نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال پانزدهم، شماره ۳۷، تابستان ۹۴

تحلیل روند و چرخه های سری زمانی بارش سالانه حوضه های آبریز حله و مند

دریافت مقاله:۹۳/۱۰/۱ پذیرش نهایی: ۹۴/۵/۷

صفحات:۲۷۲-۲۴۵

محمد سلیقه: دانشیار اقلیم شناسی، گروه آب وهواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email: saligheh@khu.ac.ir

حسین عساکره: دانشیار اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، ایران
Email:asakereh@znu.ac

محمدحسین ناصرزاده: استادیار اقلیم شناسی، گروه آب وهواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:nasserzadeh2100@yahoo.com

یدالله بلیانی: دانشجوی دکتری اقلیم شناسی،گروه آب وهواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی،تهران، ایران[۱]
Email:ybalyani۵۲@ yahoo.com

چکیده

بارش از سرکش ترین عناصر اقلیمی به شمار می رود. بنابراین شناخت رفتار نوسانی آن از ضروریات برنامه ریزی محیطی (آگاهی از رفتار آشکار و نهان)، این متغیر کلیدی می باشد. الگوسازی روند و تکنیک تحلیل طیفی یکی از روش های مناسب جهت درک رفتار آشکار و نهان، برای استخراج و تحلیل نوسان های اقلیمی با طول موج های مختلف است.دراین راستا تکنیک تحلیل طیف اندازه ای از توزیع واریانس را در امتداد تمامی طول موج های ممکن سری زمانی به دست می دهد. در این پژوهش از آمار ۳۷ ایستگاه حوضه های آبریز مند و حله(اعم از باران سنجی و سینوپتیک) از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۱ میلای که حداقل ۳۰ سال آمار داشتند، جهت بررسی و تحلیل چرخه های بارش سالانه بهره گرفته شده است. براین اساس، ابتدا الگوسازی در خانوداه چند جمله ایها برای شناسایی روند بارش سالانه(الگوی خطی یا سهمی) ایستگاهها در منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت.در ادامه نیز با استفاده از تکنیک تحلیل طیفی دوره نگارهای بارش سالانه با فاصله اطمینان ۹۵ درصد برای هر یک از ایستگاههای منطقه مورد مطالعه برآورد و چرخه های معنی دار در طول سری های زمانی بارش حوضه استخراج گردید. بر پایه یافته های این پژوهش مشخص شد که درتمامی ایستگاههای حوضه، بارش سالانه دارای روند کاهشی می باشند، و در این میان ۱۱ ایستگاه با توجه به معنی داری آماری از

---

[۱]. **نویسنده مسئول:**تهران-خیابان شهید مفتح-دانشگاه خوارزمی-دانشکده علوم جغرافیایی-گروه آب و هواشناسی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

الگوی روند خطی و سهمی تبعیت می نمایند، و حاکی از یک رفتار کاهشی در بارش سالانه ایستگاههای مورد مطالعه است. در ادامه نیز مشخص شد که با استفاد ه از تکنیک تحلیل طیفی چرخه های ۳-۲ ساله ، ۱۰- ۳ ساله و گاها چرخه های با دوره بازگشت ۱۰ ساله و بالاتر بر بارش حوضه حاکم می باشد. بطوری که میزان چرخه های ۳-۲ ساله بصورت فضایی نیز در تمامی منطقه مورد مطلعه دارای بیشترین رخداد بازگشت بارش سالانه می باشند.

کلیدواژگان: الگو سازی روند، تحلیل طیفی ، بارش سالانه، شمال خلیج فارس، حوضه های آبریز حله و مند

مقدمه

واقعیت تغییر اقلیم، به دلیل اهمیت و تاثیر آن بر شرایط محیطی، اقتصادی و اجتماعی، و همچنین نقش اقلیم در برنامه ریزی های خرد و کلان، دربازه های زمانی طولانی(روند)، و کوتاه مدت (فازها و چرخه ها)، از موضوعات جالب توجه محافل علمی طی چند دهه اخیر بوده و تحقیقات گسترده ای در مقیاس جهانی، ناحیه ای و محلی را به خود اختصاص داده است. در مجموع باید گفت پدیده تغییراقلیم در آینده نه چندان دور، بر بسیاری از جنبه های زندگی بشر تاثیر خواهد گذاشت. تغییرپذیری سالانه و فصلی بارش (رژیم بارندگی) از یک طرف به دلیل اهمیت آن در فعالیتهای انسانی نظیر کشاورزی ومدیریت منابع آب، واز طرف دیگر به دلیل تاثیرات محیطی، در سالهای اخیر مورد توجه دانشمندان بسیاری در جهان و ایران قرار گرفته است(رزمی،۱۳۹۰). در این راستا می توان مطالعات انجام شده را به دو دسته کلی تقسیم نمود. یک دسته مطالعاتی که تغییرات کلی بارش و تغییرات میانگین بارش را مد نظر قرار داده اند و برخی دیگر به تغییرات سالانه- درون سالانه پرداخته اند. برای مثال و به منظور رعایت ایجاز برخی مطالعات گروه اول را می توان به شرح زیر یاد نمود:

هندرسن[1](۲۰۰۰)روند بارش پاییزی شمال شرق آمریکا را طی دوره ۱۹۹۹-۱۹۹۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و نشان داد که بارش این ناحیه روندی افزایشی حدود ۴۵-۲۵ درصدداشته است. این تغییرات به ویژه در فصل پاییز قابل توجه است. چانگ و یون[2](۲۰۰۰) روند دما و بارندگی را در کشورکره جنوبی بررسی کردند. آنها طی ۹۲ سال (۱۹۹۷-۱۹۰۶)

[1].Henderson
[2].Chung and Yun

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

روند افزایشی به میزان ۱۸۲ میلی متر در بارش سالانه، مشاهده کردند. همچنین بیشتر مطالعات صورت گرفته در جهان بخصوص ایران مربوط به تغییرات روند بارش می باشد، و اخیراً مطالعات مربوط به نوسانات بارش نیز رو به گسترش است. مطالعاتی که الگوهای نوسانی بارش را بر اساس روش های مختلف تابع خود همبستگی، تحلیل همسازها، تحلیل طیفی و ... مورد بررسی قرار داده اند، گروه دوم مطالعات را در بر می گیرند. این مطالعات به لحاظ تعداد نیز در رتبه دوم قرار داشته و عمدتاً در کشور ما به این نوع الگوها توجهی نشده است. یکی از مهم ترین روش های برآورد الگوهای نوسانی، تکنیک تحلیل طیفی است. تحلیل طیفی به روش های برآورد تابع چگالی طیفی یا طیف یک سری زمانی گفته می شود. این روش بیش تر با برآورد کردن طیف روی تمام دامنه بسامدها سروکار دارد (عساکره و رزمی، ۱۳۹۱). تحلیل طیف توان[3] ،که از آن با نام تحلیل طیفی یاد می‌شود، ابزاری مفید برای جستجو و ارزیابی خواص فرکانس متغیرهای پیوسته و گسسته‌ی ایستا و ناایستای سری‌های زمانی اقلیمی است (Robeson,1997:28). استنباط بر مبنای تحلیل طیفی و تابع چگالی احتمال آن را، تحلیل در قلمرو فرکانس (رفتار سینوسی در فرکانس‌های مختلف) گویند. در تحلیل طیف، تصادفی نبودن نوسان‌ها در سری زمانی آزمون می‌شود. در این رویه، برخلاف تصور و برخلاف روش‌های معمول، سری زمانی تنها حاوی نوسان‌های محدود و با طول موج‌های گسسته در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه می‌توان آن‌ها را طول موج‌های نامتناهی و در بازه پیوسته‌ای نیز متصور شد (Chatfield, 1975: 133). تحلیل طیفی، یک روش تعمیم یافته‌ای از تحلیل همساز[4] ها است که اولین بار به وسیله وینر[5] (۱۹۳۰ و ۱۹۴۹) ارائه شد. توکی[6] (۱۹۵۰) ، به توسعه این روش پرداخته. کاربرد این روش در مطالعات اقلیمی برای اولین بار به وسیله میچل و همکاران[7] (۱۹۶۶) پیشنهاد شد و پس از آن در سطح وسیعی به وسیله اندیشمندان زیادی، نظیر استوکر و میساک[8](۱۹۹۲،۲۵۰-۲۲۷) و مدن و جونس[9] (۲۰۰۱، ۳۹۹۷-۳۹۹۳) به کار گرفته شد. با این وصف، روش تحلیل طیفی در کشور ما کمتر در معرض مورد توجه بوده است. تنها تحلیل اقلیمی در حوزه فرکانس به وسیله غیور و عساکره (۱۳۸۴، ۸۳-۹۹) انجام شده است. تحلیل

[3]. Power Spectrum Analysis
[4]. Harmonic
[5] . Wiener
[6] . Tukey
[7]. Mitchel et al
[8]. Stocker and Mysak
[9].Madden and Jones

