

تحلیل و مقایسه چرخه‌های دمای کمینه، بیشینه و بارش استان مازندران (مطالعه موردی: ایستگاه‌های همدید رامسر و بابلسر)

علی شاهبایی کوتنایی^{۱*}، مجید فرومدی^۲ و امید احمدی^۲

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۱۳)

چکیده

یکی از مسائل مهم جهان در عصر حاضر، پدیده تغییر اقلیم است. این پدیده بر نحوه رفتار و ویژگی‌های فراسنج‌های اقلیمی تأثیرگذار است و موجب بروز تغییرات آشکار و پنهان در آنها می‌شود. یکی از روش‌های کارآمد برای تشخیص رفتارهای بسامدی آشکار و پنهان در سری داده‌های اقلیمی، روش تحلیل طیفی است که با تحلیل واریانس هر کدام از طول موج‌های سری این رفتارها را مشخص می‌سازد. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از روش تحلیل طیفی، چرخه‌های موجود در داده‌های دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش ایستگاه‌های رامسر (واقع در مناطق غربی استان مازندران) و بابلسر (واقع در بخش‌های مرکزی این استان) در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۴ تحلیل شود. بدین منظور داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های مذکور به محیط به نرم‌افزار MATLAB وارد و در محیط این نرم‌افزار، دوره‌نگار هر کدام از فراسنج‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه، ترسیم شد. نتایج بررسی دوره‌نگارها مشخص کرد که دمای کمینه در هر دو ایستگاه دارای چرخه‌های معناداری با دوره بازگشت دو تا پنج ساله است که متناسب با چرخه‌های شاخص‌های پیوند از دور مانند AO، NAO و ENSO است. انجام تحلیل روی دوره‌نگار بارش، چرخه‌های ۸ و ۱۳/۵ ساله در رامسر و پنج ساله در بابلسر را نشان داد. علت تفاوت در طول چرخه‌های بارشی دو ایستگاه را می‌توان با تفاوت در موقعیت جغرافیایی آنها، جهت نفوذ و اثرگذاری سامانه‌های باران‌زا و تفاوت در سرعت تأثیرپذیری جو دو منطقه از شاخص‌های پیوند از دور توجیه کرد.

واژه‌های کلیدی: پیوند از دور، تحلیل طیف، دوره‌نگار، دوره بازگشت، سری زمانی

۱. گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: shahbai2008@yahoo.com

مقدمه

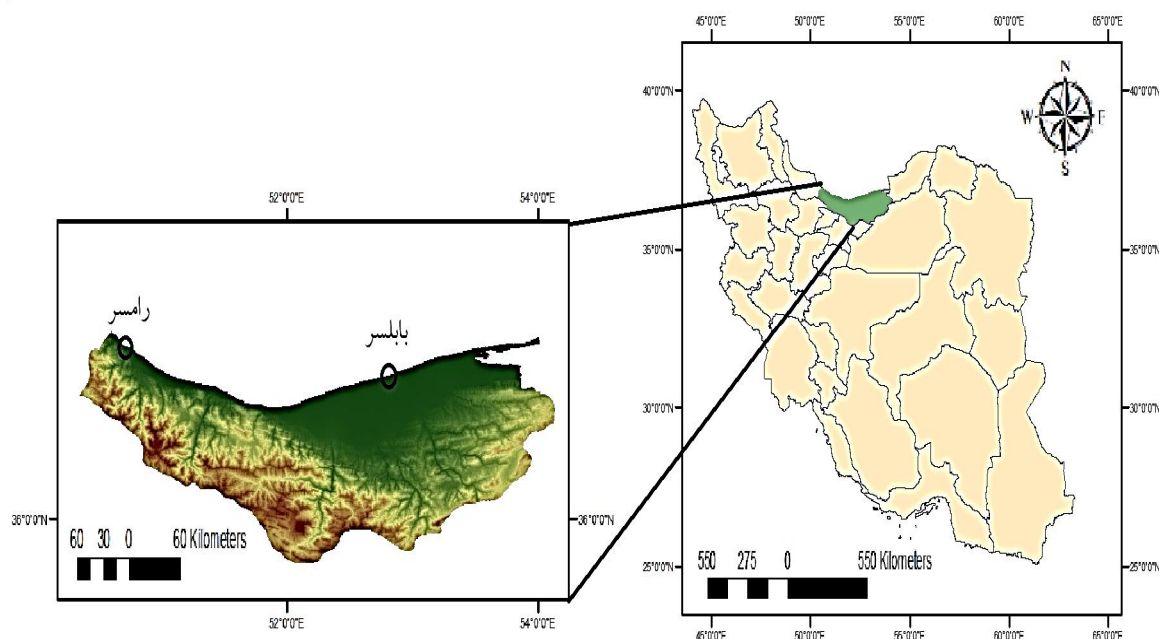
در سال‌های اخیر موضوع تغییر اقلیم در محافل علمی قوت بیشتری یافته است (۱۱). به دلیل اهمیت و تأثیر این پدیده بر شرایط محیطی، اقتصادی، اجتماعی و همچنین نقش اقلیم در برنامه‌ریزی‌های خرد و کلان، در بازه‌های زمانی طولانی (روند) و کوتاه‌مدت (فازها و چرخه‌ها) از موضوعات جالب توجه محافل علمی در چند دهه اخیر بوده و تحقیقات گسترده‌ای در مقیاس جهانی، ناحیه‌ای و محلی را به خود اختصاص داده است (۷). دما و بارش از جمله عناصر آب‌وهوایی هستند که روابط پیچیده‌ای با یکدیگر دارند و طی سال‌های اخیر از تغییرات آب‌وهوایی تأثیر پذیرفته‌اند. افزایش دمای کره زمین سبب تغییرات ژرف و وسیعی در اقلیم‌های سطح زمین شده و باعث بروز تغییراتی در زمان و مکان بارش شده که خسارت‌های بسیاری را بر جوامع بشری (به‌ویژه در دهه‌های اخیر) وارد آورده است (۱۰). یکی از انواع دگرگونی‌های اقلیمی، چرخه‌های نهان، تدریجی و آرام است. این نوع چرخه‌ها ممکن است در بسامدهای مختلف آشکار و نهان رخ دهند (۹). برخی از نوسانات موجود در سری‌های زمانی اقلیمی، مانند نوسانات فصلی به راحتی قابل ردیابی و شناسایی است. در مقابل بسیاری از این رفتارها به شکل نهان و نامعلوم رخ می‌دهند (۹). 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 رفتارهای پنهان و آشکار داده‌ها، تفسیر آنها را نیز ساده کند. در بین روش‌های مختلف، تحلیل طیفی سری‌های زمانی این قابلیت را دارد که ضمن آشکارسازی روند، چرخه‌ها یا دوره‌های بسامدی را به خوبی نشان دهد. کاربرد اصلی این تحلیل، در واقع شناسایی روند تغییرات و حالت‌های بسامدی سری‌های زمانی پیچیده و ممکن ساختن پیش‌بینی است (۲). تحلیل طیفی علاوه بر اقلیم‌شناسی در زمینه‌های پژوهشی مختلفی از جمله هیدرولوژی، ژئومورفولوژی، هواشناسی و اقیانوس‌شناسی نیز به کار گرفته شده و در سطح جهانی،

