

تحلیل چرخه‌های سری زمانی دبی و بارش ایستگاه آب‌سنجی ماشین‌خانه (حوضه‌ی آبریز گرکان رود تالش)

حسین عساکره^{۱*} - رضا خوشرفتار^۲ - فاطمه ستوده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۱۵

چکیده

بارش و دبی دو عنصر هیدرولوژیکی غیر خطی و تغییرپذیر در مقیاس زمانی و مکانی هستند. یکی از روش‌های مطالعه و تحلیل توأم این دو فراسنج بررسی نوسانات آشکار و نهان آن هاست. تحلیل طیفی روشی کارآ و مفید برای آشکارسازی این نوسانات در سری‌های زمانی است. در پژوهش حاضر تلاش می‌شود با استفاده از روش تحلیل طیفی چرخه‌های موجود در سری‌های زمانی بارش و دبی ایستگاه ماشین‌خانه (حوضه آبریز گرکانرود تالش) از مهر ماه ۱۳۵۴ تا شهریور ۱۳۸۶ در دو مقیاس زمانی سالانه و ماهانه مورد بررسی قرار گیرد. نتایج حاصل از اعمال رویه تحلیل طیفی به روی سری‌های زمانی دبی و بارش در سطح ۹۵٪ اطمینان، حاکی از عدم وجود چرخه غیر سینوسی (روند) معنی‌دار است. چرخه‌های سینوسی معنی‌دار متنوعی در دو سری زمانی استخراج گردید. چرخه ۲-۴ ساله و ۵/۳ - ۴ ساله بیش‌ترین تکرار را در دو سری زمانی دبی و بارش در مقیاس ماهانه و سالانه دارد. در مقیاس سالانه، چرخه ۶/۴ ساله و در مقیاس ماهانه چرخه‌های ۲-۴، ۵/۳، ۴، ۶/۴، ۸، ۱۰/۷ و ۱۶ ساله استخراج گردید. بر اساس مطالعات انجام شده توسط بسیاری از پژوهشگران در سایر نقاط جهان، چرخه‌های مذکور هماهنگ با الینو نوسانات جنوبی (ENSO)، نوسانات اقیانوس اطلس شمالی (NAO) و نوسانات دوسالانه تروپسفری (QBO) است.

واژه‌های کلیدی: بارش، دبی، روند، چرخه سینوسی، تحلیل طیفی

مقدمه

تحلیل طیفی یکی از فنون مفید جهت برآورد و شناسایی افت و خیزهای نهفته و آشکار در سری‌های زمانی است. این رویه در میان اقلیم‌شناسان جهان برای ردیابی نوسانات اقلیمی به کار گرفته شده است. به عنوان مثال لندسبرگ و همکاران (۱۷) دما و بارش روزانه، هفتگی و ماهانه ایستگاهی را در مریلند^۴ (ایالت در ساحل شرقی آمریکا) براساس تحلیل طیفی بررسی کردند. نتایج این پژوهش، گویای حاکمیت نوسانات کم‌بسامد در سری زمانی دما و بارش است. لامب (۱۸) چرخه ۲/۱ ساله را به (QBO) نسبت داد. کانه و تکزیرا (۱۵) در بارش ماساچوست چرخه‌های ۲-۳ ساله را کشف نمودند. سلوم و همکاران (۲۳) چرخه‌های ۲-۷ ساله موجود در دمای کره زمین را به ال نینو و نوسانات جنوبی و چرخه‌های ۳-۲ ساله را به نوسانات دو سالانه نسبت دادند. راجاکوپلان و لیال (۲۱) تحلیل طیفی را به منظور بررسی بارش ماهانه و چند شاخص اقلیمی نظیر نوسانات مرکز اقیانوس آرام شمالی (CNP)^۵ و شاخص نوسانات جنوبی

بسیاری از فرآیندهای طبیعی؛ نظیر چرخه و جریان آب در طبیعت و به تبع آن زندگی بشر در کره زمین تحت تاثیر مستقیم و غیر مستقیم عناصر اقلیمی است. شناخت و تحلیل رفتار این عناصر یکی از اهداف اقلیم‌شناسان است. بارش یکی از عناصر اساسی اقلیمی در تکوین و تداوم جریانات سطحی و دبی رودها، است. شناخت رفتار بارش و دبی به ویژه رفتار نوسانی آن در کشور ما از بنیادهای ضروری در مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی مبتنی بر دانسته‌های اقلیمی بوده و می‌تواند نقش شایان توجهی در ارتقاء سطح مدیریت منابع آب ایفا نماید.

برخی از نوسانات موجود در سری‌های زمانی اقلیمی؛ نظیر نوسانات فصلی به راحتی قابل ردیابی و شناسایی است. در مقابل، بسیاری از این رفتارها به شکل نهان و نامعلوم رخ می‌دهند. تکنیک

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشیار، استادیار و فارغ التحصیل کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه زنجان
(Email: asakereh@znu.ac.ir)
* - نویسنده مسئول:

وجود چرخه ۵/۶ ساله و ۲/۷ ساله در بارش است. هارتمن (۱۲) دوره‌های تناوب موجود در سری زمانی بارش ۱۳۲ ایستگاه اقلیمی در چین را طی دوره ۲۰۰۲-۱۹۵۱ با به کارگیری تحلیل طیفی خود همبستگی (ASA)^{۱۱} و همچنین تبدیل موجک‌های پیوسته (CWT)^{۱۲} مورد بررسی قرار دادند. نتایج در روش ASA الگوهای نسبتاً یکنواخت از چرخه ۳-۱۲-۲ ساله را در اکثر نقاط چین و CWT چرخه‌های ۲-۳، ۴-۵ و ۶-۷ ساله را نشان می‌دهد. بیکر و همکاران (۸) بارش روزانه ۱۴۸ ایستگاه حوضه رودخانه یانگ تسه را طی ۲۰۰۲-۱۹۶۱ با تحلیل طیفی مطالعه و بررسی نمودند. نتایج وجود چرخه‌های ۲-۳ ساله و ۳-۴ ساله را نشان می‌دهد. آزاد و همکاران (۷) بارش‌های موسمی هند را با استفاده از دو روش تحلیل چگالی طیفی توان (PSD)^{۱۳} تبدیل فوریه سریع (FFT)^{۱۴} مورد بررسی قرار دادند. ایشان در پایان تعریف کمی از همگنی طیف و مفهوم طبقه‌بندی نواحی همگن طیفی (SHR)^{۱۵} به صورت مجزا شامل دو بخش، غرب مرکزی و شبه جزیره هند در بسامد ۰/۳۱-۰/۲ در سال ارائه نمودند. چرخه ۶۰/۶، ۳۰/۳، ۲۴، ۱۳/۳، ۱۰/۹، ۵/۷ و ۳ ساله در این طبقه در سطح ۹۹ درصد اطمینان کشف شد. چرخه‌های ۳-۵/۷ ساله را مرتبط با پدیده ENSO می‌دانند. هانگ و همکاران (۱۴) دبی روزانه رودخانه ساین^{۱۶} در فرانسه را برای ۳۲ سال و رودخانه وایمروکس^{۱۷} را برای ۲۵ سال با به کارگیری تجزیه حالت تجربی (EMD)^{۱۸} و تحلیل طیفی هیلبرت^{۱۹} مطالعه نمودند. اطلاعات به دست آمده از دبی رود ساین نشان می‌دهد که نوسانات متناوب در مقیاس‌های زمانی ۴/۵ تا ۶۰ روزه رخ می‌دهد. ایشان این دوره تناوب‌ها را به ترتیب به فرآیندهای همدید و میان فصلی نسبت می‌دهند. زویی و همکاران (۲۷) بارش و رواناب رود مکونگ^{۲۰} با روش من کندال و تحلیل طیفی را بررسی و تحلیل کردند. بر این اساس روند معنی‌داری در بارش و رواناب رخ نداد اما ارتباط بارش‌های موسمی هند با سطح آب رودخانه مکونگ با تحلیل طیفی کشف شد.