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

طیفی به طور وسیعی در رشته های مختلف بخصوص در علوم طبیعی از جمله اقلیم شناسی (کریستینا[10] و همکاران، ۱۹۸۹؛ آزاد[11] و همکاران، ۲۰۰۹؛ عساکره، ۱۳۸۸؛ تقوی و همکاران، ۱۳۹۰؛ عساکره و رزمی، ۱۳۹۱)، هیدرولوژی (یان جو و لی[12]، ۲۰۱۰)، ژئومورفولوژی (هگ[13]، ۱۹۹۶)، هواشناسی (اسپانگنبرگ و بردمایر[14]، ۱۹۹۹) و اقیانوس شناسی (کرکیلا و حمید[15]، ۱۹۸۹؛ چاندلر[16]، ۱۹۹۷؛ آریگو و همکاران[17] ، ۲۰۰۱) به کار گرفته شده است. از این رو دانشمندان زیادی همچون ارله و همکاران[18] (۱۹۹۹)، گیل و همکاران[19] (۲۰۰۱)، اولسن و همکاران [20] (۲۰۰۸) سعی در معرفی روش های مختلف این تکنیک داشته اند. مطالعاتی که در زمینه اقلیم شناسی از این تکنیک استفاده کرده اند بیشتر مربوط به عنصر بارش بوده است. بطور مثال لانا و بورگنو[21] (۲۰۰۰) الگوی آنومالی بارشی بارسلونا را با استفاده از تحلیل طیفی تعیین کردند و مشخص شد که الگوهای آنومالی بارشی در مقیاس فصلی به خوبی قابل مشاهده است. تقوی و همکاران (۱۳۹۰) الگوی رفتار مقادیر فرین بارش و دما را در ایران با استفاده از تحلیل طیفی مورد مطالعه و بررسی قرار دادند و مشخصات طیفی آماره های اقلیمی از قبیل دامنه و بسامد را محاسبه نموده و سپس با استفاده از تحلیل خوشه ای ایران را منطقه بندی نمودند. آنها در این مطالعه به این نتیجه رسیدند که مشخصات فرین دما و بارش در ایران متنوع بوده و اذعان نمودند که لزوماً یک سامانه اقلیمی خاص بر مناطق هم رفتار حاکم نیست. از طرف دیگر عساکره و رزمی (۱۳۹۱) که تغییرات میانگین بارش سالانه را در منطقه شمال غرب ایران مورد مطالعه قرار دادند وجود چرخه معنی دار در بارش سالانه شمال غرب ایران را به تاثیر عوامل کلان مقیاس اقلیمی – اقیانوسی نسبت دادند. نامبردگان بطور مثال چرخه های ۳-۲ ساله را به تغییرات دوسالانه[22] (QBO) الگوی بزرگ مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری و چرخه های ۵- ۳ ساله را به پدیده انسو نسبت دادند. لیوادا و همکاران

[10]. Kristina
[11]. Azad and et al
[12]. YanJu and Lee
[13]. Henne
[14]. Spangenber and Bredemeier
[15]. Kirkyla and Hameed
[16]. Chandler
[17]. Aririgo et al.
[18]. Earleand et a l
[19]. Ghil and et al
[20]. Olsen et al
[21]. Lana and Burgueno
[22]. Quasi Binomial Oscillation (QBO)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

[23] (۲۰۰۸) نیز به نتیجه مشابهی رسیده و وجود چرخه های ۵- ۳ ساله را در بارش یونان آشکار ساختند. همچنین عساکره (۱۳۸۸) دمای سالانه شهر تبریز را در طول دوره آماری ۲۰۰۵–۱۹۵۱و با استفاده از تحلیل طیفی مطالعه نمود. برپایه یافته های حاصل از مطالعه ایشان، چرخه های ۲-۲.۶ ساله و ۴.۵ – ۵ ساله و نیز یک چرخه غیر سینوسی (روند) در سری زمانی دمای سالانه شهر تبریز مشاهده گردید. علیجانی و همکاران(۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل طیفی سری های زمانی بارش سالانه ایران پرداخته اند. نتایج کار آنها نشان داد که چرخه های معنی دار ۳- ۲ ساله، ۵- ۳ساله، ۶- ۲ ساله و گاهاً ۱۱ ساله و بالاتر بر بارش ایران حاکم است. بر اساس نتایج آنها مشخص شده است که در شرق و جنوب شرق ایران بیشتر چرخه های ۵- ۳ ساله و در غرب، جنوب غرب و شمال غرب کشور چرخه های ۳- ۲ ساله و در شمال شرق چرخه های ۶- ۲ ساله غالب هستند.

با توجه به مباحث فوق هدف از این تحقیق شناخت بیشتر الگوی نوسانی حاکم بر بارش حوضه های آبریز مند و حله می باشد، لذا در این مطالعه بارش سالانه ایستگاه های باران سنجی و سینوپتیک حوضه های مزبور درمعرض الگوسازی روند در خانواده چند جمله ایها(الگوی خطی و سهمی) و تکنیک تحلیل طیفی قرار گرفته و چرخه های نهان و آشکار حاکم بر بارش این ایستگاهها استخراج خواهندشد.

داده ها و روش‌کار

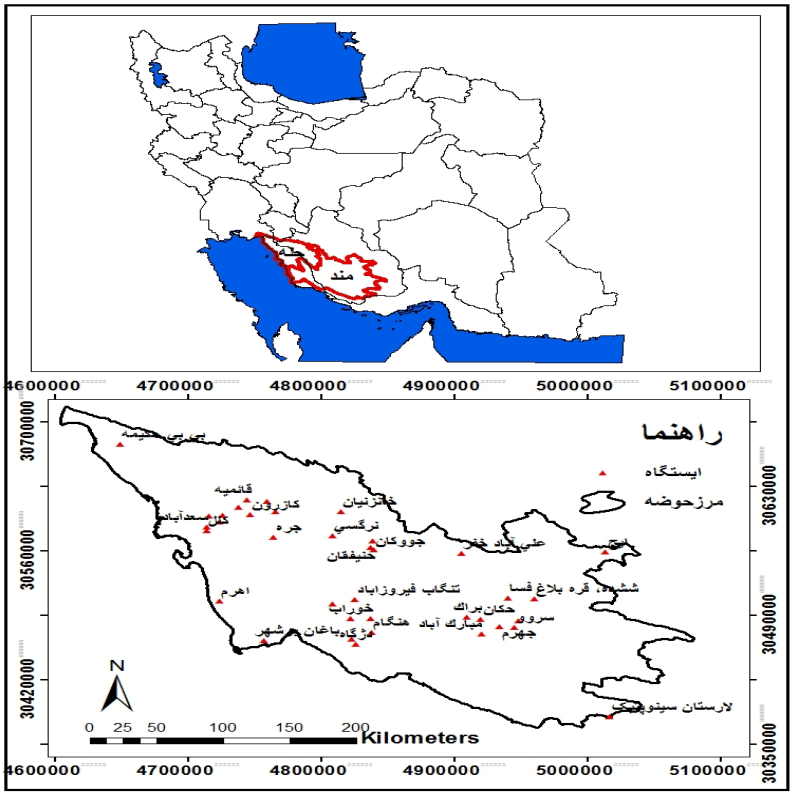
در این تحقیق به منظور استخراج و تحلیل چرخه های بارش سالانه از آمار بارش سالانه ۳۷ ایستگاه باران سنجی و سینوپتیک حوضه های آبریز حله و مند که دارای آمار بیش از ۳۰ سال از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۱ بودند، استفاده گردید. حوضه های آبریز حله و مند بطور مشترک و با توجه به همجواری آنها بعنوان حوضه های آبریز منطقه شمالی خلیج فارس که در بخش جنوب و جنوب غرب کشور واقع می باشند، برای این تحقیق مد نظر قرار گرفته شده اند. حوضه آبریز حله بین مختصات جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۰ درجه طول شرقی و۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۱۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و مساحت آن۲۱۲۷۴ کلیومتر مربع می باشد. حدود ۶۲ درصد از این حوضه را ناحیه کوهستانی و ۳۸درصد آن را دشتها تشکیل می دهند و ازسه زیر حوضه تشکیل می شوند که عبارتند از ۱- غرب حله ۲- حله رود ۳- مسیل های شرق حله. همچنین حوضه آبریز مند نیز در جنوب و جنوب غرب کشور در مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۵دقیقه تا ۵۴ درجه و۳۰ دقیقه طول شرقی و ۲۷

[23]. Livada et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

درجه و ۲۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۵۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و مساحت آن۴۷۶۵۳ کیلومتر مربع می باشد. این حوضه در ساحل شمالی و در دامنه بلندی های شمال خلیج فارس گسترده شده است. حدود ۶۶ درصد از این حوضه را ناحیه کوهستانی و ۳۴ درصد آن را دشتها تشکیل می دهند و از۴ زیر حوضه تشکیل می شوند که عبارتند از ۱- حوضه آبریز رودخانه قره آغاج ۲- حوضه آبریز رودخانه شور و جهرم ۳- حوضه آبریز رودخانه شوردهرم و ۴- حوضه آبریز مندمیانی و پایاب. سامانه های اصلی باران زای این حوضه ها سامانه های مدیترانه ای هستند، به علاوه سامانه های سودانی که از آفریقا به سمت جنوب غربی ایران کشیده می شوند، اثر محسوسی در ریزش های این حوضه دارند. همچنین سامانه های موسمی اقیانوس هند نیز می توانند منطقه را تحت تاثیر قرار دهند(وزارت نیرو، مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشوردرحوضه های آبریز، مهندسان مشاورآبگیر:۱۳۹۱). در شکل۱ محدوده جغرافیایی حوضه های آبریز و موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل(۱). موقعیت ایستگاه ها و حوضه های آبریز منطقه مورد مطالعه در سطح کشور

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

روش ها:

الف: الگو سازی روند بارش سالانه در خانواده چند جمله ای ها

یک الگوی چند جمله ای درجه k به صورت زیر تعریف می شود .

$$Yt = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 t^2 + \ldots + \beta_k t^k + et \quad (۱$$

که در آن Yt متغییر پاسخ ، βها پارامترهای مجهول و et باقیمانده ها هستند . (t = 1,2,…,n) در رگوسیون معمولی فرض می شود که et ها دنباله ای از متغییر تصادفی نرمال مستقل با امید ریاضی صفر و واریانس ثابت σ^2هستند . در الگوسازی در خانواده چند جمله ایها مشخص می شود که کدام یک از الگوهای خطی یا سهمی یا الگویی دیگر برازنده ترین الگو برای نمایش روند می باشد. یک الگوی چند جمله ای درجه k به صورت زیر تعریف می شود : بیات،۱۳۹۰):

$$Yt = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 t^2 + \ldots + \beta_k t^k + e_t \quad (۲$$

که در آن Y_t متغیر پاسخ ، βها پارامترهای مجهول و e_t باقیمانده ها هستند. (t = 1,2,…,n) در رگرسیون معمولی فرض می شود که e_tها دنباله ای از متغیر تصادفی نرمال مستقل با امید ریاضی صفر و واریانس ثابت σ^2هستند. الگوی خط و الگوی سهمی به ترتیب متناظر با K=1, k=2 می باشند. البته باید عنوان کرد که مقادیر برازش خط و ترسیم اولیه نمودار سری زمانی جهت تعیین نوع روند یک سری زمانی(در اینجا بارش سالانه) باید در معرض معنی داری آماری قرار گیرد.