پژوهش‌های زیادی با این روش صورت گرفته است. از جمله کانه و تکسرا (۱۹) چرخه‌های بارش ماساچوست را با تحلیل طیفی بررسی کردند و در آن چرخه‌هایی دو تا سه ساله کشف کردند. سلوام و همکاران (۲۵) با بررسی شرایط دمایی کره زمین، عامل وجود چرخه‌های دو تا هفت ساله دما را نوسانات النینو و نوسانات جنوبی و چرخه‌های دو تا سه ساله را نوسانات دوسالانه تشخیص دادند. راجاگوبالان و لال (۲۴) با استفاده از روش تحلیل طیفی، بارش‌های ماهانه و چند شاخص اقلیمی مانند نوسانات مرکز اقیانوس آرام شمالی (CNP) و شاخص نوسانات جنوبی (SOI) را برای چند ایستگاه غرب ایالات متحده مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که در بارش این ناحیه چرخه‌های دو تا سه ساله و پنج تا هفت ساله وجود دارد و این چرخه‌ها با نوسانات جنوبی - النینو (ENSO) و نوسانات شبه دوسالانه ارتباط دارند. توره و همکاران (۲۷) رابطه دمای سطح دریا با فشار سطح دریا از طریق به‌کارگیری تحلیل طیف چندمتغیره را بررسی کردند و دریافتند که این ارتباط دارای چرخه‌های ۲ تا ۱۱ ساله است. تورنس و وبستر (۲۶) با استفاده از تحلیل طیفی و تحلیل موجک، چرخه‌های موجود در بارش هند را در ارتباط با ENSO مطالعه کردند. لانا بورگنو (۲۱) الگوی بارش‌های غیر عادی شهر بارسلونا را با استفاده از روش تحلیل طیفی مشخص کردند. آنها با استفاده از داده‌های ۱۲۸ ساله بارش و به‌کارگیری تابع طیف توان، به این نتیجه رسیدند که در منطقه مورد مطالعه خاصیت بسامدی الگوهای غیر عادی بارش در مقیاس فصلی به‌رغم مقیاس ماهانه به خوبی قابل مشاهده است. گارسیا و همکاران (۱۷) داده‌های بارش ماهانه ۴۰ ایستگاه هواشناسی شبه‌جزیره ایبری در دوره ۱۹۱۹ تا ۱۹۹۲ را با روش تحلیل طیفی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که رژیم بارش این منطقه دارای نوساناتی هفت ساله است. کودورو و اداپکو (۲۳) با استفاده از روش تحلیل طیفی، داده‌های بارش سالانه غنا در دوره ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸ را بررسی کردند و در آن چرخه‌هایی ۵/۶ و ۲/۷ ساله تشخیص دادند. بکر و همکاران

مقدار طیف برای هر یک از سری‌های دبی و بارش محاسبه و نمودار دوره‌نگار هر سری ترسیم شد. دوره‌نگارهای این داده‌ها در چندین بسامد نوسان نشان داد. این نوسانات شامل نوسانات فصلی با بسامد $0/083$ ، نوسانات کوتاه‌مدت با بسامد $0/25$ و نوسانات میان‌مدت با بسامد $0/167$ بود. جلیلی (۳) به‌منظور مطالعه سری‌های زمانی تراز دریاچه ارومیه و تأثیر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر آن از تحلیل طیف با روش‌های تکین و چندکاهنده (MTM) بهره برده است. تحلیل طیف تکین (SSA)، روشی برای افزایش نسبت سیگنال به نوفه (Noise) است و روش چندکاهنده از روش‌های غیرپارامتری و جزء دقیق‌ترین روش‌های تخمین طیفی و تجزیه سیگنال از یک سری زمانی است. نتایج این پژوهش مشخص کرد که سطح تراز این دریاچه دارای نوسانات $1/2$ ، $1/4$ ، $1/8$ ، $2/4$ و $4/5$ ساله است. عساکره (۹) براساس روش تحلیل طیفی، چرخه‌های موجود در میانگین دمای سالانه شهر زنجان در دوره ۱۹۵۶ تا ۲۰۰۵، را استخراج کرد و نشان داد دمای شهر زنجان دارای چرخه‌ای $2/5$ ساله است. تقوی و همکاران (۲) با استفاده از داده‌های دمایی و بارشی ۶۵ ایستگاه هواشناسی کشور در دوره ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۵ اقدام به تعیین الگوهای رفتار اقلیم در مناطق مختلف ایران و خوشه‌بندی مقادیر حدی بارش و دما کردند. آنها با اعمال تحلیل طیفی و تحلیل خوشه‌ای بر این داده‌ها به این نتیجه رسیدند که رفتار مشخصات حدی در مناطق مختلف اقلیمی یکسان نبوده و لزوماً یک سامانه اقلیمی خاص بر مناطق هم رفتار حاکم نیست. عساکره (۹) با انجام تحلیل طیفی بر 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 دادند که در بارش و دبی این ایستگاه، روند معناداری وجود ندارد و در آن چرخه‌های ۲ تا ۴ و ۴ تا $5/3$ ساله دارای بیشترین فراوانی هستند. همچنین مشخص شد این چرخه‌ها هماهنگ با نوسانات جنوبی - النینو و نوسانات اطلس شمالی و همچنین نوسانات دوسالانه تروپوسفر هستند. سلیقه و

(۱۵) با بررسی بارش روزانه ۱۴۸ ایستگاه حوضه بانگ تسه در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۲ با روش تحلیل طیفی، چرخه‌های دو تا سه ساله و سه تا چهار ساله را در این حوضه مشخص کردند. لیوآدا و همکاران (۲۲) با استفاده از داده‌های بارشی ۱۱۰ ایستگاه باران‌سنجی در یک دوره ۴۰ تا ۵۰ ساله، ویژگی‌های زمانی - مکانی بارش‌های یونان را مطالعه کردند و با روش تحلیل طیفی، تغییرات درون سالانه بسامد بارش حداکثر را تعیین کردند. آزاد و راجیوان (۱۴) در پژوهشی به بررسی اثرات تغییر اقلیم در تغییرات بارش‌های موسمی هند پرداختند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های پدیده نوسانات جنوبی و مدل‌های cmip5 و به‌کارگیری روش تحلیل طیفی، این نتیجه حاصل شد که چرخه‌های سه تا پنج ساله Enso، احتمالاً در سال‌های آینده کوتاه‌تر شده و نوسانات اقلیمی و دوره‌های خشکی در منطقه جنوب آسیا، نمود بیشتری خواهد یافت. سایبرالی و همکاران (۱۶) با هدف ارزیابی چرخه‌های فصلی نوسانات موسمی هند از روش تحلیل طیفی با رویکرد لاپلاس غیر خطی استفاده کردند. آنها با بررسی چرخه‌های تابستانی بارش‌های موسمی جنوب هند به این نتیجه رسیدند که روش مذکور از قابلیت بالایی برای آشکارسازی چرخه‌های بارش برخوردار است و از طریق آن می‌توان چرخه‌های آینده بارش را تا سه هفته زودتر پیش‌بینی کرد.

برخلاف تحقیقات پرشمار انجام شده در سطح جهان که دارای سابقه‌ای طولانی هستند، پژوهش‌هایی با موضوع تحلیل طیفی داده‌های اقلیمی در ایران کم تعداد بوده و اکثر آنها طی سال‌های اخیر انجام شده‌اند؛ به عنوان مثال عساکره (۸) با انجام تحلیل طیفی روی سری زمانی دمای سالانه شهر تبریز در دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵، چرخه‌های ۲ تا $2/6$ و $4/5$ تا ۵ ساله و همچنین وجود روند در سری زمانی دمای سالانه این شهر را مشخص کرد. میرزایی و همکاران (۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی نوسانات دبی و بارندگی در ۹ ایستگاه موجود در حوضه دینه‌ور با استفاده از توابع چگالی طیفی و توابع خود همبستگی در قلمرو بسامد و زمان پرداختند. در این راستا ابتدا



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش

گردشگری، عمران و شهرسازی و سایر زمینه‌ها تأثیرگذار هستند، مطالعه بسامدهای پنهان در آنها از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت استان مازندران به‌ویژه در مسائل گردشگری و کشاورزی و ضرورت انجام برنامه‌ریزی‌های مختلف با در نظر گرفتن شرایط تغییر اقلیم، در پژوهش حاضر تلاش شده تا با استفاده از آمار ۵۴ ساله دما و بارش دو ایستگاه رامسر و بابلسر، چرخه‌های موجود در فراسنج‌های اقلیمی ذکر شده شناسایی شده و عوامل مؤثر بر آنها مورد تحلیل قرار گیرد. بنابراین هدف از این مطالعه شناخت نحوه تغییرات دمای کمینه، بیشینه و بارش و ارتباط آن با سامانه‌های همدید جو و تحلیل آنها است.

مواد و روش‌ها

استان مازندران با مساحتی بالغ بر ۲۳۸۴۲ کیلومتر مربع در شمال کشور ایران و در محدوده ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). بیشترین ارتفاع این محدوده ۵۶۷۰ متر و کمینه ارتفاع آن ۲۱- متر از

همکاران (۷) براساس آمار بارش ۳۷ ایستگاه هواشناسی حوضه‌های آبریز مند و حله طی دوره‌ای ۳۰ ساله و با استفاده از روش تحلیل طیفی و الگوسازی روند، به تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه این حوضه‌ها پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که روندی کاهشی در بارش حوضه‌های مورد مطالعه وجود دارد و بارش در آنها دارای چرخه‌های ۲ تا ۳، ۳ تا ۱۰ و گاهی ۱۰ ساله و بالاتر است. همچنین مشخص شد چرخه‌های ۲ تا ۳ ساله نسبت به سایر چرخه‌ها دارای فراوانی بالاتری هستند.