کاربرد تحلیل طیفی در اقلیم‌شناسی، از استقبال کم‌تری بین اقلیم‌شناسان ایرانی برخوردار بوده است. عموماً مطالعات اقلیمی صورت گرفته در حوزه بسامد به عنوان مثال توسط غیور و

(SOI)^۱ چند ایستگاه ۶- غرب ایالات متحده بکار بردند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در بارش چرخه ۳-۲ ساله و ۷-۵ ساله وجود دارد و رابطه این چرخه‌ها با نوسانات جنوبی-ال نینو (ENSO) و نوسانات شبه دوسالانه آشکار شد. توری و همکاران (۲۶) رابطه دمای سطح دریا را با به کارگیری روش تحلیل طیفی چند متغیره^۲ با فشار سطح دریا در اقیانوس اطلس بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود چرخه‌های ۲/۷-۲/۲، ۴/۴-۳/۵ و ۱۱/۴ است. تورنس و وبستر (۲۵) دمای بخش استوایی اقیانوس آرام، شاخص نوسانات جنوبی (ENSO)^۳ و بارش هند را با تحلیل موجک‌ها و تحلیل طیفی بررسی کردند. بررسی‌ها گویای وجود چرخه ۱ ساله و ۷-۲ ساله در بارش هند و رابطه آن با (ENSO) است. ویر و تامسون (۲۸) با استفاده از تحلیل طیفی و تحلیل موجک‌ها و سری زمانی دمای شمال شرق اقیانوس آرام بررسی کردند. نتایج حاکی از وجود چرخه ۸-۲ ساله است که این چرخه را به ال نینو و نوسانات جنوبی (ENSO) نسبت دادند. هاسنیان (۱۳) نوسانات دمای هوای سطحی^۴ ایستگاه شرق مدیترانه را طی ۵۰ سال با آزمون رتبه ای من-کندال^۴، صافی پایین گذر^۵، تحلیل طیفی (براساس بیشینه آشفستگی^۶) و خود همبستگی بررسی نمودند. نتایج حاکی از وجود روند افزایشی و کاهشی در دما است. این روند در سه ایستگاه با ۹۹٪ اطمینان و در یک ایستگاه با ۹۵٪ اطمینان معنی‌دار و در همه ایستگاه‌ها چرخه ۸-۳ ساله (مرتبط با ال نینو) رخ داده است. گارسیا و همکاران (۱۱) سری بار ماهانه ۴۰ ایستگاه هواشناسی شبه جزیره ایبری^۷ طی دوره ۱۹۹۲-۱۹۱۹ را بررسی نمودند. تحلیل مولفه‌های اصلی و تحلیل طیفی در این پژوهش به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که ۶ مولفه اصلی، ۷۵ درصد پراش مولفه‌ها را توجیه می‌کند. تحلیل طیفی نوسانات ۷ ساله را برای الگوی غالب نشان داد. مارکیوس^۸ و همکاران (۲۰) روش تحلیل طیفی تکین (SSA)^۹ را بر روی سری‌های زمانی بارش سالانه، رواناب ماهانه و دمای ساعتی آب^{۱۰} اعمال کردند. نتایج گویای وجود روند و مولفه‌های نوسانی در رواناب ماهانه و سری زمانی دمای آب می‌باشد. اودورو و ادوکپو (۱۹) میانگین بارش سالانه غنا (غرب آفریقا) طی دوره ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۸ را با تحلیل طیفی بررسی کردند. نتایج حاکی از

11 -Autocorrelation Spectral Analysis
12 -A Continuous Wavelet Transform
13 -Power Spectral Density
14 -Fast Fourier Transform
15 -Spectrally Homogeneous Regions
16 -Seine
17 -Wimereux
18 -Empirical Mode Decomposition
19 -Hilbert Spectral Analysis
20 -Mekong

1 -Southern Oscillation Index
2 - Multivariate Frequency Domain Analysis
3 - ElNino-Southern Oscillation
4 - Mann-Kendall Rank Test
5 - Low-Pass Filtering
6- Maximum Entropy Spectral Analysis
7 - Iberian Peninsula
8 - Marques
9 - Singular Spectrum Analysis
10 - Hourly Water Temperature

نیرو تهیه شده است. داده‌های ماهانه و سالانه فاقد داده مفقوده‌اند. سری‌های زمانی بارش و دبی ایستگاه مورد بررسی حاوی رفتارهای نوسانی است. گاهی می‌توان نوسانات یا روند موجود در سری را با ترسیم یک نمودار ساده و یا با استفاده از روش‌هایی نظیر خود همبستگی و میانگین متحرک به راحتی مشاهده نمود. اما ممکن است سری‌های زمانی حاوی موج‌هایی در بسامدهای مختلف باشد که با نمودارها و روش‌های ساده قابل تشخیص و استخراج نباشد. تحلیل طیفی ابزاری مناسب جهت استخراج چرخه‌های موجود در سری‌های زمانی است. در این نوشتار تحلیل طیفی برای استخراج چرخه‌های این سری‌های زمانی استفاده شده است:

ابتدا سری‌های زمانی در تحلیل طیفی، به تابع بسامدی (به صورت تابعی دوره‌ای با دامنه و فراوانی) تبدیل می‌شود. فراوانی گویای مقیاس زمانی (چرخه در واحد زمان) و دامنه بیان گر میزان پراش در این تابع، در آن مقیاس زمانی است. سری زمانی (Z_t) به طول n ، $(\{Z_t\}_{t=1}^n)$ به صورت یک الگوی فوریه در این روش مطابق رابطه (۱) نوشته می‌شود (۳).

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

که Z_t عنصر اقلیمی مورد بررسی در زمان t و f_i فراوانی تکرار مشاهدات (عکس دوره بازگشت) است و با $f_i = \frac{i}{n} - 9$ نشان داده می‌شود.

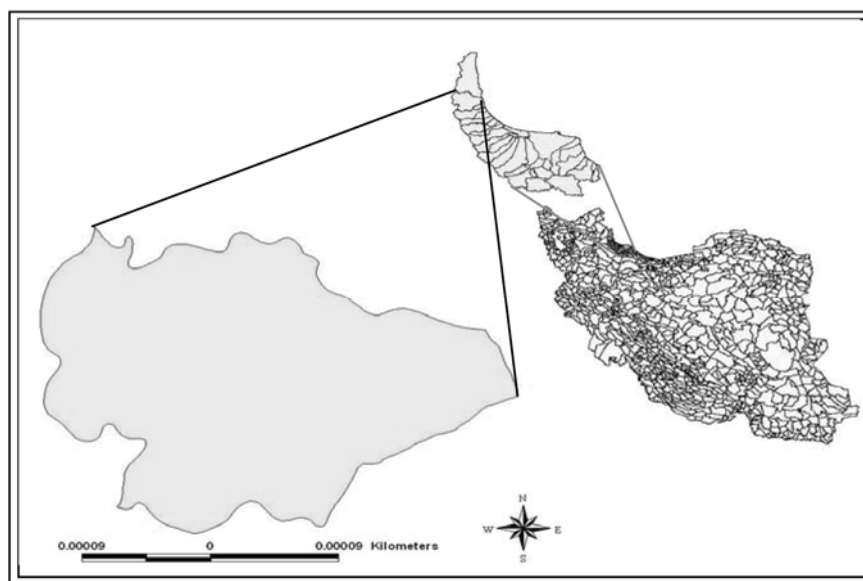
عساکره (۴) برای متوسط دمای ماهانه مشهد با استفاده از یک سری ۱۰۶ ساله انجام شد. در این مطالعه بر اساس مدل فوریه نتیجه حاصله گویای عدم وجود روند در دمای مشهد در سطح ۰/۰۱ خطا است. همچنین عساکره (۳) تحلیل طیفی را روی میانگین دمای سالانه شهر زنجان اعمال کرد و نتیجه حاصله حاکی از وجود چرخه ۲/۵ ساله در دمای زنجان است. عساکره (۴) نیز سری زمانی دمای سالانه تبریز را با استفاده از رویه تحلیل طیفی مورد مطالعه قرار داد. بر اساس یافته‌های وی دمای تبریز حاوی چرخه‌های ۲/۶ - ۲ ساله و ۴/۵ - ۵ ساله و یک چرخه غیر سینوسی (روند) است.