ب:تحلیل طیف

تحلیل طیفی اندازه ای از توزیع واریانس در امتداد تمامی طول موج های سری زمانی را گویند. در واقع تکنیک تحلیل طیف، تجزیه واریانس یک سری زمانی است. در تکنیک تحلیل طیف ابتدا سری های زمانی به توابع فرکانسی (به صورت تابعی دوره ای[24] با دامنه[25] و فراوانی[26]) تبدیل می شوند. در این تابع، فراوانی گویای مقیاس زمانی (چرخه ها در واحد زمان) و دامنه بیانگر میزان واریانس در آن مقیاس زمانی است. بنابراین در این تکنیک تک تک

[24].Periodic
[25].Amplitude
[26].Frequency

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

موج ها را استخراج کرده و سهم هر یک از موج ها در واریانس کل تعیین گردیده و در نهایت پس از استخراج واریانس، تک تک موج ها از لحاظ معنی داری آماری بررسی می شود. به طور کلی برای استخراج چرخه ها توسط تحلیل طیف مراحل زیر انجام می شود:

- تبدیل سری زمانی به فرکانس: برای تبدیل سری زمانی به فرکانس و محاسبه هارمونیک ها بایستی ابتدا دو پارامتر را حساب کرد (چتفیلد ترجمه نیرومند و بزرگ نیا، ۱۳۸۱):

$$a_i = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} X_t \cos(\frac{2\pi q}{n}t) \quad q = 1,2,..., \frac{n}{2} \qquad (۳$$

$$b_i = \frac{2}{n}\sum_{t=1}^{n} X_t \sin(\frac{2\pi q}{n}t) \quad t = 1,2,..., n \qquad (۴$$

در رابطه ی فوق q تعداد هارمونیک ها (هم سازها) می باشد که برای سری های زوج به تعداد ($q = \frac{n}{2}$) و برای سری های زمانی فرد ($q = \frac{(n-1)}{2}$) هم ساز خواهیم داشت.

با استفاده از رابطه زیر واریانس هر یک از فرکانس ها (موج ها) حساب می شود :

$$I(f_i) = \frac{n}{2}(a_i^{\,2} + b_i^{\,2}) \qquad (۵$$

- آزمون معنی داری طیف: برای آزمون معنی داری ابتدا باید سه مرحله زیر را به انجام رساند:

- محاسبه میانگین طیف ($\overline{S}$)

– محاسبه خود همبستگی مرتبه اول برای مشاهدات (سری زمانی داده ها) (r_1)

- محاسبه طیف برای یک سری تصادفی با مشخصات ($\overline{S}$) و (r_1) سری موجود با استفاده از رابطه ی زیر:

(۶

$$\hat{I}(f) = \overline{S}\left[\frac{1 - r_1^{\,2}}{1 + r_1^{\,2} - 2r_1\cos(\frac{\pi \times i}{q})}\right] \qquad i = 1,2,..., q$$

بدین ترتیب طیفی که حاصل می شود با مشخصات ($\overline{S}$) و (r_1) ، نه دارای روند می باشد و نه سیکل، برای آزمون ابتدا یک فاصله اطمینان (عموماً ۹۵ درصد) مشخص می کنیم هر کدام از طیف ها (فرکانس ها) سری زمانی خارج از فاصله اطمینان باشند آن چرخه ها معنی دار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

خواهند بود. بدین منظور از آزمون χ^2 استفاده می شود. درجه آزادی آزمون از رابطه زیر به دست می آید :

$$df = \frac{2n - \frac{q}{2}}{q} \quad (۷$$

با این درجه آزادی و با یک سطح اطمینان ۹۵ درصد، با استفاده از مقادیر جدول χ^2، سطح معنی داری با استفاده از رابطه (زیر) محاسبه می شو:

$$sig\hat{I}(f) = \frac{\chi^2}{df} \times \hat{I}(f) \quad (۸$$

برای چرخه هایی که در آن ها مقدار واریانس $I(f) \rangle \hat{I}(f)$ باشد آن چرخه ها معنی دار هستند.در نهایت جهت الگوسازی روند در خانواده چند جمله ایهای سری زمانی بارش سالانه از نرم افزار Minitab، و برای انجام برنامه نویسی بر تکنیک تحلیل طیفی از نرم افزار Matlab برای استخراج و ترسیم دوره نگارچرخه های سری زمانی بارش سالانه ایستگاهها استفاده شده است.

بحث و نتایج

به منظور ارائه تصویری از رفتار سری زمانی بارش سالانه در حوضه های آبریز (مند وحله) مقدار تغییرات روند سری زمانی بارش تک تک ایستگاههای باران سنجی و سینوپتیک (لارستان) در مقطع سالانه در معرض مدل سازی در خانواده چند جمله ایها قرار گرفت تا نوع روند و درجه شیب خط روند مشخص شود. همانگونه که در بخش روش ها بیان شد در الگوسازی خانواده چند جمله ایها، مشخص می شود که کدام یک از الگوهای خطی یا سهمی یا الگویی دیگر برازنده ترین الگو برای نمایش روند می باشد. با اعمال این تکنیک روند چند جمله ای سری زمانی بارش ایستگاهها مشخص شد و نتایج آن در جدول شماره ۱ ارایه شده است. افزون بر ارایه نوع الگوی خط یا سهمی در روند بارش سالانه منطقه مورد مطالعه معنی داری آماری این الگوهها نیز در سطح ۹۵ درصد اطمینان به همراه نمودارهای آنها در ایستگاههایی که این روند معنی دار را نشان می دهند، آورده شده است شکل۲. بطوری که در جدول ۱ مشاهده می شود از مجموع ۳۷ ایستگاه مورد نظر در منطقه تنها ۱۱ ایستگاه از الگوهای خطی و سهمی روند دارتبعیت می کنند. لازم به توضیح است که مقادیر آماره P value < ۰.۰۵

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

در سطح ۹۵ درصد به همراه مقادیر معنی داری آماره آزمون(t -student) این شیب در زیر برآورد معادلات نوشته شده است. روند مورد نظر در ایستگاههای مورد مطالعه حاکی از روند کاهشی بارش در این منطقه می باشد. شایان ذکر است که بدلیل معنی دار نبودن سایر ایستگاهها از آوردن نام و نمودار آنها خوداری شده است. البته باید اذعان کرد که در سایر ایستگاههایی که این روند معنی دار احراز نشد، بازهم بارش دارای روند کاهشی می باشد، اما مقادیر این کاهش در برخی ایستگاههای منطقه مورد مطالعه شدید بوده و در برخی نیز این روند دارای روند کاهشی نسبی بوده است.در این میان ایستگاه های ایج، سرقنات،کازرون و لار دارای روند کاهشی شدیدتری نسبت به سایر ایستگاهها در مجموع ۳۷ ایستگاه مورد مطالعه می باشند. بعنوان مثال ایستگاه ایج که از الگوی روند خطی پیروی می نماید دارای روند کاهشی بارش سالانه به ازای هر سال (۷.۳-) میلی متر است.چنانچه از نمودارهای مربوط به الگوسازی روند بارش سالانه در ایستگاههای منطقه شمالی خلیج فارس(حوضه های آبریز مند و حله) مشاهده می شود، روند سری زمانی بارش سالانه بصورت الگوی خطی و سهمی حاکی از افت کاهشی میزان بارش خصوصا طی سال های اخیر می باشد. اما توجه کنید که این میزان رفتار کاهشی همانگونه که بیان شده است در برخی از ایستگا هها دارای شدت بیشتری در طول زمان می باشند. میزان روند الگوی سهمی در برخی از ایستگاهها ازجمله (جره، حنیفقان، سعد آباد، دشت ارژن، فراشبند، دهرود و جووکان) ابتدا یک روند افزایشی در مقدار بارش بوجود آمده و سپس این رفتار در طی زمان در سری زمانی بارش بصورت کاهشی سیر نزولی خود را نشان داده است. با این اوصاف الگوسازی در خانواده چند جمله ایها حاکی از کاهش بارش در تمامی ایستگاههای مورد مطالعه بوده، و این کاهش در تمامی ایستگاه ها رویت شدند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