با بررسی پژوهش‌های ذکر شده می‌توان نتیجه‌گیری کرد که روش تحلیل طیفی از توانایی مناسبی جهت آشکارسازی نوسانات و رفتارهای پنهان داده‌ها برخوردار است و محققان در پژوهش‌های گوناگون تلاش کرده‌اند با به‌کارگیری این روش و شناسایی بسامدهای پنهان داده‌ها، شناخت بهتری از عوامل به وجود آورنده و تأثیرگذار بر این بسامدها پیدا کنند و تصویر بهتری از روابط پیچیده دستگاه اقلیم ارائه کنند. با توجه به اینکه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش از مهم‌ترین فراسنج‌های اقلیمی بوده و در زمینه‌های متنوعی مانند کشاورزی،

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش

ردیف	عرض جغرافیایی طول جغرافیایی ارتفاع (متر)	دوره آماری	میانگین بارش		میانگین دمای					
			سالانه	انحراف معیار بارش سالانه	سالانه	انحراف معیار دمای سالانه				
۱	بابلسر	۳۶/۷۲	۵۲/۶۵	-۲۱	همدید	۱۹۶۱-۲۰۱۴	۸۹۰/۲	۱۸۷	۱۸۷	۰/۷۶
۲	رامسر	۳۶/۹	۵۰/۶۷	-۲۰	همدید	۱۹۶۱-۲۰۱۴	۱۲۰۸/۴	۲۸۷	۲۸۷	۰/۷۹

(Harmonic) است که در آن تصادفی نبودن نوسانات در سری‌های زمانی آزمون می‌شود (۸) 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 به دست آورد. در واقع روش تحلیل طیف، تجزیه واریانس یک سری زمانی است. بنابراین در این روش هر کدام از موج‌ها استخراج شده و سهم هر یک از موج‌ها در واریانس کل تعیین شده و در نهایت پس از استخراج واریانس، طول موج‌های مختلف از لحاظ معنی‌داری آماری بررسی می‌شوند (۷). برتری عمده روش تحلیل طیفی نسبت به روش‌های دیگر، گذر از فضای مکان و زمان به فضای معکوس (بسامد) است که منجر به کاهش چشمگیر حجم محاسبات آماری خواهد شد (۲). برای استخراج رفتارهای بسامدی (چرخه‌ها) سری توسط تحلیل طیفی چند مرحله باید طی شود که این مراحل در بخش زیر به طور اجمالی بیان شده‌اند:

ابتدا سری‌های زمانی باید به توابع بسامدی (به صورت تابعی دوره‌ای با دامنه و فراوانی) 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 تابعی $(\{z_t\}_{t=1}^n)$ به صورت یک الگوی فوریه در این روش مطابق رابطه (۱) نوشته می‌شود (۹):

$$z_t = a_0 + \sum_{i=1}^q (a_i \cos 2\pi f_i t + b_i \sin 2\pi f_i t) \quad [1]$$

که در آن z_t مقدار اقلیمی مورد بررسی در زمان t و f_i فراوانی تکرار مشاهدات (عکس دوره بازگشت) است و با $f_i = \frac{i}{n}$ محاسبه می‌شود. در این جا $i=1, 2, \dots, q$ است و q

سطح دریاهای آزاد است. این استان از دو بخش کوهستانی و مسطح تشکیل شده است که بخش مسطح و کم شیب، دارای پوشش گیاهی متراکم شامل جنگل، باغ‌های میوه و اراضی کشاورزی است که غالباً زیر کشت برنج است. آب‌وهوای استان مازندران به دلیل ویژگی‌های خاص جغرافیایی آن و فاصله کم بین مناطق کوهستانی و دریا، همراه با بارش‌های سالانه نسبتاً قابل توجه (۷۱۰ میلی‌متر در سال) و دمای معتدل (۱۷ درجه سلسیوس) در طول سال است. با حرکت از مناطق غربی به سمت مناطق شرقی استان، از مقدار بارش کاسته شده و بر میزان دمای هوا افزوده می‌شود (۱).

در پژوهش حاضر به منظور بررسی تحلیل طیفی فراسنج‌های دما و بارش در استان مازندران، از داده‌های سالانه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش ایستگاه‌های رامسر و بابلسر در دوره ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۴ استفاده شده است. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش در جدول (۱) درج شده است.

با توجه به هدف پژوهش، در گام نخست داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه از لحاظ کسری آمار کنترل شدند و بعد از اطمینان از صحت آنها برخی فراسنج‌های توصیفی مهم مانند میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی محاسبه شد. همچنین با هدف ایجاد تصویری کلی از تغییرات سری‌ها در طول زمان، نمودارهای سری زمانی هر یک از متغیرها نیز رسم شده است. در ادامه جهت شناخت رفتار بلندمدت و چرخه‌های موجود در متغیرهای مورد بررسی و تحلیل آن، از روش تحلیل طیفی بهره برده شد.

تحلیل طیف که بر پایه تبدیل فوریه (Fourier transform) بنا نهاده شده، روشی تعمیم یافته از تحلیل همسازها

تفاوتی نداشته باشد. در تحلیل طیفی تصادفی نبودن نوسانات در سری زمانی، به وسیله فرض صفری موسوم به صفر پیوسته (Continuous zero) آزمون می شود (۹). این مقدار می تواند یک طیف بسیار هموار در نظر گرفته شود. روش های متعددی برای به دست آوردن این طیف وجود دارد که ساده ترین آنها بر پایه خودهمبستگی مرتبه اول سری ها بنا نهاده شده است. اگر خودهمبستگی مرتبه اول (r₁) سری زمانی، از لحاظ آماری تفاوت معناداری با صفر نداشته باشد، می بایست سری بدون روند (نوفه سفید (White Noise)) در نظر گرفته شود (۹). برای انجام این آزمون ابتدا باید دو فراسنج میانگین طیف (S̄) و خودهمبستگی مرتبه اول مشاهدات (r₁) محاسبه شوند و در ادامه طیف یک سری تصادفی با مشخصات S̄ و r₁ براساس رابطه (۳) محاسبه شود (۷):

$$\hat{I}(f) = \bar{S} \left[\frac{1 - r_1^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos\left(\frac{\pi i}{q}\right)} \right] \quad i = 1, 2, \dots, q \quad [3]$$

طیفی که براساس رابطه بالا محاسبه خواهد شد، نه دارای روند و نه سیکل خواهد بود. در نهایت برای سنجش معناداری طیف، فاصله اطمینان مناسب برای آن براساس توزیع کی دو با $V = \frac{q - 1}{q}$ درجه آزادی (n طول سری و q نصف طول دوره) و براساس رابطه (۴) به دست می آید:

$$\lambda_K \frac{x_V^2(0/95)}{V} \leq \hat{I}(f) \leq \lambda_K \frac{x_V^2(0/05)}{V} \quad [4]$$