هدف از پژوهش حاضر، بررسی و تحلیل رفتار سری‌های زمانی دبی و بارش در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه برای ایستگاه ماشین خانه در حوضه‌ی آبریز گرکان رود تالش است.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز گرکان رود تالش با مساحتی معادل ۶۱۶ کیلومتر مربع بین ۴۰° ۴۱' ۳۷" تا ۴۵° ۵۶' ۳۷" عرض ۳- شمالی و ۵۰° ۳۱' ۴۸" تا ۲۰° ۵۷' ۴۸" طول شرقی گسترده است، مرز غربی آن منطبق بر مرتفع‌ترین قله کوه‌های تالش و از شرق به دریای خزر منتهی می‌شود. ایستگاه ماشین خانه در ارتفاع ۹۹ متر از سطح آبهای آزاد و در منطقه‌ی جنگلی واقع شده است ۱ شکل (۱) موقعیت این حوضه را نشان می‌دهد:

آمار دبی و بارش در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه ایستگاه ماشین خانه در مطالعه حاضر از مهر ۱۳۵۴ تا شهریور ۱۳۸۶ از وزارت



شکل ۱- موقعیت حوضه‌ی آبریز گرکان رود در استان گیلان

در نظر گرفته شود. در این حالت، فرضیه صفر مناسب (نوفه سفید) است. به عبارت دیگر یک خط مستقیم افقی برابر با میانگین دوره نگار، به عنوان صفر پیوسته در نظر گرفته می‌شود. اما غالباً در سری‌های زمانی اقلیمی r_1 به طور معنی‌داری مخالف صفر بوده و در تاخیرهای بالاتر به صورت توانی یا تقریبی از آن نزول می‌کند. در این حالت براساس شماره همساز i ($0 \leq i \leq q$) با تقریب زیر قابل بررسی است (۵):

$$\lambda_k = \bar{s} \left[\frac{1 - r^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos \frac{\pi k}{q}} \right] \quad (3)$$

در این رابطه \bar{s} میانگین تمامی برآورد خام طیف‌ها به شرط معنی‌داری r_1 است. مقادیر رابطه در نهایت ۱۷- برای آزمون معنی‌داری طیف (به عنوان مثال در سطح ۹۵ درصد اطمینان) در معرض توجه قرار می‌گیرد (۵):

$$\lambda_k \frac{\chi_v^2(0.95)}{v} \leq \hat{I}(f) \leq \lambda_k \frac{\chi_v^2(0.05)}{v} \quad (4)$$

مقادیر برآورد شده در برابر بسامد (چرخه در واحد زمان) و یا در برابر دوره ترسیم می‌شود. ناحیه زیر طیف مجموع پراش طول دوره آماری است. بنابراین برآورد طیف مجموع پراش طول دوره را در دامنه فراوانی‌ها (از صفر برای روند تا حداکثر $\frac{n}{2}$) توزیع می‌کند. هر چرخه که به شکل قله در طیف ظاهر شود، پراش مربوط به آن در بسامد مربوطه را نشان می‌دهد. با ترسیم برآورد هر طیف $(\hat{I}(f))$ ، مقدار λ_k متناظر (فرض صفر) و فاصله اطمینان مربوط می‌توان دریافت که طیف در سطح اعتماد مورد نظر و در بسامد مربوط معنی‌دار است یا خیر.

نتایج و بحث

تحلیل طیفی دبی و بارش سالانه

خود همبستگی مرتبه اول برای دبی سالانه برابر با ۰/۰۲ و برای بارش سالانه برابر با ۰/۰۱ برآورد شد. این مقادیر تفاوت معنی‌داری با صفر ندارد. با اعمال روش تحلیل طیفی بر روی داده‌های سالانه دبی و بارش ایستگاه ماشین خانه طی دوره مورد مطالعه، برای هر دو سری زمانی با ۹۵ درصد اطمینان، محاسبه و در شکل ۲ ارائه گردید. در این شکل طیف و فاصله اطمینان برای سری‌های زمانی بارش و دبی سالانه ایستگاه ماشین نشان داده شده است. محور افقی پایین، بسامد برای هر یک از همسازهاست. محور افقی بالا، دوره بازگشت متناظر با هر یک از بسامدها را نشان می‌دهد. محور عمودی، پراش هر چرخه است. خط ممتد، مرز صفر پیوسته و خط چین بالای آن، مرز

در این جا $i=1, 2, \dots, q$ است. مؤلفه‌های سینوسی و کسینوسی، در ۱۰- الگوی فوریه همساز (هارمونیک) هایی هستند که در شکل‌گیری رفتار سری تناوبی موثراند. بنابراین هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود. چنان که آشکار است الگوی فوریه را نیز می‌توان به عنوان یک الگوی رگرسیون خطی در نظر گرفت. لذا ضرایب فوریه که $(a_0, a_1, \dots, a_{q-1})$ و $(b_1, b_2, \dots, b_{q-1})$ همانند یک رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش کم‌ترین مربعات خطا به دست می‌آیند. واریانس برای بسامد f_i و مطابق با رابطه (۲) است:

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

نموداری که مقادیر $I(f_i)$ را در مقابل i نشان دهد، دوره نگار^۱ نامیده می‌شود. دوره نگار نسبتی از توزیع پراش در بسامدهای بنیادی و برآوردی پرافت و خیز از طیف است، لذا می‌بایست آن را برای کاهش پراش، اریبی و ایستا سازی این برآورد، در مجاورت بسامد مورد نظر و با صافی‌های مناسب هموار ساخت. به عبارت دیگر دوره نگار هموار شده، برآوردی از طیف جامعه است که حاصل میانگین موزون m مقدار راست و چپ بسامد مورد نظر باشد. با این وصف به نظر می‌رسد هموارسازی دوره نگار سالانه نسبت به دوره نگار در مقیاس زمانی کوچک‌تر (ماهانه یا روزانه) از ضرورت کم‌تری برخوردار است. تبدیل‌های هموارسازی هر داده در دوره نگار بوسیله میانگین دوطرف آن و مانند یک میانگین متحرک موزون انجام می‌شود. به عبارت دیگر وزن‌ها در اطراف نقطه میانی متقارن و گویای تعداد نقاط در یک میانگین متحرک‌اند (۴). آزمون طیف و حصول فاصله اطمینان مناسب برای آن، براساس توزیع کی دو با

$$v = \frac{2n - q}{2q} \quad (5)$$

است. فرض صفر در تحلیل طیف این است که در یک بسامد معین، طیف با صفر تفاوت نداشته باشد. تصادفی نبودن نوسان‌ها در این حالت، در سری زمانی آزمون می‌شود. یک روش برای بیان فرض صفر، به صفر پیوسته^۲ موسوم است. این مقدار می‌تواند یک طیف بسیار هموار در نظر گرفته شود. در این صورت فرض صفر این است که طیف برآورد شده از این مقدار تفاوت معنی‌داری نداشته باشد. روش‌های متعددی برای به دست آوردن این طیف وجود دارد که ساده ترین آن، برپایه خودهمبستگی مرتبه اول سری‌های زمانی بنا شده است. اگر خودهمبستگی مرتبه اول (r_1) سری زمانی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با صفر نداشته باشد، می‌بایست سری بدون روند