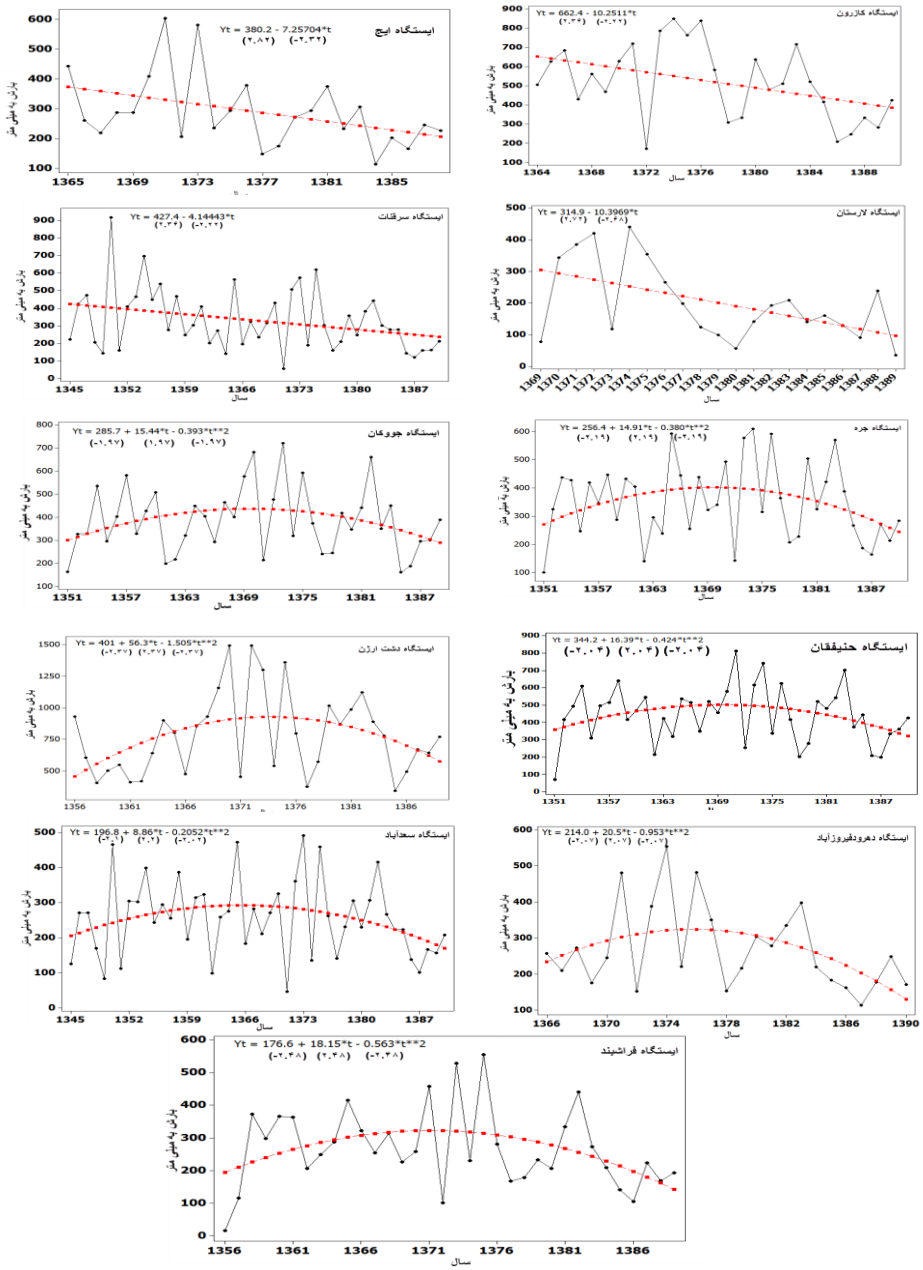
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

جدول (۱) تعیین روند الگوههای چند جمله ای(خطی و سهمی) بارش سالانه ایستگاه های حوضه های آبریزمنطقه شمالی خلیج فاس(حوضه آبریزمند و حله)

نام ایستگاه	نوع الگوی برازش شده	معادله ارزیابی شده به همراه مقادیر معنی داری آزمون (t -student)	P value	واریانس باقی مانده مدل
ایج	الگوی خطی	Yt= 375.12 -7.3t (۲.۸۲) (-۲.۳۲)	۰/۰۴۲	۲۴۵۴۰
جره	الگوی سهمی	Yt = 256.4 + 14.91*t - 0.380*t**2 (-۲.۱۹) (۲.۱۹) (-۲۱۹)	۰/۰۳۵	۱۶۱۷۸
جووکان	الگوی سهمی	Yt = 285.7 + 15.44*t - 0.393*t**2 (-۱.۹۷) (۱.۹۷) (-۱.۹۷)	۰/۰۵۶	۱۸۵۹۶.۶
حنیفقان	الگوی سهمی	Yt = 344.2 + 16.39*t - 0.424*t**2 (-۲.۰۴) (۲.۰۴) (-۲.۰۴)	۰/۰۴۸	۲۳۰۷۲
دشت ارژن	الگوی سهمی	Yt = 401 + 56.3*t - 1.505*t**2 (-۲.۳۷) (۲.۳۷) (-۲.۳۷)	۰/۰۲۴	۸۶۹۴۳.۵
دهرودفیروزآباد	الگوی سهمی	Yt = 214.0 + 20.5*t - 0.953*t**2 (-۲.۰۷) (۲.۰۷) (-۲.۰۷)	۰/۰۵۱	۱۰۴۲۸
سرقنات	الگوی خطی	Yt = 427.4 - 4.14443*t (۲.۳۶) (-۲.۲۲)	۰/۰۳۱	۲۷۱۴۲
سعدآباد	الگوی سهمی	Yt = 196.8 + 8.86*t - 0.2052*t**2 (-۲.۲) (۲.۱) (-۲.۲)	۰/۰۵۰	۱۰۶۶۸.۳
فراشبند	الگوی سهمی	Yt = 176.6 + 18.15*t - 0.563*t**2 (-۲.۴۸) (۲.۴۸) (-۲.۴۸)	۰/۰۱۹	۱۲۰۹۷.۷
کازرون	الگوی خطی	Yt = 662.4 - 10.2511*t (۲.۳۰) (-۲.۳۹)	۰/۰۳۰	۲۷۳۵۷.۸
لارستان	الگوی خطی	Yt = 314.9 - 10.3969*t (۲.۷۲) (-۲.۶۸)	۰/۰۱۵	۱۱۰۰۹

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]



شکل(۲). نمودارهای تعیین روند الگوههای چند جمله ای(خطی و سهمی) بارش سالانه ایستگاه های منطقه شمالی خلیج فاس(حوضه آبریزمند و حله)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

در ادامه نیز به منظور تحلیل چرخه های بارش سالانه حوضه های آبریز مند وحله از تکنیک تحلیل طیفی استفاده گردید. برای نیل به این منظور، ابتدا نمودار دوره نگار[27] سری زمانی بارش تک تک ایستگاهها ترسیم شد. دوره نگار نموداری است که در آن محور عمودی برآورد طیف (واریانس) و محور افقی بسامد (احتمال، فراوانی) چرخه ها را نشان می دهد. خط شکسته طیف (میزان واریانس) به ازای بسامد (زمان) های مختلف را ارائه می نماید. همچنین این خطوط شکسته مستطیلی شکل شماره چرخه ها (هم سازها) را نشان می دهند. بدین ترتیب که اولین خط شکسته مستطیلی شکل از سمت چپ به عنوان هم ساز اول(یک چرخه در طول دوره آماری[28]) خط شکسته دوم به عنوان هم ساز یا هارمونیک دوم (دو چرخه در طول دوره آماری) می باشد. خط چین مرز معنی داری چرخه ها در سطح ۹۵ درصد اطمینان می باشد. چرخه هایی که طیف (واریانس) آنها خارج از محدوده معنی داری باشد آن چرخه (همساز) به عنوان چرخه یا چرخه های معنی دارد تلقی می شوند. چرخه معنی دار در واقع همان رخداد بارش های همسان می باشد که در طول سالها تکرار می شوند و می توانند طیف وسیعی از فراوانی ها (احتمالات) را داشته باشند. بطور مثال در شکل ۳ نمودارهای دوره نگار ایستگاههای اهرم و احمد آباد شورآب نشان داده شده است. در این نمودارها محور افقی پایین فراوانی(احتمال یا بسامد) وقوع چرخه ها، محور عمودی واریانس هریک از چرخه ها(همسازها) را نشان می دهد. خطوط شکسته مستطیلی شکل چرخه ها(همسازها) می باشند. ارتفاع(دامنه) این همسازها که با یک مقدار از محور عمودی نظیر هستند درواقع همان مقدار واریانس چرخه هاست. هر چرخه ای دامنه بیشتری داشته باشد در واقع واریانس بیشتری از طیف ها را به خود اختصاص داده است. معنی داری هریک از چرخه ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شده است. در شکل ۳ سطح معنی داری در سطح اطمینان۹۵ درصد با خط چین و سطح تصادفی بودن همسازها با خط نازک پیوسته نشان داده شده است. بطوری که ملاحظه می شود هر دو ایستگاه مورد نظر در حوضه آبریز حله و مند دارای چرخه های معنی دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان می باشند، لذا با این تفاسیر مشاهده می شود که در ایستگاه اهرم سه همساز(چرخه)

---

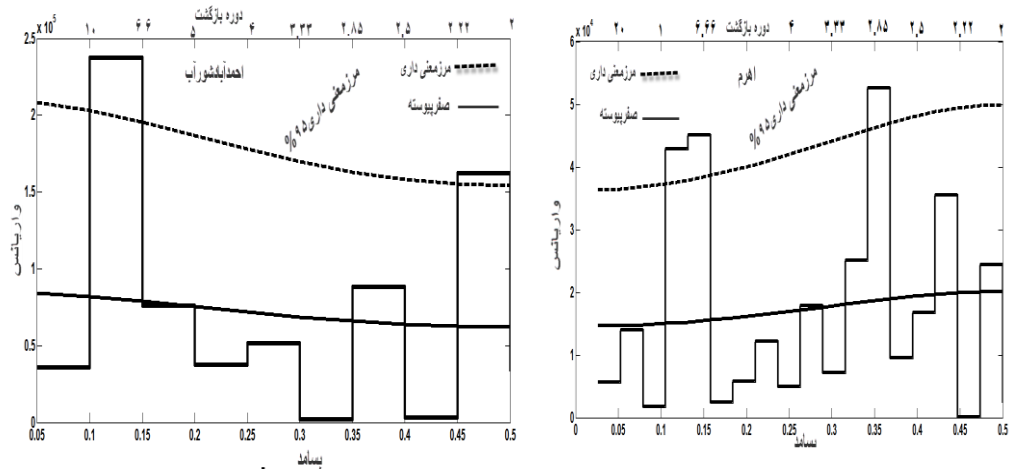
[27]. Periodogram

[28]. لازم به توضیح است که نمودارهای دوره نگار مختلف برای طول دوره آماری متفاوت ترسیم شده است. بر فرض مثال اگر طول یک سری زمانی ۴۰ باشد هم ساز اول یعنی یک چرخه در ۴۰سال، هم ساز دوم یعنی ۲ چرخه در ۴۰سال و الی آخر. در نتیجه هر چرخه (هم ساز) یک احتمال وقوع و یا دوره بازگشت خواهد داشت که برای هم ساز اول دوره بازگشت برابر با طول دوره آماری مثلا ۴۰ سال می باشد. تعداد کل هم سازها نیز برابر با نصف طول دوره آماری است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