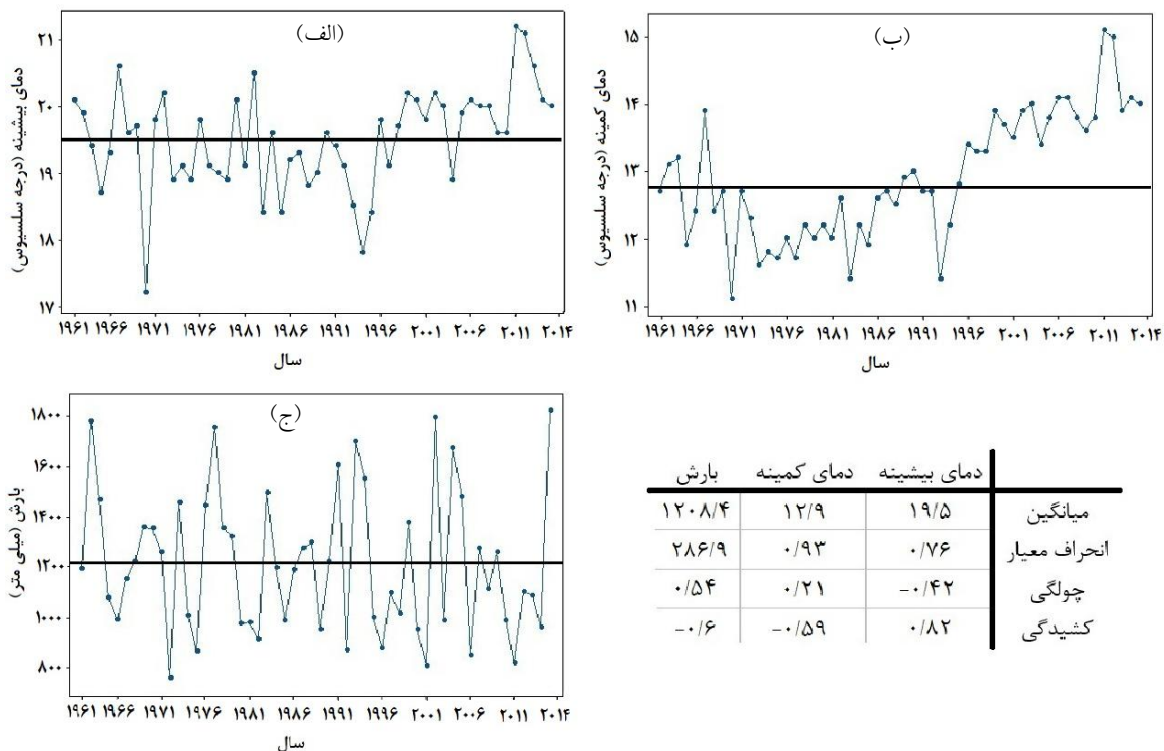
مقادیر برآورد شده در برابر بسامد (چرخه در واحد زمان) و یا در برابر دوره ترسیم می شوند. ناحیه زیر طیف مجموع واریانس طول دوره آماری است، بنابراین برآورد طیف مجموع واریانس طول دوره را در دامنه فراوانی ها (از صفر برای روند تا حداکثر $\frac{n}{4}$) توزیع می کند. هر چرخه که به شکل قله در طیف ظاهر شود، واریانس مربوط به آن در هر بسامد خاص را نشان می دهد. با ترسیم برآورد هر طیف (Î(f)) مقدار λ_K متناظر (فرض صفر) و فاصله اطمینان مربوط، می توان دریافت که طیف در سطح اطمینان

تعداد همسازها است. مؤلفه های سینوسی و کسینوسی، در الگوی فوریه همساز (هارمونیک) هایی هستند که در شکل گیری رفتار سری تناوبی مؤثراند. بنابراین هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می شود. چنانچه آشکار است، الگوی فوریه را نیز می توان به عنوان یک الگوی رگرسیون خطی در نظر گرفت. لذا ضرایب فوریه که (a_i, b_i) همانند یک رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش کمترین مربعات خطا به دست می آیند. واریانس برای بسامد f_i 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 می شود. رابطه اصلی آن به صورت $T = \frac{1}{P}$ است که در آن T دوره بازگشت و P احتمال وقوع رویداد است.

$$I(f_i) = \frac{n}{4} (a_i^2 + b_i^2) \quad i = 1, 2, \dots, q \quad [2]$$

نتایج حاصل از محاسبه واریانس بسامد واریانس های مختلف در ترسیم نموداری به نام دوره نگار (Periodogram) به کار می رود. دوره نگار نموداری کاربردی است که مقادیر I(f_i) را در مقابل i (شماره همساز) نشان می دهد. این نمودار اولین بار توسط سلوام (۲۵) و برای جستجوی یک مؤلفه دوره ای در یک سری زمانی معرفی شد (۱۳) و سهم واریانس هر یک از همسازها را از کل واریانس نشان می دهد، در واقع دوره نگار نسبتی از توزیع پراش در بسامدهای بنیادی و برآوردی پرافت و خیز از طیف است، بنابراین باید واریانس آن به طریقی کاهش یابد. راه کاهش واریانس این است که برآوردها را به طور موضعی در همسایگی بسامد هدف هموار کنیم (۱۳). یکی از راه های انجام هموارسازی استفاده از میانگین متحرک موزون (Weighted moving average) است.

یکی از مسائل مهم در تحلیل طیفی، آزمون طیف و حصول فاصله اطمینان مناسب برای آن است. برای انجام آزمون طیف می بایست آزمون فرض صفر طراحی شود. فرض صفر در تحلیل طیف این است که در یک بسامد مشخص طیف با صفر



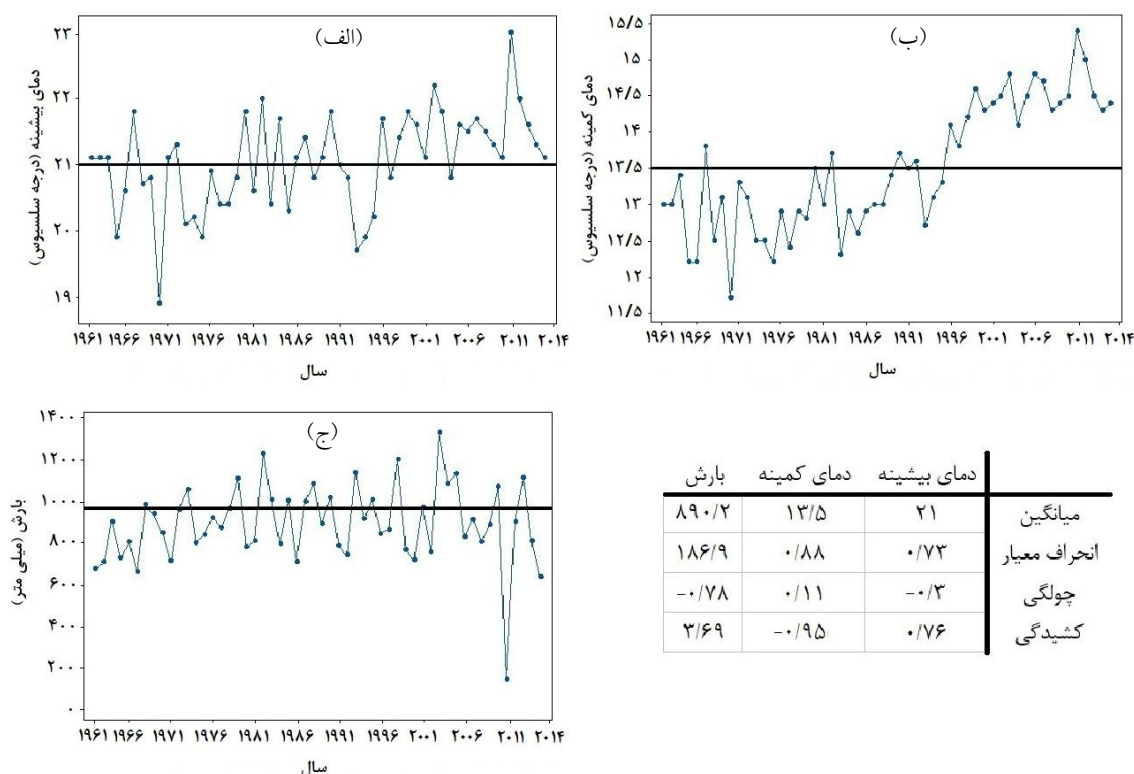
شکل ۲. مشخصات عمومی فراسنج‌های الف) دمای بیشینه، ب) دمای کمینه برحسب درجه سانتی‌گراد و ج) بارش برحسب میلی‌متر در ایستگاه رامسر

از این زمان تغییرات دمایی در محدوده کمتر از میانگین یا اطراف آن قرار داشته اما از دوره ذکر شده تا به امروز، کاملاً در سطح بالاتر از میانگین قرار گرفته است. تغییرپذیری دمای بیشینه در دو ایستگاه رامسر و بابلسر به ترتیب ۳/۹ و ۳/۵ درصد و این مقادیر برای دمای کمینه به ترتیب ۷/۲ و ۶/۵ درصد بوده است که این موضوع ناپایداری در تغییرات دمایی دو ایستگاه را بیان می‌کند. روند تغییرات در فراسنج بارش کمتر بوده و چندان مشخص نیست. به صورت کلی، تغییرات بارش پیرامون میانگین قرار گرفته است، هر چند نمی‌توان از تغییرپذیری نسبتاً بالای این فراسنج (۲۳/۷ درصد در رامسر و ۲۱ درصد در بابلسر) چشم‌پوشی کرد. بررسی پارامترهای شکل توزیع مانند چولگی و کشیدگی، مشخص می‌کند که فراوانی دمای کمینه در هر دو ایستگاه برای دماهای بزرگ‌تر از میانگین بیشتر بوده و اکثر داده‌ها اطراف میانگین تجمع پیدا کرده‌اند. شکل توزیع داده‌های دمای بیشینه، برعکس دمای کمینه است و در آن داده‌ها نسبت

مورد نظر و در بسامد مورد نظر معنی‌دار است یا خیر (۹). با توجه به مباحث بیان شده و با انجام تحلیل طیفی روی داده‌های دما و بارش در محیط نرم‌افزار MATLAB، نمودارهای دوره‌نگار متغیرهای ایستگاه‌های مورد مطالعه رسم و با یکدیگر مقایسه شدند و تلاش شد تا ویژگی‌های رفتارهای بسامدی داده‌ها در سطح منطقه، تحلیل شود.