1 - Periodogram
2 - Null Continuum

مهر است. دبی و بارش افت و خیزهای زیادی را در ماه آبان در دو سری زمانی نشان می‌دهد. اما همسازهای ۵ و ۶ در دبی و همساز ۴ در بارش ماه آبان در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار است. این چرخه‌های معنی‌دار متناظر با دوره بازگشت حدود ۵ تا ۶ ساله در دبی و ۸ ساله در بارش است. لازم به ذکر است گرچه بارش عامل ایجاد جریان است، ولی در جریان دبی عوامل دیگری نظیر نفوذپذیری، زمان تاخیر، فاصله ایستگاه از ۲ منطقه بارش و ... دخیل می‌باشند که می‌تواند دلیل بر تفاوت چرخه‌های استخراج شده بارش و دبی باشد.

همچنین برخی ماه‌ها وجود رفتار یکنواخت و فاقد تناوب موجب ظهور رویدادهای بدون تناوب می‌شود. تحقیقات دیکسون و همکاران (۱۰) بر روی جریان رودخانه‌ای در غرب انگلیس و کاموی و هالم (۹) در زیر حوضه نیل نشان داد که تغییرات رواناب تابعی از بارندگی می‌باشد، اما با توجه به شرایط فصلی، فیزیوگرافیکی، اقلیمی و پوشش گیاهی حوضه‌ها، میزان و شدت رواناب متفاوت است. در ایران نیز مطالعات رضانی پور و همکاران (۲) بر روی بارش و دبی حوضه ناورود و نیز مطالعات روشنی و همکاران (۲۲) بر روی حوضه قلعه رود خان گویای عدم انطباق چرخه‌ها و روند بارش و دبی در برخی از ماه‌ها و فصول سال است.

همساز ۴ و ۷ (بسامد ۰/۱۲ و ۰/۲۱) در سری بارش آذر با چرخه سینوسی ۴/۶ و ۸ ساله معنی‌دار است. بنابراین هر رویداد بارشی ۴ تا ۵ سال و ۸ سال یک بار در ماه آذر تکرار می‌شود. همساز ۴ و ۹ در سری بارش همساز ۴ و ۷ در سطح ۹۰ درصد اطمینان در دبی ماه آذر معنی‌دار است. بارش آذر با وجود این که چرخه‌هایی با بسامدهای متنوع را تجربه می‌کند، اما در سطح ۹۵ درصد اطمینان هیچ یک از چرخه‌ها به لحاظ آماری معنی‌دار نیست. همسازهایی در بسامدهای ۰/۱۶۸ و ۰/۱۵ در سری زمانی دبی و بارش ماه دی معنی‌دار است.

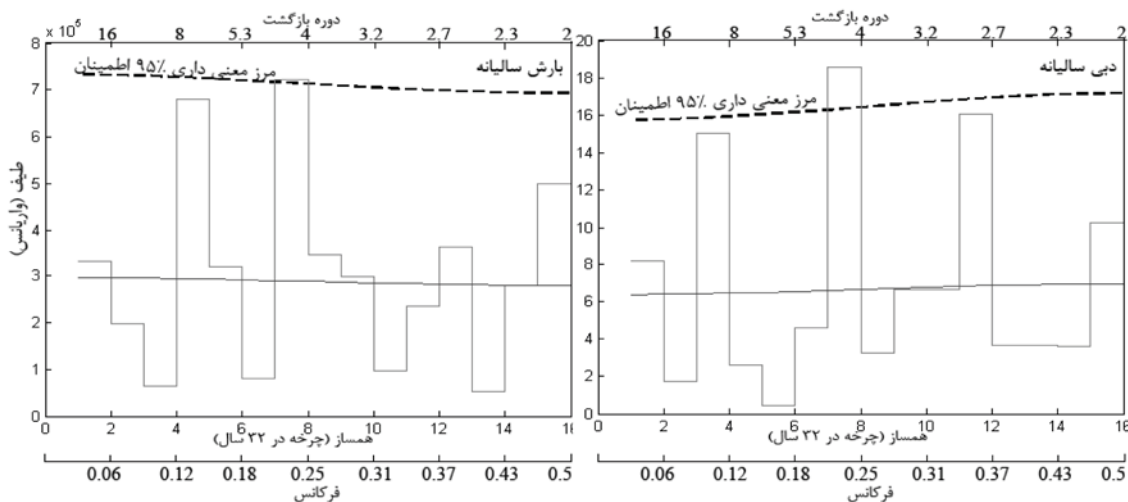
معنی‌داری برای سطح ۹۵٪ اطمینان را نشان می‌دهند. عدول هر یک از چرخه‌ها از مرز معنی‌داری نشان از عدم تصادفی بودن چرخه‌ها و عدم عدول از این مرز گویای تصادفی بودن چرخه‌ها است.

می‌توان افت و خیزهای تقریباً همسان را در هر دو سری زمانی در دوره نگار مشاهده کرد. دیده می‌شود که همساز ۷ (بسامد ۰/۲۱) یعنی، چرخه ۴/۶ ساله بیش‌ترین پراش را هم برای بارش و هم برای دبی نسبت به سایر همسازها در هر دو سری زمانی داشته و به لحاظ آماری و در سطح ۹۵ درصد اطمینان معنی‌دار است. بدین معنی که رخدادهای چرخه‌ای بارش و دبی این ایستگاه توأم‌ان هر ۴ تا ۵ سال یک بار تکرار می‌شود. همزمانی وقوع چرخه معنی‌دار ۴ تا ۵ ساله در سری زمانی دبی و بارش بدین معنی است که در هر ۴ تا ۵ سال تکرار رویدادهای بارشی سالانه دبی سالانه را متاثر می‌سازد.