معنی دار یا همان چرخه های بادوره بازگشت در بارش رویت می شوند. پله های معنی دار را می توان در هر دو ایستگاه با گذر از مرز اطمینان مورد نظر با خطای ۵ درصد ملاحظه نمود. در اهرم سه چرخه یا همساز و در ایستگاه احمد آباد شورآب دو همساز معنی دار قابل مشاهده است (شکل۳). مثلا اگر در نمودار دوره نگار همساز اول معنی دار باشد دوره بازگشت سری زمانی مزبور (دراینجا بارش سالانه) طولی برابر با طول دوره آماری خواهد داشت. معنی داری همساز اول حاکی از وجود روند در داده هاست. در نتیجه در هر دو ایستگاه الگوهای چرخه ای مشاهده می شود و چرخه های بارشی در اینجا معنی دار بوده و تصادفی نمی باشند. در دوره نگار ایستگاه اهرم سه همساز دارای دامنه بلند بوده و واریانس زیادی را به خود اختصاص داده اند. دوره بازگشت این چرخه ها عمدتاً از دو سال تا ۱۱ سال می باشد. اشکال ۴و۵ نیز دوره نگارهای مربوط به بارش ایستگاههای حوضه را نشان می دهند.



شکل(۳) دوره نگارهای ایستگاه های اهرم و احمدآباد شورآب(اهرم ۳چرخه معنی دار، احمد آباد شورآب دو چرخه معنی دار)

در ادامه به منظور بررسی وضعیت تعداد چرخه های معنی دار و دوره بازگشت آنها به برخی از مشخصات آماری مورد نظر در جدول ۲ پرداخته می شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

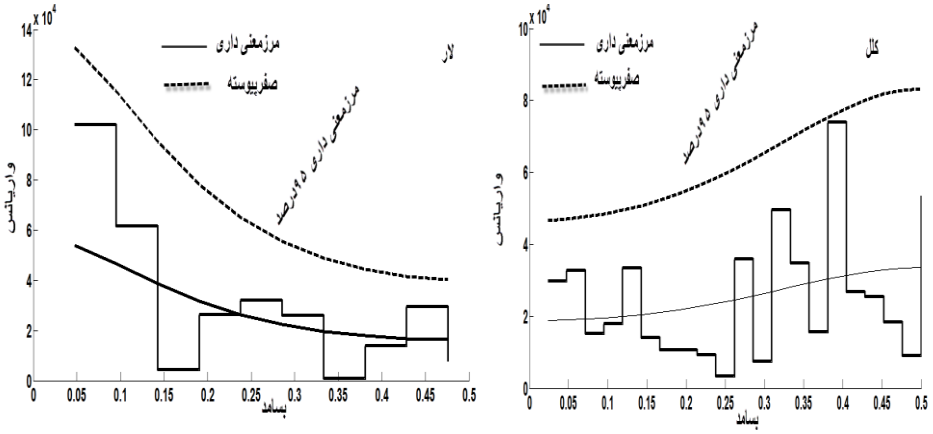
جدول (۲) مشخصات آماری چرخه های بارش سالانه ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه	شماره چرخه ها (هارمونیک) معنی دار	احتمال	دوره بازگشت	واریانس هم ساز	درصد واریانس
اهرم	۴	۰.۱	۲.۹	۱۷۲۶	۱۶.۱۳
	۵	۰.۱۳	۷.۶	۴۵۰۴۲	۱۳.۸۳
	۱۳	۰.۳۴	۹.۵	۵۲۵۱۰	۱۳.۱۵
باباعرب	۱۲	۰.۳۸	۲.۹	۶۱۲۴۳.۹	۱۶.۳۳
ایج	۱۲	۰.۵	۲	۸۲۰۷۱.۴۸	۲۱
باغان بوشهر	۱	۰.۰۲۷	۳۷	۱۱۷۳۶۱.۵	۱۸.۷۶
بندبهمن	۱۸	۰.۴۳	۲.۲۷	۱۱۳۵۴۹	۱۰.۱۷
بوشیگان کازرون	۲	۰.۰۴۸	۲۰.۵	۲۱۲۸۲۷	۱۶.۲۱
	۱۷	۰.۴۱	۲.۴۱	۱۷۹۴۰۵	۱۳.۶۷
جره بالا	۱۶	۰.۳۹	۲.۵	۹۸۴۲۸	۱۵.۷۱
جهرم	۱۳	۰.۳۲	۳	۱۲۰۸۸۸	۱۷
چیتی	۳	۰.۱۱	۹	۲۳۰۵۶۴	۲۷.۲۶
حنیفقان	۳	۰.۰۷۵	۱۳	۱۴۳۷۵۸	۱۴.۲۶
خان زنیان	۳	۰.۰۷۵	۱۳	۷۵۳۶۰	۱۰.۴۱
خوراب	۳	۰.۱۱	۸	۵۸۰۵۶	۱۵
دشت ارژن	۱	۰.۰۲۹	۳۴	۸۳۸۰۱۳	۲۴.۴۱
	۱۲	۰.۳۵	۲ ۸۳	۴۲۳۴۸۶	۱۲.۳۳
دهرود فیروزآباد	۱	۰.۰۴	۲۵	۸۵۶۹۷	۲۶
	۸	۰.۳۲	۳.۱۲	۷۰۳۲۴	۲۱
سرقنات	۲	۰.۰۴۳	۲۳	۲۰۱۶۸۶	۱۴.۷۸
سروو	۷	۰.۱۷	۵.۷۱	۱۸۴۰۰۴	۱۸.۸۵
سعدآباد	۱۶	۰.۳۴	۲.۸۷	۶۸۹۱۲	۱۲.۹۴
ششده قره بلاغ	۹	۰.۳۶	۲.۷۷	۵۲۰۶۲۶	۱۶.۷۳
فسا	۹	۰.۳۴	۲.۸۸	۹۴۹۷۹	۲۲.۳۷
قائمیه	۹	۰.۳۴	۲.۸۸	۲۷۳۰۱۰	۲۴.۲۱
کازرون	۳	۰.۱۱	۸.۶۶	۲۸۹۳۳۵	۲۹
مبارک آباد	۱۱	۰.۳۴	۲.۹	۹۰۳۰۴	۱۶.۹
نرگسی	۴	۰.۱۱	۸	۷۷۰۱۸	۱۴.۵۷
	۱۴	۰.۴	۲.۵	۸۴۹۳۵	۱۶
هنگام	۲	۰.۱	۱۰	۲۳۷۳۹	۳۲.۶۵
	۹	۰.۴۵	۲.۲۲	۱۶۲۱۰۸	۲۲.۲۹
احمدآبادشورآب	۲	۰.۱	۱۰	۱۶۲۱۰۸	۲۲.۲۹
	۹	۰.۴۵	۲.۲۲	۲۳۷۳۹۱	۳۲.۶۵

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

در بین ایستگاههای مورد مطالعه، همانطور که در شکل ۴ ملاحظه می شود ایستگاههای کلل و لار فاقد هرگونه چرخه غالب و معنی دار می باشند. به عبارت دیگر در سری زمانی بارش کلل و لارستان واریانس طیف ها در بین تمام هم سازها به نسبت تقریباً برابر توزیع شده است و در سطح اطمینان ۹۵ درصد چرخه معنی داری مشاهده نمی شود. پس در بارش ایستگاه هایی که از نظر وقوع بارش های همسان الگوی خاصی حاکم نیست، بارش سالانه این ایستگاه ها رفتار تصادفی دارد.