نتایج و بحث

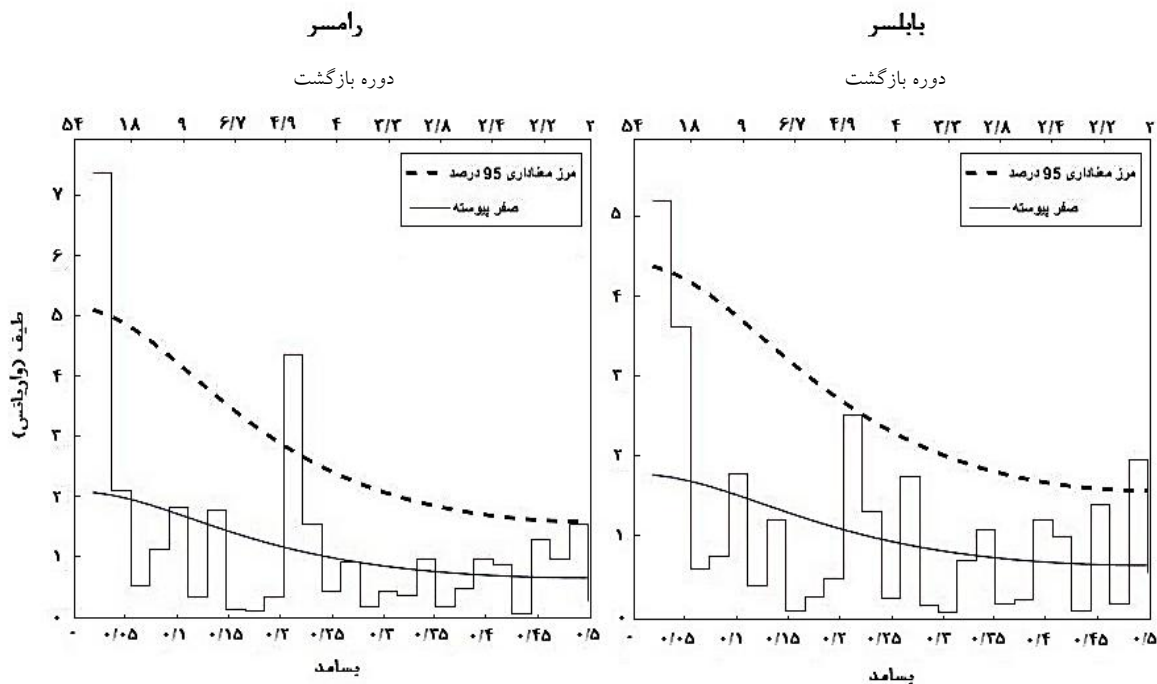
با هدف نمایش رفتار عمومی فراسنج‌های مورد بررسی در ایستگاه‌های رامسر و بابلسر، نمودار تغییرات زمانی این فراسنج‌ها به همراه برخی مشخصات توصیفی آنها در شکل‌های (۲) و (۳) آمده است. اولین نکته مشخص در بررسی نمودارها، وجود روند افزایشی در دمای هر دو ایستگاه (به‌ویژه دمای کمینه) است که از اواسط دهه ۹۰ میلادی آغاز شده و همچنان ادامه دارد. تا قبل



شکل ۳. مشخصات عمومی فراسنج‌های الف) دمای بیشینه، ب) دمای کمینه برحسب درجه سانتی‌گراد و ج) بارش برحسب میلی‌متر در ایستگاه بابلسر

بسامدهای آشکار و پنهان در داده‌های دمایی و بارشی است و بدین منظور از تحلیل طیفی استفاده شده است. در این بخش برای استنباط چرخه‌های موجود در داده‌ها از نمودار دوره‌نگار استفاده شده است. در نمودارهای رسم شده (شکل ۴) محور افقی پایین، بسامد و محور افقی بالا دوره بازگشت هر یک از چرخه‌ها را نشان می‌دهد. محور عمودی دوره‌نگار نیز واریانس برآورد شده برای طیف را مشخص می‌کند. خطوط شکسته موجود در نمودار، تغییرات میزان طیف به‌ازای واحد بسامد (زمان) را نشان می‌دهد. ارتفاع این خطوط میزان واریانس هر یک از چرخه‌ها را بیان می‌کند. همچنین این خطوط (از چپ به راست) شماره چرخه‌ها را نیز بیان می‌کنند. اولین خط نشان‌دهنده همساز اول (یک چرخه برای کل دوره آماری) است و سایر خطوط نیز چرخه‌های بعدی را نمایش می‌دهند و حداکثر تعداد چرخه‌ها، به‌میزان نصف دوره آماری خواهد بود.

به یک توزیع نرمال، دارای پراکندگی بیشتری در اطراف میانگین هستند. رفتار بارش در دو ایستگاه نیز تا حدودی متفاوت است. در ایستگاه رامسر مقدار چولگی ۰/۵۴ و کشیدگی ۰/۶- است. این مقادیر برای ایستگاه بابلسر ۰/۷۸- و ۳/۶۹ است. این اعداد نشان می‌دهند که در ایستگاه رامسر فراوانی اندازه‌های کوچک بارش، بیشتر بوده و داده‌ها در دامنه بزرگ‌تری در اطراف میانگین توزیع شده‌اند؛ درحالی‌که در ایستگاه بابلسر فراوانی داده‌های بالاتر از میانگین بیشتر بوده و توزیع بارش‌ها نسبت به توزیع نرمال کشیدگی بیشتری دارد. این موضوع نشانه تمرکز بارش‌ها در اطراف میانگین است. با توجه به شکل تغییرات داده‌های دما و بارش در طول زمان و همچنین شرایط مشخصه‌های توصیفی آنها، می‌توان انتظار وجود چرخه‌هایی در آنها را داشت. همان‌طور که قبلاً اشاره شد، هدف پژوهش حاضر شناسایی



شکل ۴. دوره‌نگار دمای بیشینه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

دارای نوفه قرمز (Red Noise) است. فراسنج دمای بیشینه در ایستگاه مذکور دارای دو چرخه معنی‌دار با شماره‌های ۱ و ۲۶ است. بسامد این چرخه‌ها به ترتیب ۰/۲ و ۰/۴۸ هستند. با توجه به دوره‌های بازگشت متناظر با این بسامدها، می‌توان گفت که در ایستگاه بابلسر چرخه‌های معنادار دمایی دارای دوره‌های بازگشتی معادل ۵۴ و ۲/۱ سال هستند. واریانس این چرخه‌ها ۵/۲ و ۱/۹ است که نسبت به ایستگاه رامسر، مقدار آن پایین‌تر است. این مورد می‌تواند حاکی از ثبات بیشتر چرخه‌های دمایی در ایستگاه بابلسر باشد. نکته مهم در دوره‌نگارهای هر دو ایستگاه این است که بیشترین درصد واریانس به اولین همساز تعلق گرفته است. این میزان برای ایستگاه رامسر ۲۳/۹ و در بابلسر ۱۸/۲ درصد است. با توجه به اینکه معمولاً معناداری اولین همساز را به وجود روند در داده‌ها ارتباط می‌دهند و چون بیشترین نسبت واریانس همساز به واریانس کل در همساز اول مشاهده شده است، می‌توان استنباط کرد که روند مشخصی در داده‌های دمای بیشینه هر دو ایستگاه وجود دارد. با توجه به نحوه تغییرات داده‌ها که در شکل‌های (۲) و (۳) نمایش داده

در این نمودار خط ممتد صفر پیوسته و خط چین مرز معناداری در سطح ۹۵ درصد اطمینان را نشان می‌دهد. چرخه‌هایی که خطوط طیف آنها خارج از این مرز قرار داشته باشند، معنی‌دار تلقی می‌شوند. معنادار بودن چرخه‌ها بدین معناست که وقوع آنها تصادفی نیست و در دوره‌های بازگشت خاص، فراسنج مورد نظر حداقل یک‌بار با شرایط خاصی رخ خواهد داد. با توجه به توضیحات بیان شده، در این بخش نمودارهای دوره‌نگار و اطلاعات حاصل از آن برای هر یک از متغیرهای مورد مطالعه ارائه شده است.