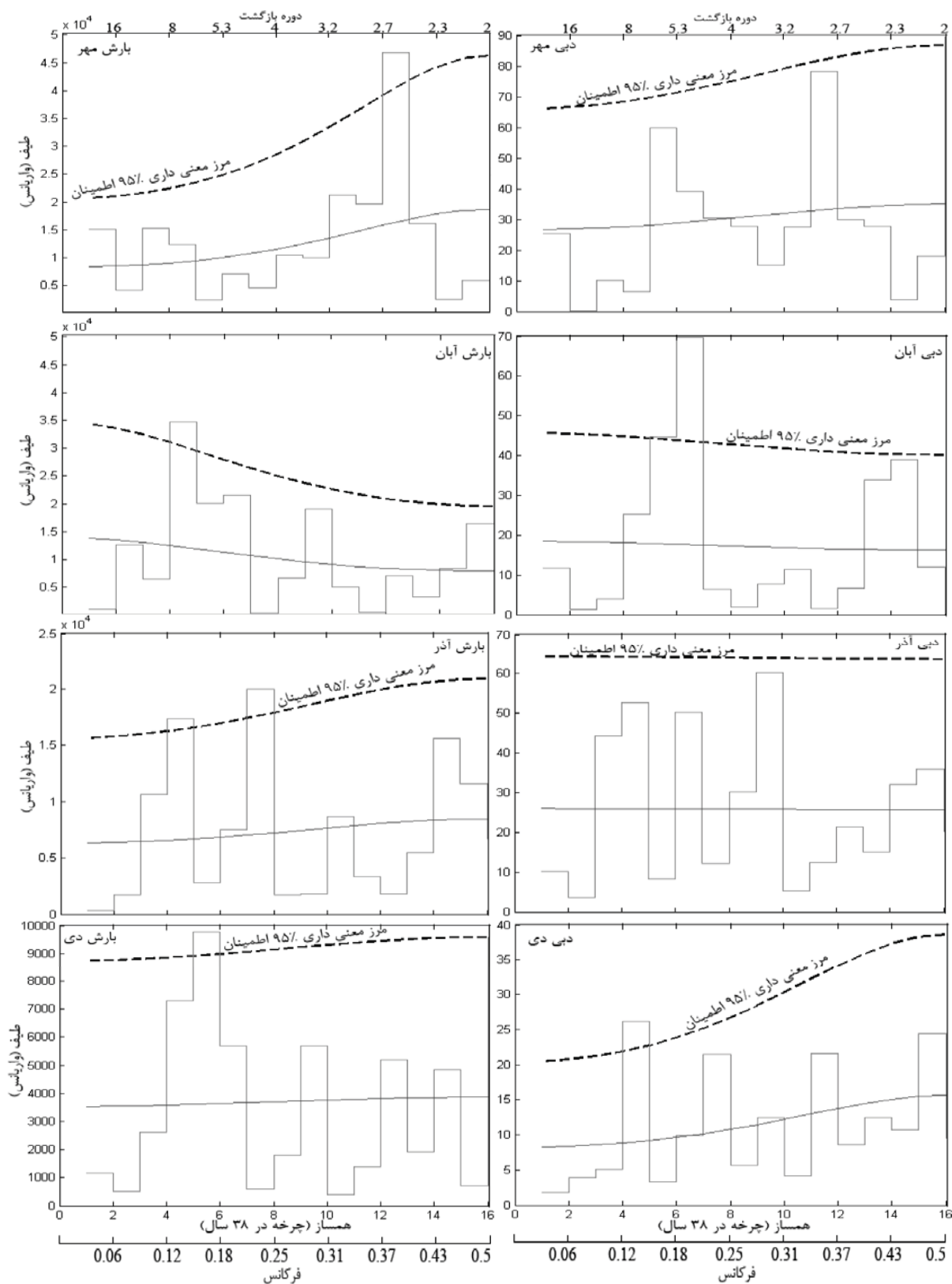
تحلیل طیفی دبی و بارش ماهانه

به منظور تحلیل طیفی بارش ماهانه در ابتدا، خود همبستگی مرتبه اول ماه‌ها مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاکی از پذیرش فرض صفر (نوفه سفید) در سری زمانی بارش ماه‌های دی، اسفند، تیر و خرداد، و در سری زمانی دبی ماه‌های فروردین، اردیبهشت، آبان و آذر است. در سایر ماه‌ها خلاف این امر رخ داده است. به این دلیل در ماه‌هایی که این وضعیت رخ داده است، صفر پیوسته مربوط به طیف از حالت مستقیم خارج شده و به صورت نزولی یا توانی در می‌آید. بدین ترتیب با اعمال تکنیک تحلیل طیفی بر روی مشاهدات بارش و دبی هر ماه و ارائه نتایج آن در شکل ۳ تا ۵ و جدول ۱ برخی واقعیت‌ها را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

همسازهای ۱۲ و ۱۶ در سری زمانی بارش و دبی ماه مهر معنی‌دار است. بدین ترتیب وجود چرخه‌هایی با بسامدهای ۰/۳۸ و ۰/۵ گویای دوره‌های بازگشت کوتاه مدت ۲-۳ سال در بارش و دبی



شکل ۲- دوره نگار سری زمانی دبی و بارش سالانه در سطح ۹۵ درصد اطمینان



شکل ۳- دوره نگار سری زمانی دبی و بارش ماهانه ایستگاه گرگان رود

دوره بازگشت ۳۲ سال و بسامد $0/03$ ، بارش ماه شهریور معنی دار و حاکی از وجود یک چرخه غیر سینوسی (روند) در سری زمانی بارش ماه شهریور است. همچنین همساز با ۶ دوره بازگشت ۵ ساله در سری زمانی دبی با 90 درصد اطمینان این ماه، معنی دار است.

جدول ۱- همسازهای معنی دار، بسامدها و دوره های بازگشت متناظر بارش- دبی در ایستگاه ماشین خانه

بارش	دبی		
۷	۷	همساز معنی دار	
۰/۲۱	۰/۲۱	بسامد معنی دار	سالیانه
۴/۶	۴/۶	دوره بازگشت (سال)	
۱۲	۱۶	همساز معنی دار	
۰/۳۷	۰/۵	بسامد معنی دار	مهر
۲/۷	۲	دوره بازگشت (سال)	
۴	۵-۶	همساز معنی دار	
۰/۱۲	۰/۱۵-۰/۱۸	بسامد معنی دار	آبان
۸	۶/۴-۵/۳	دوره بازگشت (سال)	
۴-۷	-	همساز معنی دار	
۰/۱۲-۰/۲۱	-	بسامد معنی دار	آذر
۸-۴/۶	-	دوره بازگشت (سال)	
۵	۴	همساز معنی دار	
۰/۱۵	۰/۱۲	بسامد معنی دار	دی
۶/۴	۸	دوره بازگشت (سال)	
-	۱۱-۱۶	همساز معنی دار	
-	۰/۱۸-۰/۳۴	بسامد معنی دار	بهمن
-	۲/۹-۲	دوره بازگشت (سال)	
۲-۶	-	همساز معنی دار	
۰/۰۶-۰/۱۸	-	بسامد معنی دار	اسفند
۱۶-۵/۳	-	دوره بازگشت (سال)	
۲-۷-۱۵	۹	همساز معنی دار	
۰/۰۶-۰/۲۱-۰/۴۶	۰/۲۸	بسامد معنی دار	فروردین
۱۶-۴/۶-۲/۱	۳/۶	دوره بازگشت (سال)	
-	-	همساز معنی دار	
-	-	بسامد معنی دار	اردیبهشت
-	-	دوره بازگشت (سال)	
۴-۸-۱۳	۳-۶	همساز معنی دار	
۰/۱۲-۰/۲۵-۰/۴۰	۰/۰۹-۰/۱۸	بسامد معنی دار	خرداد
۸-۴-۲/۵	۱۰/۷-۵/۳	دوره بازگشت (سال)	
۶-۱۱	۳-۶	همساز معنی دار	
۰/۱۸-۰/۳۴	۰/۰۹-۰/۱۸	بسامد معنی دار	تیر
۵/۳-۲/۹	۱۰/۷-۵/۳	دوره بازگشت (سال)	
-	۳	همساز معنی دار	
-	۰/۰۹	بسامد معنی دار	مرداد
-	۱۰/۷	دوره بازگشت (سال)	
-	-	همساز معنی دار	
-	-	بسامد معنی دار	شهریور
-	-	دوره بازگشت (سال)	