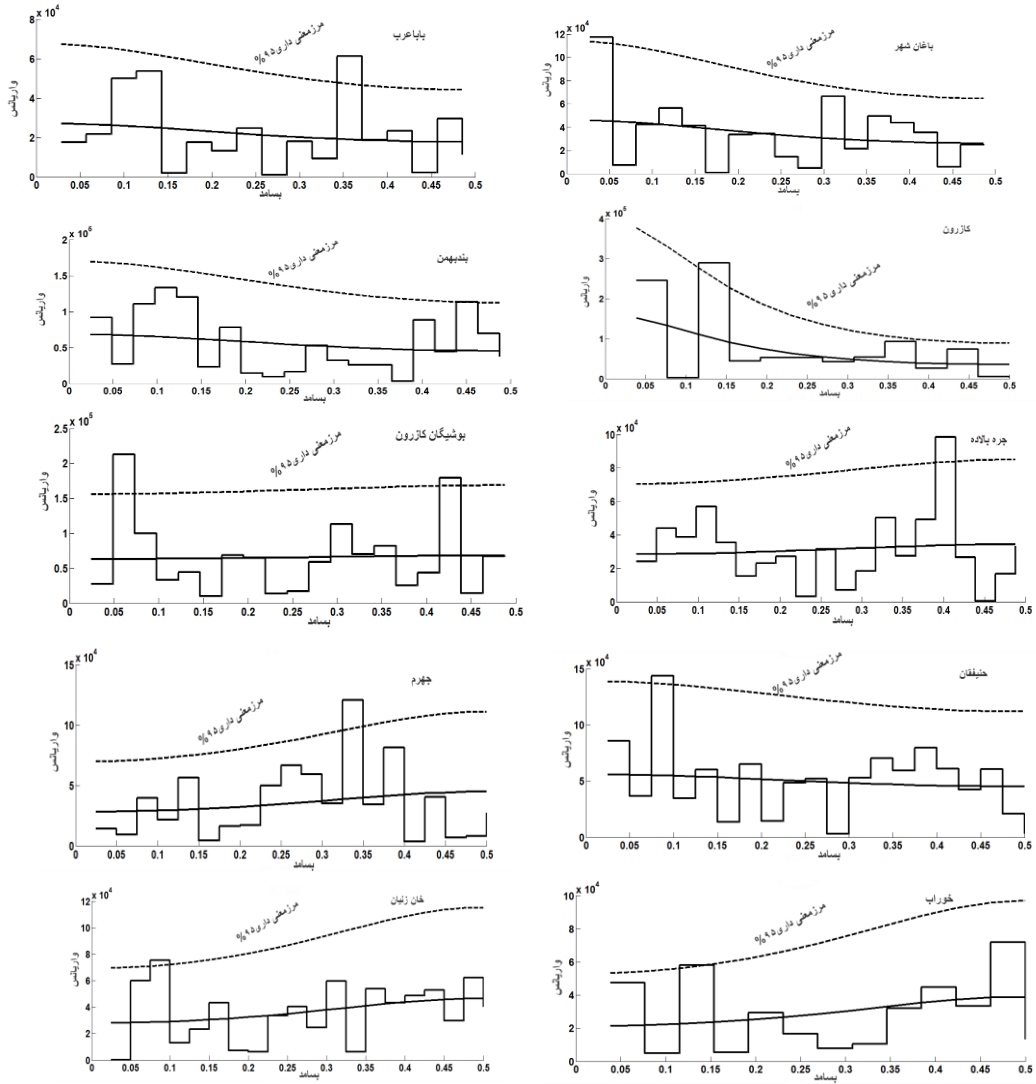


شکل(۴)دوره نگارهای ایستگاه های لار و کلل(عدم وجود چرخه معنی دار)

در ایستگاههای دیگر منطقه مورد مطالعه از جمله(براک، لار، بن رود، بی بی حکیمه، تنگاب فیروزآباد، جره، جوکان، حکان، دژگاه، علی آباد خفر، کلل و فراشبند) هیچ چرخه معنی داری از نظر آماری مشاهده نشد. بطوریکه از بین ۳۷ ایستگاه حدود ۱۲ ایستگاه منطقه مورد مطالعه بدون چرخه معنی دار می باشند. البته شایان ذکر است که مساحت حوضه مورد نظر حدود ۶۹۲۲۲ هزار کیلومترمربع می باشد و نبود چرخه در این ایستگاهها می تواند ناشی از وضعیت حوضه مورد مطالعه باشد. بطوریکه براساس مطالعات افرادی همچون دیکسون و همکاران (۲۰۰۵) و کاموی و هالم(۲۰۰۶) می توان اذعان داشت که شرایط فصلی، ویژگی های خاک و ژئومورفولوژی در حوضه های آبریز تعیین کننده مثلا مقدار بارش باقی مانده ای است که تولید دبی (رواناب) می نماید. لذا عدم وجود چرخه های یکسان در سری های بارش را نیز بر طبق اذعان آنها می توان ناشی از عوامل و شرایط فصلی و در دبی شرایط ژئومورفولوژی حوضه دانست. با این اوصاف و باتوجه به اینکه چرخه های معنی داری در این ایستگاهها مشاهده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

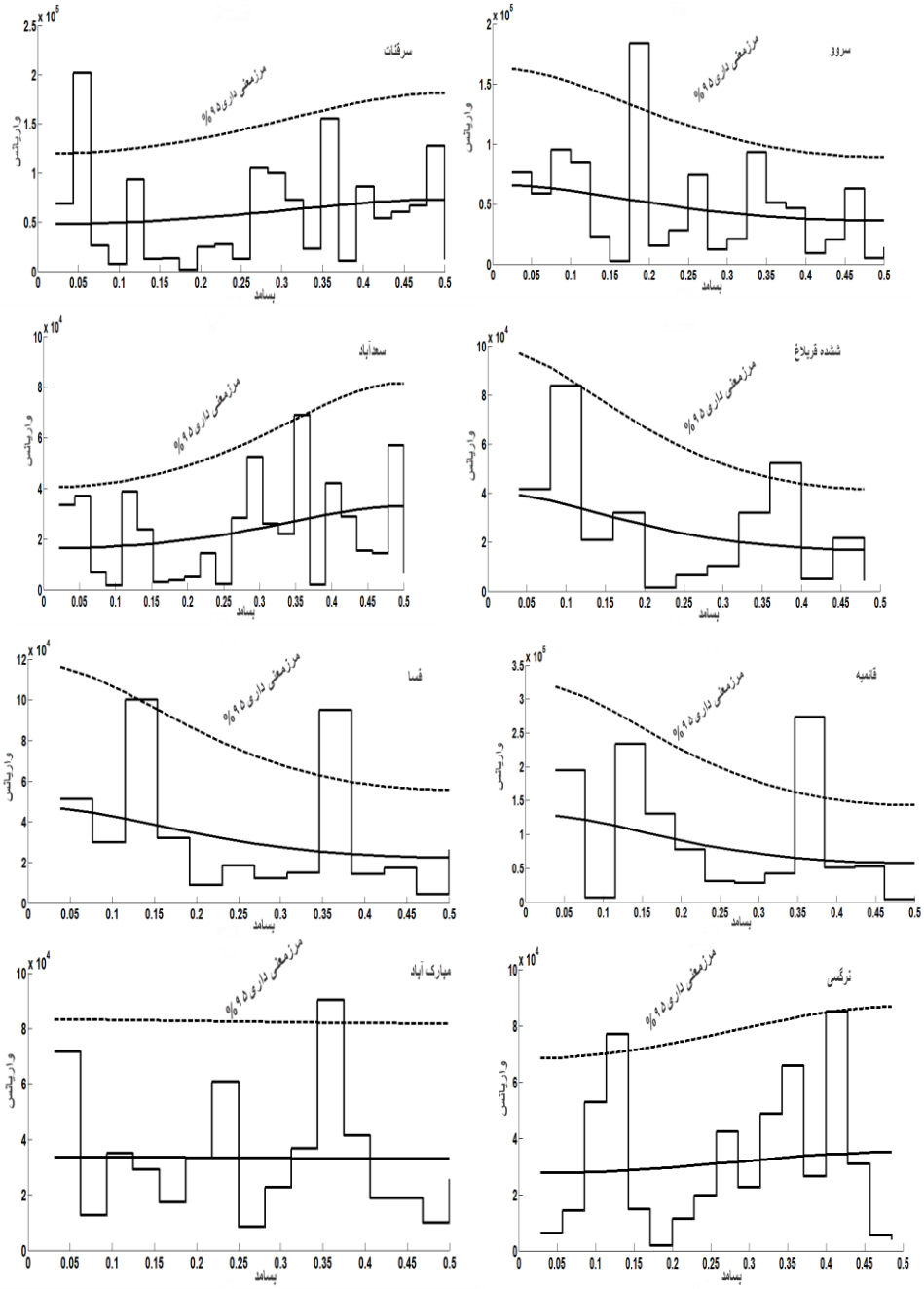
نشدند از ترسیم دوره نگارها و ذکر نام آنها در جدول مشخصات آماری چرخه های معنی دار در حوضه مورد مطالعه خودداری شده است.



شکل(۵). نمودارهای تحلیل طیفی سری های زمانی بارش سالانه ایستگاه های حوضه های آبریزنواحی شمالی خلیج فاس(حوضه حله و مند)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

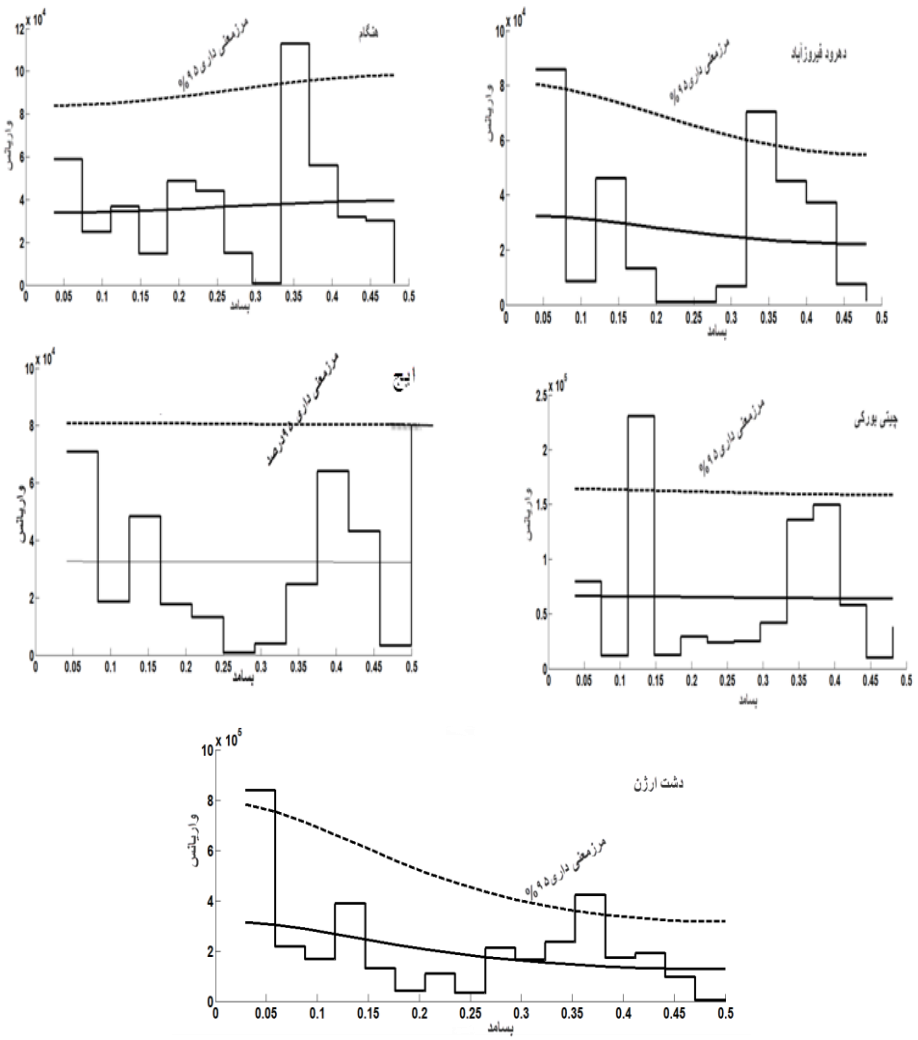
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]