با توجه به اطلاعات موجود در جدول (۲) و شکل (۴) مشخص می‌شود که تغییرات فراسنج دمای بیشینه در ایستگاه رامسر دارای دو چرخه معنی‌دار است. همسازهای ۱ و ۱۱ در این ایستگاه معنی‌دار بوده و بسامد آنها به ترتیب ۰/۲ و ۰/۰۲ است که گویای وقوع چرخه‌های ۵۴ و ۴/۹ ساله در دمای بیشینه این ایستگاه است. واریانس چرخه‌های مذکور نیز به ترتیب ۴/۷ و ۴/۴ است که نشان‌دهنده عدم تغییرپذیری زیاد در چرخه‌ها است. در ایستگاه بابلسر نیز مانند رامسر، طیف

جدول ۲. مشخصات آماری چرخه‌های دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	شماره چرخه‌های معنادار	احتمال (بسامد)	دوره بازگشت (سال)	واریانس	نسبت واریانس (درصد)
رامسر	۱	۰/۰۲	۵۴	۷/۴	۲۳/۹
	۱۱	۰/۲	۴/۹	۴/۴	۱۴/۲
بابلسر	۱	۰/۲	۵۴	۵/۴	۱۸/۲
	۲۶	۰/۴۸	۲/۱	۱/۹	۶/۸

جدول ۳. مشخصات آماری چرخه‌های دمای کمینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه

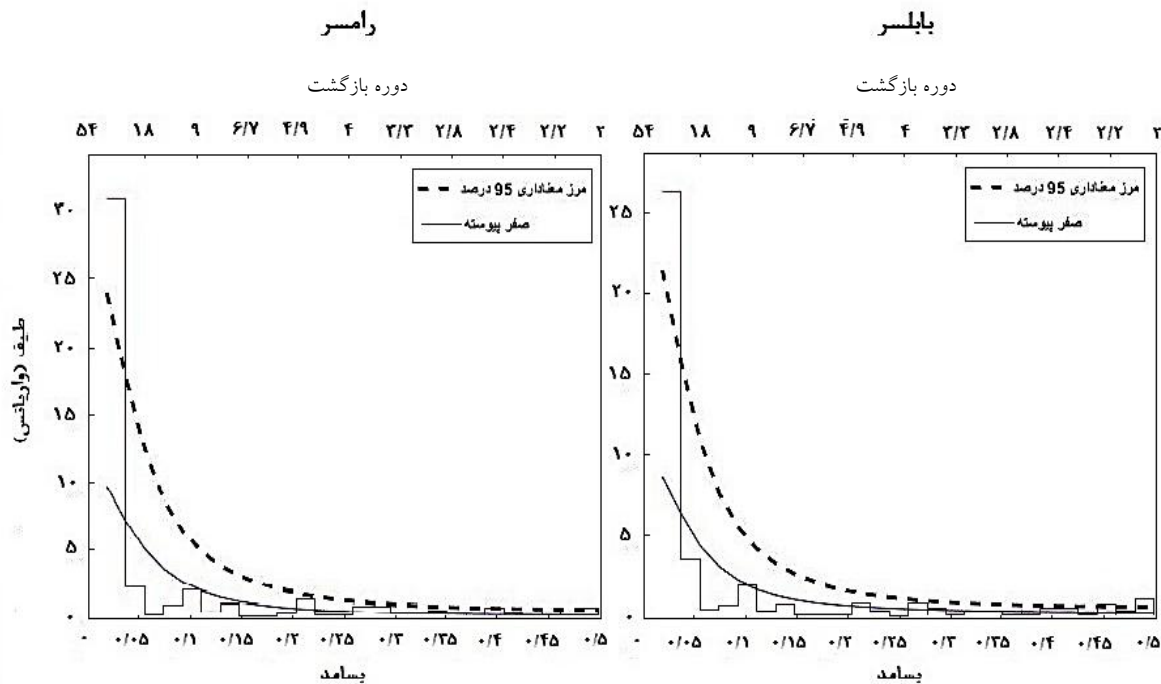
ایستگاه	شماره چرخه‌های معنادار	احتمال (بسامد)	دوره بازگشت (سال)	واریانس	نسبت واریانس (درصد)
رامسر	۱	۰/۰۲	۵۴	۳۰/۹	۶۶/۹
	۲۱	۰/۳۹	۲/۶	۰/۸	۱/۷
	۲۶	۰/۴۸	۲/۱	۰/۷	۱/۵
بابلسر	۱	۰/۰۲	۵۴	۲۶/۳	۶۴/۳
	۲۴	۰/۴۴	۲/۲	۰/۷	۱/۷
	۲۶	۰/۴۸	۲/۱	۱/۱	۲/۷

موضوع را بیان می‌کند که فراسنج دمای کمینه در هر دو ایستگاه دارای روند افزایشی شدیدی بوده (همساز اول بیشترین واریانس را به خود اختصاص داده است) و سایر چرخه‌های معنادار تغییرات چندانی پیدا نکرده‌اند. در داده‌های دمای کمینه ایستگاه رامسر، سه چرخه معنادار مشاهده شده که بسامد آنها به ترتیب ۰/۱۸، ۰/۳۹ و ۰/۴۸ است. این چرخه‌ها دارای دوره‌های بازگشتی معادل ۵۴، ۲/۶ و ۲/۱ سال هستند. واریانس محاسبه شده برای چرخه‌های ایستگاه رامسر ۳۰/۹، ۰/۸ و ۰/۷ است. با توجه به واریانس‌ها مشخص می‌شود که واریانس همساز اول (روند)، به تنهایی حدود ۶۷ درصد کل واریانس طیف را به خود اختصاص داده است. تعداد چرخه‌های معنادار در ایستگاه بابلسر نیز سه عدد است که دارای بسامدهایی معادل ۰/۰۲، ۰/۴۴ و ۰/۴۸ هستند. دوره بازگشت این چرخه‌ها ۵۴، ۲/۲ و ۲/۱ سال است و در این ایستگاه نیز چرخه اول بیشترین میزان واریانس (۶۴/۳ درصد) را به خود اختصاص داده است.

شد، می‌توان گفت روند تغییرات دمای بیشینه در دو ایستگاه، افزایشی است.

اطلاعات موجود در جدول (۳) و شکل (۵) ویژگی‌های طیف و چرخه‌های موجود در دمای کمینه دو ایستگاه را بیان می‌کند.

با توجه به اطلاعات به دست آمده، می‌توان گفت طیف داده‌های دمای کمینه در دو ایستگاه نیز دارای نوفه قرمز است و با افزایش بسامد چرخه‌ها طول موج بلندتر شده و در نتیجه دوره بازگشت چرخه طولانی‌تر می‌شود. نکته مشخص در هر دو نمودار، کاهش شدید میزان واریانس از اولین همساز به سمت همسازهای بعدی است؛ به گونه‌ای که علاوه بر کاهش واریانس هر همساز که به آن اشاره شد، خط معناداری و صفر پیوسته نیز به سرعت به محور افقی (بسامد) نزدیک شده و در فاصله کمی از آن قرار می‌گیرند. این مورد می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات کم در واریانس چرخه‌های دمای کمینه باشد و این



شکل ۵. دوره‌نگار دمای کمینه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

است. در رابطه با چرخه‌های بارش ایستگاه بابلسر ذکر این نکته ضروری است که اگر چرخه اول که نشانه وجود روند است را در نظر بگیریم، تنها چرخه‌ای پنج ساله باقی خواهد ماند که طول آن کمتر از طول چرخه‌های بارشی ایستگاه رامسر است. این موضوع می‌تواند نشانه تأثیرپذیری بیشتر جو این ایستگاه از شرایط محرک منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای باشد. درحالی‌که در ایستگاه رامسر، پاسخ‌دهی به عوامل مختلف، مدت زمان بیشتری به طول می‌انجامد.