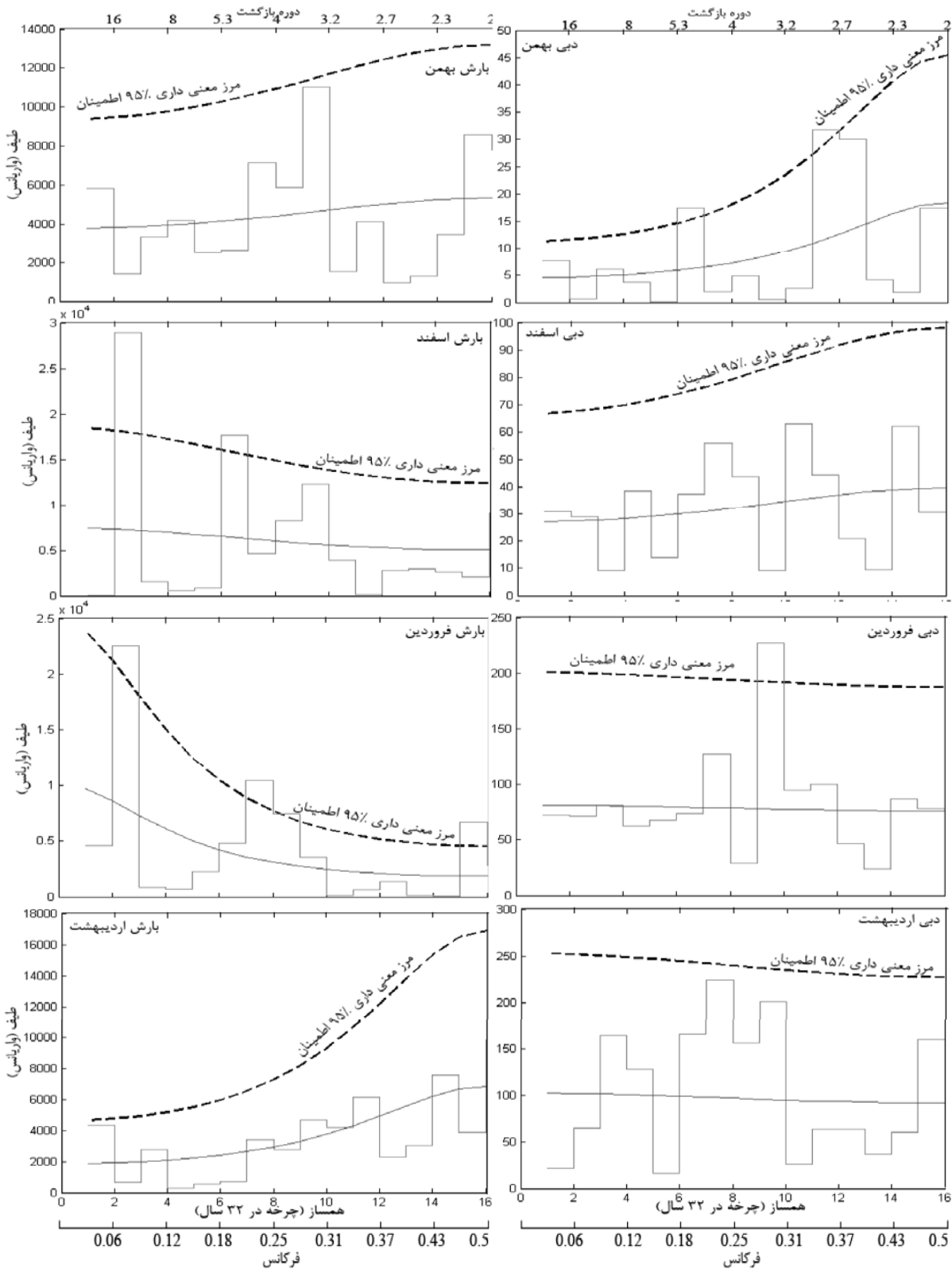
بنابراین دوره بازگشت ۸ و $6/4$ ساله در سطح 95 درصد اطمینان به ترتیب در دبی و بارش ایستگاه ماشین خانه وجود دارد. دوره نگار این ماه گویای افت و خیزهای فراوان در هر دو سری زمانی است. همسازهای اولیه کمترین پراش را همان طور که در شکل مشخص است در هر دو سری زمانی دارند که گویای ثابت بودن روند در سری زمانی است.

شکل ۴ طیف را برای سری های زمانی بارش ماههای بهمن تا اردیبهشت نشان می دهد. بر اساس این شکل، بارش بهمن، طیفهای متنوعی از چرخه های قابل مشاهده است، اما هیچ یک از این چرخه ها در سطح 95 درصد اطمینان به لحاظ آماری معنی داری نیست. اما همساز ۱۱ و ۱۶ (بسامد $0/18$ و $0/34$ یعنی دوره های ۲ تا ۳ ساله) سری زمانی دبی این ماه در سطح 95 درصد اطمینان معنی دار است. چرخه های سینوسی $5/3$ ساله (همساز معنی دار ۶) و 16 ساله (همساز دوم) در بارش ماه اسفند، در سطح 95 درصد اطمینان حاوی معنی آماری است. ولی این ماه در سطح 95 درصد اطمینان فاقد چرخه های سینوسی معنی داری است. نتایج اعمال روش تحلیل طیفی را بر روی سری زمانی دبی و بارش ماه فروردین در سطح 95 درصد اطمینان چرخه سینوسی $3/6$ ساله (همساز ۹) و چرخه سینوسی $2/1$ ، $4/6$ و 16 ساله (همساز $15-15$ ، 7 و 2) محرز می سازد. دامنه افزون تر پراش همساز دوم در سری زمانی بارش و نیز همساز نهم در سری زمانی دبی نسبت به سایر همسازها قابل رؤیت است. چرخه های دبی و بارش ماه اردیبهشت در سطح 95 درصد اطمینان فاقد معنی آماری و گویای یکنواختی در طیف های سری بارش است.