ادامه شکل(۵)

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]



ادامه شکل(۵)

در ادامه الگوهایی که می توانند منجر به ایجاد چرخه های بارشی در یک منطقه شوند با استناد به برخی مطالعات و مقایسه نتایج کارآنها با نتایج مأخوذه از این پژوهش مورد قیاس قرار گرفته و مشخص شده اند. همانطور که مشاهده می شود فراوانی چرخه های ۳-۲ ساله از بقیه بیشتر است و چنانکه در جدول ۲ مشاهده شد، چرخه های متناظر با تقریب نزدیک به ۳

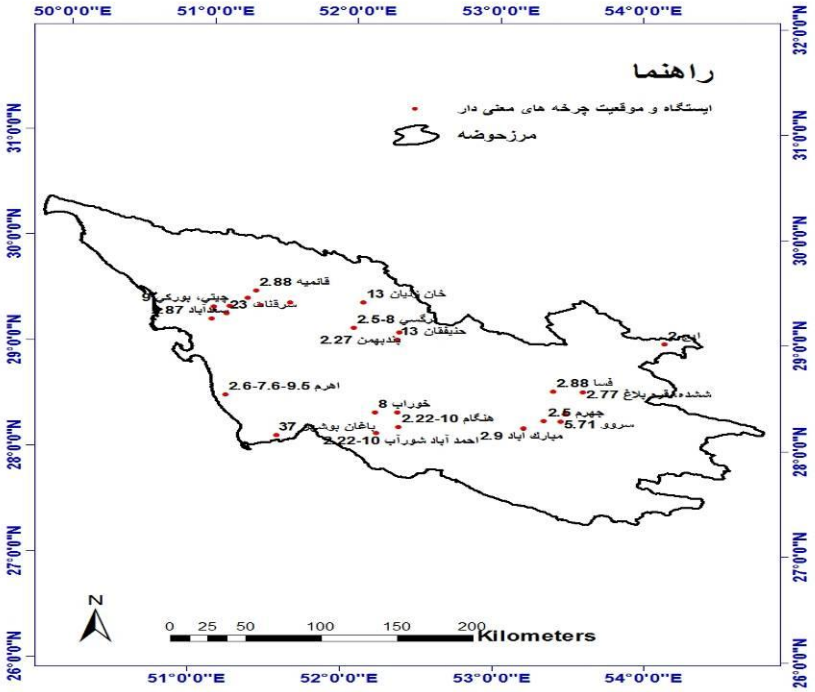
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

سال در بین ایستگاهها بیشترین فراوانی را دارا می باشند، ۵ ایستگاه نرگسی، احمدآباد شورآب، بوشیگان کازرون،دشت ارژن، هنگام ودهرود فیروزآباد دارای ۲ چرخه معنی دار می باشند. سایر ایستگاههای منطقه نیز حداقل دارای یک چرخه معنی دار در طول سری زمانی بارش سالانه هستند. بنابراین از نظر فراوانی تعداد چرخه های معنی دار، یک چرخه با فراوانی ۱۸ ایستگاه بیشترین نسبت را به خود اختصاص داده است. همانطورکه در جدول۲ نیز مشاهده شد و بر اساس نتایج بدست آمده، چرخه های ۳-۲ بیشترین حاکمیت را در بارش حوضه مورد مطالعه دارند. بیشتر دانشمندان این چرخه ها را به ال نینو – نوسانات جنوبی (ENSO)[29] و تغییرات دوسالانه (QBO) الگوی بزرگ مقیاس گردش عمومی جو و جریانات مداری نسبت داده اند. به عنوان مثال، کین و تگزیرا[30] (۱۹۹۱) چرخه های ۳- ۲ ساله در بارش ماساچوست، هارتمن و همکاران [31] (۲۰۰۸) چرخه های ۳- ۲ ساله در بارش چین و عساکره و رزمی (۱۳۹۱) چرخه های ۳- ۲ ساله بارش شمال غرب ایران را به تغییرات دو سالانه (QBO) نسبت داده اند. علاوه بر چرخه های فوق الذکر، همانگونه که در جدول ۲ مشخص است چرخه های ۵-۳ ساله و بیشتر نیز در بارش برخی ایستگاهها مشاهده می شود. آزاد و همکاران [32] (۲۰۰۹) چرخه های ۵- ۳ ساله را در بارش موسمی هند ناشی از پدیده انسو دانسته اند. کالایجی و همکاران [33] (۲۰۰۴) چرخه های ۶- ۲ ساله در بارش ترکیه را به رخداد ال - نینو مربوط دانستند. همچنین عساکره و رزمی (۱۳۹۱) نشان دادند که چرخه های ۵- ۳ ساله نقش مهمی در بارش شمال غرب ایران ایفا می کنند. ایشان نیز این چرخه ها را به انسو نسبت داده اند. در برخی ایستگاهها چرخه های ۱۰ ساله و بالاتر بویژه در حنیفقان وخان زنیان مشاهده می شود. جهانبخش و عدالت دوست (۱۳۸۷) وجود این چرخه ها را بویژه در منطقه آذربایجان ناشی از چرخه فعالیت لکه های خورشیدی و نوسانات اطلس شمالی دانسته اند. همچنین چرخه های غیر سینوسی که دوره بازگشتی برابر با طول دوره آماری دارند در برخی ایستگاهها از قبیل باغان بوشهر مشاهده می شود. این چرخه ها به وجود روند در داده ها نسبت داده می شوند. چرخه های درون دهه ای مانند چرخه های ۲۴.۵ ساله تا ۲۵ ساله نیز در برخی ایستگاهها مثل دهرود فیروزآباد قابل استنباط هستند. شکل ۶ توزیع فضایی چرخه های معنی دار را در پهنه منطقه مورد مطالعه نشان می دهد. در این شکل چرخه های معنی دار در جلوی نام

[29]. Elnino Southern Oscillation (ENSO)
[30]. Kane and Teixeira
[31]. Hartmann and et al
[32]. Azad and et al
[33].Kalaygi and et al

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

ایستگاه ها نمایش داده شده است. چرخه های متعدد برای برخی از ایستگاهها با امتداد تعداد ردیفی از شماره های چرخه در شکل متمایز می باشد. همانطور که از این شکل قابل استنباط است در مرکز و شرق حوضه حاکمیت از آن تک چرخه های غالب می باشد. همچنین در اکثر محدوده حوضه چرخه های ۳ و یا ۲ چرخه معنی دار بصورت پراکنده مشاهده می شود. بطوری که قابل مشاهده است در منطقه عمدتاً چرخه های ۳-۲ ساله و بالاتر حاکم هستند.



شکل(۶) توزیع فضایی چرخه های معنی دار در منطقه مورد مطالعه

با توجه به این که بارش های این بخش از کشور عمدتاً زمستانی و پاییزه و بهاره هستند، این چرخه های معنی دار را نیز می توان به رخداد پدیده جوی - اقیانوسی نسبت داد. با توجه به نتایج این مطالعه می توان اذعان داشت که با توجه به تحقیقاتی که در سطح کشور برروی بارش صورت گرفته است و اینکه حوضه مورد نظر بخشی از کشور بوده، و در قسمت جنوب و جنوب غرب ایران واقع است، بر طبق تحقیقات اخیر علیجانی و همکاران(۱۳۹۳) می توان بیان نمود که در غرب کشور بیشتر چرخه های ۳-۲ ساله حاکم هستند. در شمال غرب و شمال ایران چرخه های ۲.۵ تا ۱۲ ساله بیشترین فراوانی وقوع را دارند و در شمال شرق چرخه های ۲.۵ تا ۶ ساله حاکم هستند. بنابراین در این مناطق تغییرات دوسالانه (QBO) بزرگ

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

مقیاس جوی و همچنین پدیده ال نینو در رخداد بارش تأثیر داشته و منجر به حاکمیت چرخه های فوق در بارش این بخش از کشور شده است. در مجموع می توان گفت که بارش ایران در برخی نقاط تحت تأثیر عوامل متعدی قرار دارند و الگوهای متنوعی را نشان می دهند در حالی که در بخش هایی، الگوهای معدودی موثر هستند. به طور مثال در جنوب و جنوب غرب و مرکز کشور الگوی مشخص و خاصی حاکم نیست و بارش های مشابه دارای تنوع زیادی از نظر تکرار هستند. به عبارت دیگر در این مناطق عوامل مختلفی منجر به الگوهای بارشی شده است. می توان گفت که علاوه بر سیستم های کلان مقیاس جوی که در بالا توضیح داده شدند عوامل محلی و همسایگان نیز در وقوع الگوهای بارش دراین مناطق دخالت دارند. عواملی از قبیل مجاورت با آبهای خلیج فارس و دریای عمان(حوضه حله و مند)، قرارگیری در سایه ناهمواری های زاگرس نیز می تواند باعث تنوع زیاد در الگوهای بارشی شود. در حالی که در سایر بخش های کشور سیستم های مولد بارش پیچیدگی زیادی ندارند و عوامل محلی نقش زیادی در رخداد بارش ندارند. در مجموع شمال غرب و تا حدودی غرب و همچنین شرق و جنوب شرق ایران دارای چرخه های معنی دار و غالب متعدد می باشند، در صورتی که شمال، شمال شرق و جنوب و جنوب غرب کشور اکثراً دارای تک چرخه های غالب هستند(حوضه مندو حله). به طور کلی الگوی واحدی که بتواند وجود این چرخه ها را توجیه کند نمی توان یافت ولی می توان گفت که وجود این چرخه ها با تغییرات دوسالانه بزرگ مقیاس جوی و پدیده انسو هماهنگ هستند.