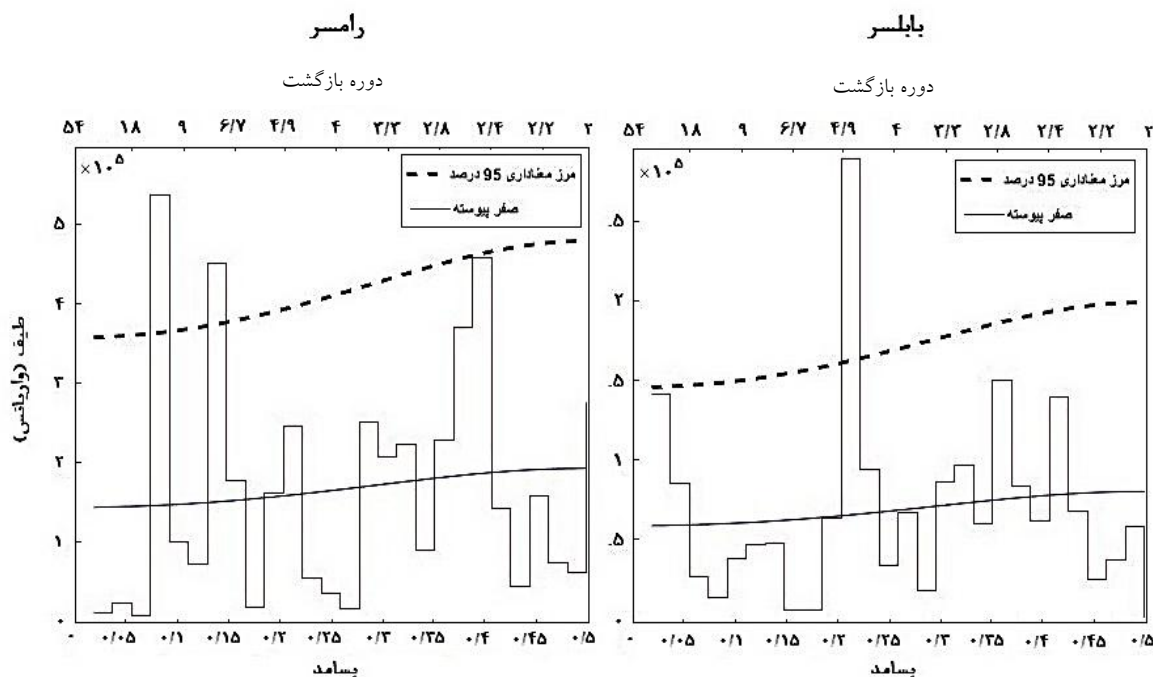
نتیجه‌گیری

تغییرات آب‌وهوایی یکی از مسائل مهم جهان امروزی است و می‌تواند طی سال‌های آتی موجب اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی مختلفی بر جوامع بشری شود. کشف دوره‌های بسامدی و چرخه‌های آشکار و نهان در سری‌های زمانی اقلیمی می‌تواند نقش مهمی در پیش‌بینی تغییرات شرایط اقلیمی و در نتیجه ایجاد آمادگی بیشتر برای مدیریت بحران‌های احتمالی و انجام برنامه‌ریزی‌های محیطی داشته باشد. یکی از

به‌طورکلی شرایط دمای کمینه در دو ایستگاه تا حدودی مشابه یکدیگر بوده و وجود روند در داده‌ها، موجب شده است تا واریانس طیف سایر همسازها ناچیز باشد.

شکل (۶) دوره‌نگار بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با بررسی شرایط این نمودارها و اطلاعات موجود در جدول (۴)، می‌توان گفت که طیف بارش در هر دو ایستگاه به‌صورت نوفه آبی (Blue Noise) است. این بدان معناست که چرخه‌های کوتاه‌مدت بارش، با احتمال بیشتری رخ می‌دهند.

در ایستگاه رامسر دو چرخه معنادار مشاهده می‌شود که بسامد آنها $0/07$ و $0/13$ است. نکته مهم در دوره‌نگار بارش این ایستگاه، عدم معناداری همساز اول و در نتیجه عدم وجود روند در داده‌های بارش است. دوره بازگشت چرخه‌های مشاهده شده در این ایستگاه به‌ترتیب $13/5$ و $7/7$ سال است. واریانس چرخه‌های مشخص شده نیز $11/9$ و 10 درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده است. در ایستگاه بابلسر نیز دو چرخه معنادار وجود دارد که بسامد وقوع آنها $0/02$ و $0/2$ است. دوره بازگشت چرخه‌های بارش در ایستگاه بابلسر 54 و 5 سال



شکل ۶. دوره‌نگار بارش برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۴. مشخصات آماری چرخه‌های بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	شماره چرخه‌های معنادار	احتمال (بسامد)	دوره بازگشت (سال)	واریانس	نسبت واریانس (درصد)
رامسر	۴	۰/۰۷	۱۳/۵	۵۳۵۶۳۴	۱۱/۹
	۷	۰/۱۳	۷/۷	۴۵۰۵۴۳	۱۰
بابلسر	۱	۰/۰۲	۵۴	۱۵۱۲۰۳	۸/۲
	۱۱	۰/۲	۵	۲۸۹۳۹۶	۱۵/۶

ایستگاه بین ۲/۱ تا ۲/۶ سال است. نکته مهمی که در بررسی فراسنج‌های دمای کمینه و بیشینه مشخص شد، وجود روندهای کاملاً مشخص در هر دو ایستگاه است. به طوری که همساز اول که نشانه وجود روند در داده‌ها است، در هر دو ایستگاه معنادار بوده است. با بررسی دوره‌های بازگشت و تغییرات واریانس و طیف این فراسنج‌ها می‌توان گفت که حداقل در زمینه تغییرات و نوسانات دمایی، تفاوت کمی بین بخش‌های غربی و شرقی استان مازندران وجود دارد و نحوه تغییرات سینوسی در این مناطق تا حدود زیادی مشابه یکدیگر است. تحلیل دوره‌نگار بارش در ایستگاه‌های مذکور نشان داد که در رامسر چرخه‌هایی

روش‌های استخراج این بسامدها در سری‌های اقلیمی، تحلیل طیفی است. بر این اساس، در پژوهش حاضر با استفاده از این روش اقدام به استخراج چرخه‌های دمای کمینه، بیشینه و بارش ایستگاه‌های رامسر و بابلسر شد و نتایج به دست آمده با یکدیگر مقایسه شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که فراسنج دمای بیشینه در ایستگاه رامسر چرخه‌های ۵۴ و ۵ ساله و در ایستگاه بابلسر چرخه‌هایی ۵۴ و ۲/۱ ساله دارد. با توجه به اینکه اولین چرخه در نمودارهای دوره‌نگار به وجود روند (نوسانات غیر سینوسی) در نظر گرفته می‌شود. می‌توان چرخه‌های ۵ و ۲/۱ ساله را برای دو ایستگاه در نظر گرفت. چرخه‌های دمای کمینه در دو

ساله برای انسو و ۳ ساله را برای AO تشخیص دادند. با توجه به چرخه‌های به‌دست آمده در پژوهش حاضر و نزدیک بودن آنها به چرخه‌های شاخص‌های دور پیوندی، می‌توان این شاخص‌ها را در تغییرات چرخه‌های دما و بارش منطقه مؤثر دانست. مجموعه عوامل ذکر شده موجب می‌شوند سرعت پاسخ‌گویی جو منطقه به تغییرات منطقه‌ای و فرامنطقه‌ای متفاوت و بسامدهای فراسنج‌های اقلیمی و رفتار آنها در بخش‌های غربی و شرقی محدوده، تفاوت داشته باشد. به‌طور کلی هدف نهایی از این مطالعه آن است که با شناسایی چرخه‌های دما و بارش در سطح ایستگاه‌ها به‌عنوان نماینده استان مازندران، با توجه به دوره‌های بازگشت احتمالی بارش‌ها یا دماهای فرین (شدید و خسارت‌زا)، برنامه‌ریزی‌های لازم جهت جلوگیری از ایجاد خسارت در بخش‌های گوناگون انجام شود و تمهیداتی برقرار شود تا بتوان از شرایط استثنایی این دوره‌های بازگشت به‌عنوان فرصت جهت بهره‌برداری از انرژی یا منابع آب استفاده کرد.