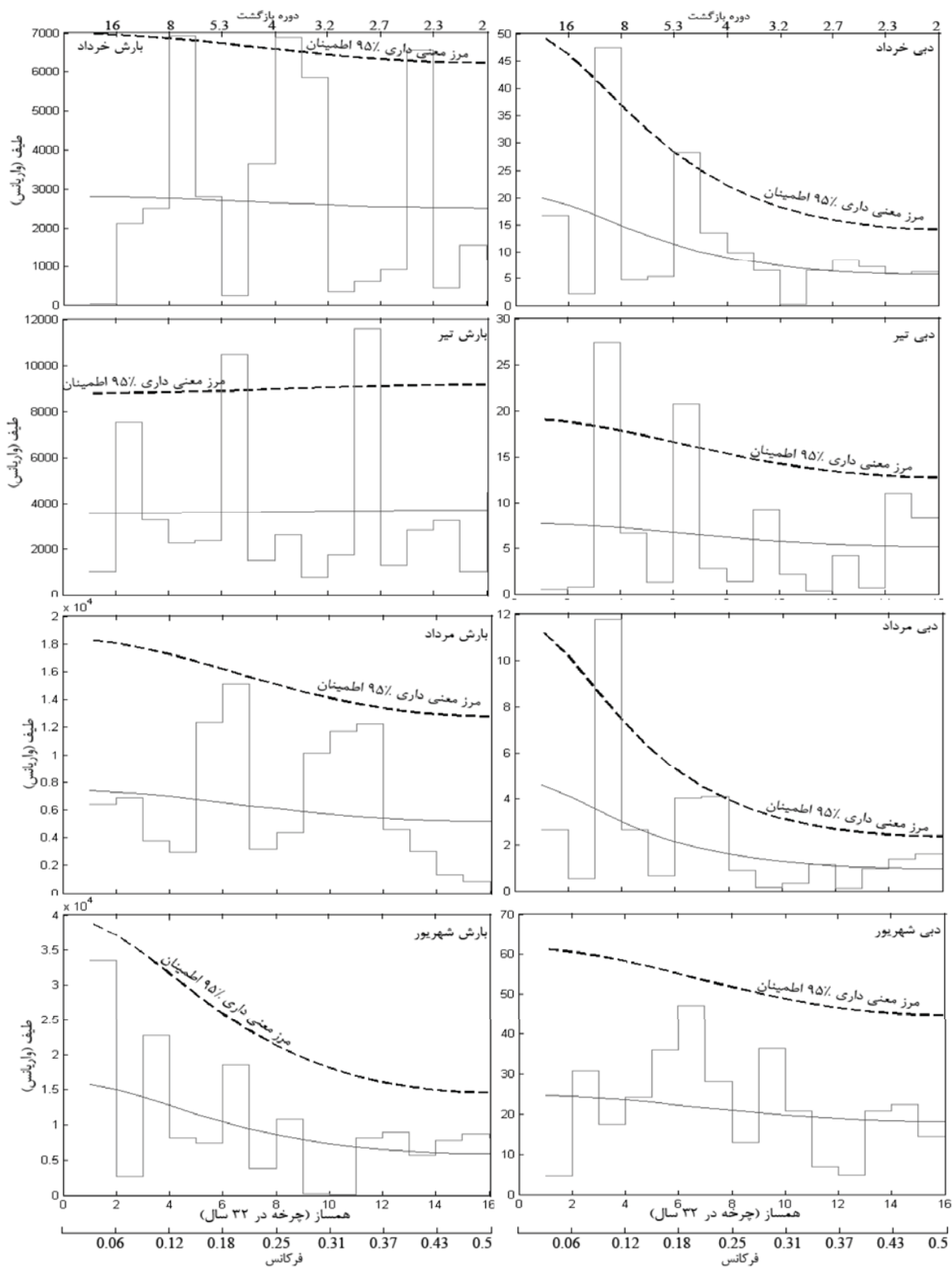
شکل ۵ نتایج ترسیم حاصل از تحلیل طیفی بر بارش و دبی ماه های خرداد تا شهریور را نشان می دهد. می بینید که عدول همساز ۳ و ۶ در سری زمانی دبی و همساز 13 ، 8 و 4 در سری زمانی بارش، از فاصله 95 درصد اطمینان، حاکی از وجود چرخه های سینوسی معنی دار $3/5$ و $10/7$ ساله در دبی و چرخه های سینوسی معنی دار $2/5$ ، 4 و 8 ساله در بارش ماه خرداد است. همساز ۶ (چرخه سینوسی $5/3$ ساله و بسامد $22-0/18$) در ماه تیر، در هر دو سری زمانی در سطح 95 درصد اطمینان استخراج شد. بعلاوه چرخه سینوسی $10/7$ ساله در دبی و $2/9$ ساله در بارش معنی دار است.

به عبارت دیگر رویدادهای بارشی هر ۲ تا ۳ سال و هر ۵ سال یکبار تکرار می شوند و چرخه های سینوسی دبی هر ۱۰ تا ۱۱ سال و هر ۵ سال دوره بازگشت دارند. دیده می شود که در بارش ماه مرداد و در سطح 95 درصد اطمینان هیچ چرخه ای معنی داری نیست. اما در دبی این ماه همساز سوم بسامدهای تقریبی 10 تا 11 سال (چرخه $10/7$ ساله یعنی بسامد $0/09$) را نشان می دهد.

در سری زمانی بارش و دبی ماه شهریور در سطح 95 درصد اطمینان چرخه معنی داری آشکار نشد. با این وصف همساز اول دبی بیشترین پراش را نشان می دهد. با 90 درصد اطمینان، همساز اول با



شکل ۴- دوره نگار سری زمانی دبی و بارش ماهانه ایستگاه گرکان رود



شکل ۵- دوره نگار سری زمانی دبی و بارش ماهانه ایستگاه گرکان رود

نتیجه‌گیری

هر دو سری زمانی معنی‌دار است. چرخه ۱۶ ساله نیز در بارش و چرخه ۱۰/۷ ساله در دبی در سطح ۹۵ درصد اطمینان قابل مشاهده است. نتایج گویای عدم وجود چرخه غیر سینوسی (روند) در سری‌های مورد بررسی در سطح ۹۵ درصد اطمینان است. بر طبق مطالعات سایر محققین نظیر دیکسون و همکاران (۱۰) و کاموی و هالم (۹) می‌توان ادعا داشت که شرایط فصلی، ویژگی‌های خاک و ژئومورفولوژی حوضه آبریز تعیین کننده مقدار بارش باقیمانده‌ای است که موجب تولید میزان دبی (رواناب) می‌شود. بنابراین عدم وجود چرخه‌های یکسان در سری‌های بارش و دبی را می‌توان ناشی از عوامل شرایط فصلی و ژئومورفولوژیکی حوضه دانست. با توجه به نتایج بررسی محققین و اندیشمندان در سایر نقاط جهان، چرخه‌های مشابهی در عناصر اقلیمی مشاهده شده است، که آن‌ها را به نوسانات دوسالانه، ال نینو و انسو نسبت داده‌اند. بنابراین به نظر می‌رسد نوسانات ذکر شده از جمله ENSO، NAO، QBO با چرخه‌های استخراج شده در سری‌های زمانی بارش و دبی در دو مقیاس زمانی در ارتباط باشد. مطالعه نوسانات ذکر شده و ارتباط آن‌ها با عناصر اقلیمی منطقه مورد مطالعه از طریق بررسی اثرات پیوند از دور پیشنهاد می‌شود.

روش تحلیل طیفی به جهت استخراج افت و خیزها، نوسانات و موج‌های نهفته و آشکار هر سری در مقیاس زمانی، از اهمیت علمی و عملی زیادی برخوردار است. موج‌ها و چرخه‌های موجود در سری‌های زمانی بارش و دبی ایستگاه ماشین خانه در پژوهش حاضر با استفاده از این رویه سودمند، استخراج گردید. نتایج حاکی از وجود چرخه‌های سینوسی معنی‌دار در مقیاس‌های زمانی ماهانه، سالانه است. سری زمانی بارش و دبی سالانه در سطح ۹۵ درصد اطمینان چرخه سینوسی ۴/۶ ساله دارد. نتایج حاصل از اعمال تحلیل طیفی بر روی داده‌های ماهانه دبی و بارش حاکی از وجود چرخه‌های معنی‌دار در تمام ماه‌های مورد مطالعه به استثنای اردیبهشت و شهریور است. هیچ چرخه معنی‌داری در دبی و بارش ماه‌های اردیبهشت و شهریور هم‌چنین دبی آذر و اسفند و بارش بهمن و مرداد در سطح ۹۵ درصد آشکار نشد. بنابراین سری‌های یاد شده حاوی رفتار یکنواخت و فاقد افت و خیزهای نهفته یا آشکار می‌باشند. چرخه‌های سینوسی معنی‌دار ۲-۴ ساله و ۳/۵-۴ بیش‌ترین تکرار را در چرخه‌های ماهانه، در دبی و بارش در ماه‌های مختلف دارد. هم‌چنین چرخه ۴/۶ و ۸ ساله نیز در

