجام مطالعات تفصیلی در مورد رژیم‌های بارشی منطقه ضروری است.

منابع مورد استفاده

1. Alijani, B., A. Bayat, M. Doostkamian and Y. Balyani. 2016. Spectral analysis of time series for annual precipitations in Iran. *Journal of Geography and Planning* 20(57): 217-236. (In Farsi).
2. Asadi Zarch, M. A. 2017. Analyzing climate change effects on drought occurrence in Yazd province, Iran. *Desert Management (Iranian Scientific Association of Desert Management and Control)* 5(9): 74-90. (In Farsi).
3. Asakereh, H. and A. Younes. 2017. Simulation of temperature and precipitation changes of Tabriz synoptic station using statistical downscaling and canesm2 climate change model output. *Geography and Environmental Hazards* 6(1): 153-174. (In Farsi).
4. Asakereh, H. and R. Razmi. 2012. Analysis of annual precipitation changes in northwest of Iran. *Geography and Environmental Planning* 23(3): 147-162. (In Farsi).
5. Asakereh, H. 2009. Power spectrum analysis of the time series of Tabriz annual temperature. *Geographical Researches Quarterly Journal* 3 (94): 33-50. (In Farsi).
6. Asakereh, H. 2010. Analyzing the cycles of medium annual temperature of Zanjan city. *Geography and Development* 8(19): 11-24. (In Farsi).
7. Asakereh, H. 2012. Principle component analysis of extreme indices of Zanjan city precipitation. *Geographical Researches Quarterly Journal* 27(2): 1-18. (In Farsi).
8. Asakereh, H., R. Khoshraftar and F. Sotudeh. 2012. Cycles analysis of time discharge and rainfall series of mashinekhaneh station (garakanrood of talesh catchment). *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology)* 26(5): 1128-1139. (In Farsi).
9. Asakereh, H., S. Movahedi, A. Sabziparvar, A. Masoodiyan and Z. Maryanaji. 2015. Climatology of Iran precipitation by using harmonic analysis method. *Geographical Researches Quarterly Journal* 29(4):15-26. (In Farsi).
10. Azad, S., T. S. Vigneshb and R. Narasimha. 2009. Periodicities in Indian monsoon rainfall over spectrally homogeneous regions. *International Journal of Climatology* 30: 2289 - 2298.
11. Balyani, Y., M. Saligheh, H. Asakereh and M. H. Nasserzadeh. 2015. Cycle analysis of time series of annual precipitation heleh and mond watershed. *Researches in Geographical Sciences* 15(37):245-272 .(In Farsi).
12. Bayat, A. 2010. Analysis of time series of annual rainfall in Zanjan city. MSc. Thesis, Zanjan University, Iran.
13. Chen, D. and H. W. Chen. 2013. Using the köppen classification to quantify climate variation and change: an example for 1901–2010. *Environmental Development* 6: 69-79.
14. Daneshmand, H. and P. Mahmoudi. 2016. A spectral analysis of Iran's droughts. *Iranian Journal of Geophysics* 10(4): 28-47. (In Farsi).
15. Garcia, J. A., A. Serrano, C. Cruz and M. Dela. 2002. A spectrum analysis of Iberian Peninsula monthly rainfall. *Theoretical and Applied Climatology* 71: 77-95.
16. Ghavidel Rahimi, U., M. Farajzadeh Asl and M. Alijahan. 2017. The assessment of Iran monthly and seasonal mean temperatures sensitivity to global land-oceans mean temperature index. *Journal of Geographic Space* 17(58): 25-47. (In Farsi).
17. Hartmann, H., S. Becker and L. King. 2008. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series. *Theoretical and Applied Climatology* 92: 155–163.
18. Hosseinizadeh, A., H. SeyedKaboli. H. Zareie. A. Akhondali and B. Farjad. 2015. Impact of climate change on the severity, duration and frequency of drought in a semi-arid agricultural basin. *Geoenvironmental Disasters* 2: 2-23.
19. Hulme, M. 2016. Concept of Climate Change in the International Encyclopedia of Geography. Wiley Blackwell. Association of American Geographers (AAG).
20. Jahanbakhsh, Q. and M. Edalatdoost. 2008. Climate change in Iran (case study: north Atlantic oscillation index as an indicator of the effects of solar activities on the changes in Azerbaijan's rainfall). *In:* Proceeding of the Third Iranian Water Resources Conference. Tabriz.