با دوره بازگشت ۱۳/۵ و ۷/۷ سال و در بابلسر چرخه‌های پنج ساله وجود دارد. با توجه به بررسی‌های انجام شده مشخص می‌شود که چرخه‌های بارش در تمام استان مازندران، دارای دوره‌های بازگشت کوتاه‌مدت هستند. با این حال اختلاف موجود بین ایستگاه رامسر (با دوره بازگشت طولانی‌تر) و بابلسر (با دوره بازگشت کوتاه‌تر)، نشان می‌دهد که عوامل مؤثر در بسامدهای بارش در دو بخش غرب و شرق مازندران با یکدیگر تفاوت دارند. این دو منطقه از لحاظ موقعیت جغرافیایی، سامانه‌های مؤثر در ایجاد بارش دارای تفاوت‌هایی با یکدیگر هستند که این عامل می‌تواند در تفاوت چرخه‌های بارش در غرب و شرق منطقه مؤثر باشد. موردی که هم در چرخه‌های بارش و هم در چرخه‌های بارشی مشخص است و در پژوهش‌های مختلف داخلی و خارجی (۶، ۹ و ۱۶) نیز به آن اشاره شده است، نقش شاخص‌های پیوند از دور بر رفتارهای نهان و آشکار فراسنج‌های دما و بارش در مناطق مختلف است. به‌عنوان مثال رضایی بنفشه و همکاران در پژوهش خود چرخه‌های ۲/۵ ساله را برای NAO؛ ۳، ۵ و ۷

منابع مورد استفاده

۱. پایگاه اطلاع‌رسانی اداره کل هواشناسی استان مازندران، www.mazmet.ir
۲. تقوی، ف.، م. ناصری، ب. بیات، س. متولیان و د. آزادی فر. ۱۳۹۰. تعیین الگوهای رفتار اقلیم در مناطق مختلف ایران براساس تحلیل طیفی و خوشه‌بندی مقادیر حدی بارش و دما. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی* ۷۷: ۱۲۴-۱۰۹.
۳. جلیلی، ش. ۱۳۸۹. تحلیل طیفی سری زمانی تراز دریاچه ارومیه و تأثیر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر آن. پایان‌نامه دکتری گروه عمران. دانشگاه تربیت مدرس. تهران.
۴. جهانبخش، س.، ا. هادیانی، م. رضایی بنفشه و ی. دین‌پژوه. ۱۳۸۹. مدل‌سازی پارامترهای تغییر اقلیم در استان مازندران. چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام. زاهدان.
۵. چتفیلد، س. ۱۳۹۰. *مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی، حسینعلی نیرومند و ابوالقاسم بزرگ‌نیا*، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
۶. رضایی بنفشه، م.، م. س. نجفی، ح. نقی‌زاده و ش. آب‌خرابات. ۱۳۹۴. واکاوی رفتار بارش‌های حدی در ارتباط با عوامل مؤثر بر بارش در غرب و شمال غرب. *جغرافیا و مخاطرات محیطی* ۱۳: ۱۵۳-۱۳۳.
۷. سلیقه، م.، ح. عساکره، م.ح. ناصرزاده و ی. بلیان. ۱۳۹۴. تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه‌ی حوضه‌های آبریز حله و مند. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی* ۳۷: ۲۷۲-۲۴۵.

۸. عساکره، ح. ۱۳۸۸. تحلیل طیفی سری‌های زمانی دمای سالانه تبریز. *تحقیقات جغرافیایی*. ۹۴: ۳۳-۵۰.
۹. عساکره، ح. ۱۳۸۹. تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه‌ی شهر زنجان. *جغرافیا و توسعه* ۱۹: ۱۱-۲۴.
۱۰. قویدل رحیمی، ی.، م. فرج‌زاده اصل. و م. عالی جهان. ۱۳۹۶. ارزیابی اثر ناهنجاری‌های کره زمین بر دماهای متوسط ماهانه و فصلی ایران. *فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی* ۱۷(۵۸): ۲۵-۴۷.
۱۱. مزیدی، ا.، ش. شفیع‌ی و ز. تقی‌زاده. ۱۳۹۳. تحلیل و مدل‌سازی دمای سالانه‌ی شهر یزد با استفاده از مدل ARIMA. *کاووش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی* ۳: ۱۱۵-۱۴۰.
۱۲. میرزایی، ی.، ا. آذری. و غ. پرهام. ۱۳۹۶. تحلیل طیفی نوسانات دبی-بارش در حوضه آبریز دینه‌ور. *تحقیقات منابع آب ایران* ۱۳(۱): ۲۰۴-۲۱۰.
۱۳. ویلیام، دبلیو. اس. وی. ۱۳۹۱. *تحلیل سری‌های زمانی - روش‌های یک متغیری و چند متغیری، حسینعلی نیرومند، چاپ چهارم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.*
14. Azad, S. and M. Rajeevan. 2016. Possible shift in the ENSO-Indian monsoon rainfall relationship under future global warming. *Scientific Report Journal* 6: 145-148.
15. Becker, S., H. Hartmann, M. Coulibaly, Q. Zhang and T. Jiang. 2008. Quasi periodicities of extreme precipitation events in the yangtze river basin China. *Theoretical and Applied Climatology* 94: 139-152.
16. C. T. Sabeerali, C. T., R. S. Ajayamohan, D. Giannakis and A. Majda. 2017. Extraction and prediction of indices for monsoon intra seasonal oscillations: an approach based on nonlinear Laplacian spectral analysis. *Climate Dynamics* 49: 3031-3050.
17. 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.
18. Hartmann, S., L. Becker and F. King. 2008. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series. *Theoretical and Applied Climatology* 92: 155-163.
19. Kane, R. P. and N. R. Teixeira. 1991. Power spectrum analysis of the annual rainfall series for Massachusetts (NE USA). *Climatic Change* 18: 89-94.
20. 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.
21. Lana, M. D., C. S. Martinez and A. Burguen. 2005. Periodicities and irregularities of indices describing the daily pluviometric regime of the fabra observatory (NE Spain) for the years 1917-1999. *Theoretical and Applied Climatology* 82: 183-198.
22. Livada, I., M. Charalambous and N. Assimakopoulos. 2008. Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece. *Theoretical and Applied Climatology* 93: 45-55.
23. Qduro-afriyie, K. and D. C. Adukpo. 2006. Spectral characteristics of the annual mean rainfall series in Ghana. *Periodicities and Prediction*.9: 1-9.
24. Rajagopalan, B. and U. Lall. 1998. Inter annual variability in western us precipitation. *Journal of Hydrology* 210: 51-67.
25. Selvam, A. N., P. R. Joshni and R. Vijayakumar. 1994. Signatures of a universal spectrum for atmospheric inter annual variability in coads temperature time series. *IITM Research Report*. 60: 140-145.
26. Torrence, C. and P. J. Webster. 1999. Inter decadal changes in the Enso-Monsoon system. *Journal of Climate* 12: 2679-2690.
27. Tourre, Y. M., B. Rajagopalan and Y. Kushniry. 1999. Dominate patterns of climate variability in the atlantic ocean region during the last 136 years. *Journal of Climate* 12: 2285-2299.

Comparison and Analysis of Minimum, Maximum Temperature and Precipitation Cycles in Mazandaran Province (A Case Study: Ramsar and Babolsar Synoptic Stations)

A. Shahbaee kotenae^{1*}, M. Foroumadi² and O. Ahmadi²

(Received: June 19-2017 ; Accepted: December 4-2017)

Abstract

One of the major issues in the contemporary world is climate change. The behavior and characteristics of parameters affecting climate change can cause them to be seen and hidden. As one of the effective ways to detect overt and covert behaviors for periodic climatic data series, Spectral analysis can be used. It is the analysis of each of the wavelengths series, making this behavior clear. Accordingly, the present study was an attempt to use the method of spectral analysis, data cycles in the minimum temperature, maximum temperature and precipitation in Ramsar station (located in the western regions of Mazandaran province) and Babolsar (located in the central parts of this province) in a period from 1961 to 2014. For this purpose, temperature and precipitation data were obtained from these stations; MATLAB software environment and the environment for the software were logged for each of the variable in the stations. The results revealed that the minimum temperature at both stations had significant cycles, with the return period being 2 to 5 years; Remote Link could be fit into the cycle parameters such as NAO, AO and ENSO. Analysis of the period gram showed cycles 8 and 5/13-year-old and 5-year-old period in Ramsar and Babolsar. During the rainy cycles, the difference between the two stations and the difference in the geographical position affected systems, and rain accounted for the difference in speed dual-zone climate indicator for Remote Link.

Keywords: Teleconnection, Spectrum analysis, Period gram, Return period, Time series

1. Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

*: Corresponding Author, Email: shahbai2008@yahoo.com