منابع

- ۱- خوش رفتار ر. ۱۳۷۳. گزارش ژئومورفولوژی حوضه آبریز گرکانرود تالش. جهاد سازندگی استان گیلان.
- ۲- رضانی پور م.، روشنی م. و ستوده ف. ۱۳۸۹. تحلیلی بر تغییر، روند و چرخه‌های بارش و دبی در غرب استان گیلان (مطالعه موردی: حوضه ناورد)، مجله چشم انداز جغرافیایی. ۱۳: ۹۰-۷۳.
- ۳- عساکره ح. ۱۳۸۸. تحلیل طیفی سری‌های زمانی دمای سالانه تبریز. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی. ۹۴: ۵۰-۳۳.
- ۴- عساکره ح. ۱۳۸۹. تحلیل چرخه‌های میانگین دمای سالانه شهر زنجان. مجله جغرافیا و توسعه. ۱۹: ۲۴-۱۱.
- ۵- غیور ح و عساکره ح. ۱۳۸۴. کاربرد مدل‌های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده‌نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد. فصل نامه تحقیقات جغرافیایی. ۷۷: ۹۹-۸۴.
- 6- Andreo B., Jimenez P., Duran J. J., Carrasco I. and Mangin A. 2006. Climatic and hydrological variations during the last 117–166 years in the south of the Iberian Peninsula, from spectral and correlation analyses and continuous wavelet analyses. *Journal of Hydrology*, 324: 24–39.
- 7- Azad S., Vigneshb T. S., and Narasimhaa R. 2009. Periodicities in Indian monsoon rainfall over spectrally homogeneous regions. *International Journal of Climatology*. DOI: 10.1002/joc.2045.
- 8- Becker S., Hartmann H., Coulibaly M., Zhang Q. and Jiang T. 2008. Quasi periodicities of extreme precipitation events in the Yangtze River basin, China. *Theor. Appl. Climatol.* 94: 139–152.
- 9- Garcia J.A., Serrano A. Cruz C. and De la M. 2002. A Spectrum Analysis of Iberian Peninsula Monthlr Rainfall, *Theor. Appel. Climatol.* 71: 77- 95.
- 10- Conway D. and Hulme M. 2005. Recent fluctuations in precipitation and runoff over the Nile sub-basins and their impact on main Nile discharge. *Journal of Climate Change*. 25: 127-151.
- 11- Dixon H., Lawler D. M. and Shamseldin A.Y. 2006. Stream flow trends in western britain», *Geophysical Research Letters*. 1 33: 1.
- 12- Hartmann H., Becker S and King S. 2008. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series. *Theor. Appl. Climatol.* 92: 155–163.
- 13- Hasanean H. M. 2001. Fluctuations of surface air temperature in the Eastern Mediterranean. *Theor. Appl. Climatol.* 68: 75-87.
- 14- Huang Y., Schmitt S., François G., Lu, Zhiming and Liu, Yulu. 2009. Analysis of daily river flow fluctuations using empirical mode decomposition and arbitrary order Hilbert spectral analysis. *Journal of Hydrology*. 373: 103–111.

- 15- Kane R. P. and Teixeira N. R. 1991. Power spectrum analysis of the annual rainfall series for Massachusetts (NE. U.S.A). *Climatic Change*. 18: 89- 94.
- 16- Lana M. D., Martq'nez, C., Serra S, 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. *Theor. Appl. Climatol.* 82: 183–198.
- 17- Landsberg H.E., Mitchell JR.J.M. and Crutcher H. I. 1959. Power spectrum analysis of climatological data for Woodstock College, Maryland. *Monthly Wather Review*. 87: 283-298.
- 18- Lamb H. 1972. *Climate: present, past and future. fundamentals and Climate Now*. Methuen: London; 240–250.
- 19- Oduro-Afriyie K. and Adukpo D.C. 2006. Spectral characteristics of the annual mean rainfall series in Ghana. *Periodicities and Prediction* 9: 1-9.
- 20- Marques C.A.F, Ferreira J.A., Rocha A., Castanheira J.M., Melo-Gonc P., Alves N. and Dias, J.M. 2006. Singular spectrum analysis and forecasting of hydrological time series. *Physics and Chemistry of the Earth* 31: 1172–1179.
- 21- Rajagopalan B. and Lall, U. b, 1998, Interannual variability in western US precipitation. *Journal of Hydrology*. 210: 51–67.
- 22- Roshani M., Ramazanipour M., Sotoudeh F. and Ghomi Aveily J. 2012. The Analysis of Trend and Cycle Between Rainfall and Discharge in Ghaleroudkhan Basin. *World Applied Sciences Journal* 16 (2): 244-249.
- 23- Selvam A.N., Joshni R.R. and Vijayakumar R. 1994. Signatures of a universal spectrum for atmospheric interannual variability in COADS temperature time series. *IITM Research Report*. Vol 060.
- 24- Tasic I. and Unkasevic M. 2006. Seasonal and annual precipitation series in Belgrade, *Geophysical Research*. 8: 00383.
- 25- Torrence C and Webster P. J. 1999. Interdecadal changes in the ENSO–monsoon system. *Journal of Climate*. 12: 2679-2690.
- 26- Tourre Y. M., Rajagopalan B. and Kushnir Y. 1999. Dominant Patterns of Climate Variability in the Atlantic Ocean Region During the Last 136 Years. *Journal of Climate*. 12: 2285-2299.
- 27- Xue Z. Liu P. J. and Qian G. 2011. Changes in hydrology and sediment delivery of the Mekong River in the last 50 years: connection to damming, monsoon, and ENSO. *Earth Surf. Process. Landforms* 36: 296–308.
- 28- Ware D.M. and Thomson R. E. 2000. Interannual to Multidecadal Timescale Climate Variations in the Northeast Pacific. *Journal of Climatology*. 13: 3209-3220.

Cycles Analysis of Time Discharge and Rainfall Series of Mashinekhaneh Station (Garakanrood of Talesh Catchment)

H. Asakereh*¹ -R. Khoshraftar² - F. Sotudeh³

Received: 15-11-2011

Accepted :05-08-2012

Abstract

Rainfall and debit of rivers are two tempo-spatial non-linear and changeable factors. One way to study and analysis these parameters is investigate appearance and latent oscillations. Spectral Analysis is a useful technique to reveal these oscillations in time series. In this paper it has been attempted to detect cycles in rainfall and debit time series at Mashinkhaneh station in Talesh (Garakanrood) catchment's during Mehr 1354 to Shahrivar 1386 in the three time scales (annual, seasonal and monthly). Accordingly, the discharge and precipitation data at Mashinkhaneh station in Talesh (Garakanrood) catchment from Mehr 1354 to Shahrivar 1386 have been used. The results of applying the spectral analysis procedures to discharge and rainfall time series in each three category of time scales, suggested the absence of significant non-sinusoidal (trend) in the 95% confidence level. However, significantly sinusoidal cycles various in the two time series were extracted. The 2-4 year cycle, and 4-5.3 years have the most occurrences in the both time series. In the annual scale, 6.4 years cycle, 2-5.3 years, 7.7 years seasonal and 2-4, 4- 5.3, 6.4, 8, 10.7 and 16 year in the monthly scale cycles has been extracted. Studies carried out by many researchers indicate that the mentioned cycles are in relation with oscillation periods of ENSO, NAO and QBO in other parts of the world.

Keywords: Precipitation, Discharge, Trend, Sinusoidal Cycle, Spectrum Analysis, Garakanrood of Talesh

1,2,3- Associate Professor, Assistant Professor and MSc Graduated, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, University of Zanjan, Respectively
(*-Corresponding Author Email:asakereh@znu.ac.ir)