21. Kafi, M., A. Borzoee, A. Kamandi, A. Masoumi and J. Nabati. 2010. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Publications University of Mashhad Jahad, Mashhad.
22. Koochaki, A., H. Sharifi and A. Zand. 1999. The Ecological Consequences of Global Climate Change. Publications University of Mashhad Jahad, Mashhad.
23. Lana, X. and A. Burgueno. 2000. Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain). *Theoretical and Applied Climatology* 66: 211-227.
24. Livada, I., M. Charalambous and N. Assimakopoulos. 2008. Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece. *Theoretical and Applied Climatology* 93: 45-55.
25. Oduro-Afriyie, K. and D. C. Adukpo. 2006. Spectral characteristics of the annual mean rainfall series in Ghana. *Periodicities and Prediction* 9: 1-9.
26. Selwam, A.N. and P.R. Joshi. 1995. Universal spectrum for interannual variability in coads global air and sea-surface temperature. *International Journal of Climatology* 15: 613-623.
27. Shahbaee Kotenaee A., M. Foroumadi and O. Ahmadi. 2018. Comparison and analysis of minimum, maximum temperature and precipitation cycles in Mazandaran Province (a case study: Ramsar and Babolsar synoptic stations). *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 22(3): 395-409. (In Farsi).
28. Taghavi, F., M. Nasseri, B. Bayat, S. S. Motevallian and D. Azadifard. 2011. The identification of climatic patterns of iran based on spectral analysis and clustering of precipitation and temperature extreme values. *Physical Geography Research Quarterly* 7: 109-124. (In Farsi).
29. Wahid, A., S. Geloni. M. Ashraf and M. R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199-223.
30. Wiener, N. 1949. Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series. Wiley and Technology Press. Cambridge Mass.

Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)
Vol. 23, No. 1, Spring 2019, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Assessment and Analysis of Temperature and Precipitation Return Periods Using Spectral Analysis and its Effect on Land Management (A Case Study: Khodaafarin Area, East Azerbaijan)

O. Ahmadi*[1], P. Alamdari[1], M. Servati[2], T. Khoshzaman[3] and A. Shahbaee kootenaee[4]

(Received: March 10-2018 ; Accepted: May 6-2018)

Abstract

Changes in Climate parameters have been accelerated in the coming age, which can affect agricultural activities directly and indirectly. Temperature and precipitation are the most complex climatic factors. Spectral analysis is a scientific and efficient technique used to recognize and detect the hidden behaviors of these variables. In this research, in order to study and analyze the temperature and precipitation return periods using spectral analysis, the statistics of climate parameters (precipitation, mean, maximum and minimum temperature) for a period of 27 years (1989-2015) were used for the sustainable land management. For this purpose, the climatic data of temperature and precipitation entered the MATLAB software environment and Periodogram of each of the climatic parameters was drawn in a separate way. The results of each Periodogram study showed that the absolute minimum of temperature had significant cycles with the return periods of 3.8 and 2.4 years; the absolute maximum of temperature had a significant cycle with a return period of 2.1 years and the mean temperature was significant with a return period of 2.7 years. Also, the review of the Periodogram related to precipitation showed a significant cycle with a return period of 3.4 years. The Results from studying cycles indicated the existence of short-term return periods for climate variables in the region. Given this issue and the need to protect agricultural products, especially garden products, it should be done by applying water and soil resources management methods, including creating terraces and increasing soil roughness; Also, cultivation of appropriate plant species for the suitable regional climatic conditions, Drought resistant and low water requirement, the most optimal conditions could be created for the cultivation of horticultural and agricultural products.

Keywords: Cycle analysis, Climatic data, Return periods, Periodogram, Agriculture

1. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran.
3. PhD. of Soil Physics, Soil and Water Research Department, Zanjan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, Zanjan, Iran.
4. Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: omid.ahmadi@znu.ac.ir