نتیجه گیری

روش تحلیل طیفی به جهت استخراج افت و خیرها، نوسانات و موج های نهفته و آشکار هرسری در مقیاس زمانی، از اهمیت علمی و عملی زیادی برخودار است. موج ها و چرخه های موجود در سری های زمانی بارش ایستگاههای حوضه های آبریز مند و حله در پژوهش حاضر با استفاده از این رویکرد سودمند، استخراج گردید. نتایج حاصل از الگوسازی روند بارش در خانواده چند جمله ایها نشان داد که درتمامی ایستگاههای حوضه مورد مطالعه بارش سالانه دارای روند کاهشی می باشد، و در این میان ۱۱ ایستگاه با توجه به معنی داری آماری از الگوی روند خطی و سهمی تبعیت می نمایند، و حاکی از یک رفتار کاهشی در بارش سالانه ایستگاههای مورد مطالعه است.در ادامه و بر اساس تکنیک تحلیل طیفی وجود چرخه های معنی دار سینوسی در مقیاس سالانه در منطقه مورد مطالعه مورد واکاوی قرار گرفته شد. بطوریکه از ۳۷ ایستگاه باران سنجی و سینوپتیک حدود ۲۵ ایستگاه دارای چرخه سینوسی و

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

معنی دار بودند و حدود ۱۲ ایستگاه که به علت عدم وجود چرخه از ترسیم و تحلیل دوره نگار آنها صرف نظر شدند. تنها دو مورد از ایستگاه لار و کلل برای درک واقعیت علمی عدم وجودچرخه جهت ترسیم دوره نگار آنها آورده شدند. وجود چرخه های سینوسی ۳-۲ساله دارای بالاترین فراوانی چرخه های معنی دار هستند. همچنین به دلیل گسسته بودن مقادیر در دوره نگار، فرکانس های ۵-۵. ۴ ساله و ۲۵-۵ ساله می تواند در دوره نگارها حاصل میان یابی مقادیر باشد. از این رو با قطعیت بالایی می توان نوسانات ۳-۲ ساله را نوساناتی معنی دار دانست. از نظر توزیع فضایی نیز بیشتر چرخه ها در سطح منطقه پراکنده می باشند. اما حاکمیت در سطح منطقه از آن ایستگاههای تک چرخه ای می باشد. ایستگاه اهرم با داشتن ۳ چرخه دارای بالاترین فراوانی تعداد چرخه معنی دار (همساز) در بین ایستگاهها شناخته شد. سایر ایستگاهها نیز از نظر وجود چرخه معنی دار دارای تک چرخه هایی هستند که فراوانی ایستگاههای تک چرخه ای بالاترین نسبت را دارا هستند. عواملی از قبیل مجاورت با آبهای خلیج فارس و دریای عمان(حوضه مند وحله)، قرارگیری در سایه ناهمواریهای زاگرس نیز می تواند باعث تنوع زیاد در الگوهای بارشی این منطقه شود. در نهایت با توجه به بررسی محققین و اندیشمندان در سایر نقاط جهان، چرخه های مشابهی در عناصر اقلیمی مشاهده شده است، که آن ها را به نوسانات دوسالانه، ال نینو و انسو نسبت داده اند. بنابراین به نظر می رسد نوسانات ذکر شده از جمله QBO، NAO، ENSO با چرخه های استخراج شده در سری زمانی بارش سالانه منطقه مورد مطالعه در ارتباط باشد. لذا این نوع تحولات و دوره های معنی دار در چرخه های با بازگشت آنها از طریق شرایط پیوند از دور بر نوسانات بارش سالانه و رژیم بارش حوضه مورد مطالعه پیشنهاد می شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از رساله دکتری با عنوان تحلیل آماری سینوپتیکی تغییرات رژیم بارش منطقه شمالی خلیج فارس مورد مطالعه: حوضه های آبریز حله ومند می باشد. لذا مراتب قدر دانی را از اساتید راهنما و مشاور خود دارم.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

منابع و ماخذ

۱. بیات، علی (۱۳۹۰). **تحلیل سری های زمانی بارش زنجان**، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی،گروه جغرافیا(اقلیم شناسی)،دانشگاه زنجان،دانشکده علوم انسانی و اجتماعی.

۲. تقوی، فرحناز، ناصری، محسن، بیات، بردیا، متولیان، ساجد، آزادی فرد، داود (۱۳۹۰). **تعیین الگوهای رفتار اقلیم درمناطق مختلف ایران بر اساس تحلیل طیفی و خوشه بندی مقادیر حدی بارش و دما**، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۷: ۱۲۴-۱۰۹.

۳. جهانبخش، سعید و محمود عدالت دوست (۱۳۸۷). **تغییر اقلیم در ایران (مطالعه موردی:شاخص نوسانات اطلس شمالی به عنوان شاخصی ازتأثیرات فعالیت خورشیدی بر تغییرات بارش آذربایجان)**، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه تبریز.

۴. چتفیلد، سی (۱۳۸۱). **مقدمه ای بر تجزیه و تحلیل سری های زمانی**، ترجمه حسنعلی نیرومند و ابوالقاسم بزرگ نیا ، انتشارات فردوسی مشهد.

۵. علیجانی، بهلول، بیات، علی، دوستکامیان، مهدی، بلیانی، یدالله، بخشی، هدیه(۱۳۹۳) **تحلیل طیفی سری های زمانی بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی**، دانشگاه تبریز، در نوبت چاپ.

۶. عساکره، حسین و رباب رزمی (۱۳۹۱). **تحلیل تغییرات بارش سالانه شمال غرب ایران**، جغرافیا و برنامه ریزی، شماره ۳: ۱۶۲-۱۴۷.

۷. رزمی، رباب (۱۳۹۰). **تغییر رژیم بارش آذربایجان ایران**، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، گروه جغرافیا.

۸. عساکره، حسین (۱۳۸۸). **تحلیل طیفی سری های زمانی دمای سالانه تبریز**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۴: ۵۰-۳۳.

۹. غیور، حسنعلی، عساکره، حسین (۱۳۸۴). **کاربرد مدل های فوریه در براورد دمای ماهانه و آینده نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۷۷، صص۹۹-۸۳.

۱۰.وزارت نیرو (۱۳۹۱) **مطالعات بهنگام سازی طرح جامع آب کشوردرحوضه های آبریز**، مهندسان مشاورآبگیر.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

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.

Henderson. (2000). ***Autumn precipitation trende in the northeast united states***. Middle States Geographer, 33:74-81.

Chung.Y.S, M. B. Yoon. (2000). ***Interpretation of recent temperature and precipitationtrends observed in Korea***", Theor. Appl.Climatol, 67: 171±180.

Dixon H., Lawler D. M. and Shamseldin A.Y. (2006). ***Stream flow trends in western britain»,*** Geophysical Research Letters. l 33: 1.

Chatfield, C., (1975) ***the analysis of time series: theory and practice***, chapman and Hill, London, 263pp.

Robeson Scott M, (1997). ***Statistical Considerations, in Thompson Russell D. and Perry Allen (Eds) Applied Climatology, Principles and Practice***, first Published 1997, Routledge. London.

Wiener, N (1930) ***Generalized Harmonic Analysis***, Acta Math., Vol.55,pp.117-258.

Wiener, N, (1949). Extrapolation, ***Interpolation and smoothing of stationary Time series***, Wiley and Technology press, 163 pp. Cambridge mass.

Tukey, J.W., (1950) ***the sampling Theory of power spectrum estimates symposium on application of autocorrelation analysis to physical problems***. U.S.office of Naval Research, NAVEXOS-p-735, pp 47-67. Washington, D.C.

Mitchell, J.M., Jr.,Dzerdzeevskii,B., Flohn,H.,Hofmeyr,W.L., Lamb, H.H.,Rao,K.N.,and Wallen,c.c., (1966) ***Climatic Change: Technical***

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

Note No. 79, Report of Working Group of Commission for Climatology; WMO No . 195 TP 100: Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 81 P.

Stocker Thomas F. and Mysak Lawrence, (1992) ***Climatic Fluctuation on the Century Time Scale, Areview of High – Resolution Proxy Data and Possible Mechanisms***. Climatic Change 20: 227-250.

-Madden Roland and Jones.Richard (2001) ***A Quantitative Estimate of the Effect of Aliasing in Climatological Time Series***, Journal of Climate, 3987-3993.

Arrigo.R.D, R.vilallba, G.wiles. (2001). ***Tree-Ring Estimates of Pacific Decadal Climate Variability***. Climate Dynamics.18:219-224.

Azad, Sarita and T. S. Vigneshb and R. Narasimha, (2009). ***Periodicities in Indian Monsoon Rainfall over Spectrally Homogeneous Regions***. Int. J. Climatol, DOI: 10.1002/joc.2045.

Earle M.D, K.E. Steele, D.W.C. Wang (1999). ***Use of Advanced Directional Wave Spectra Analysis Methods***. Ocean Engineering 26, 1421–1434.

Ghil.M, M. R. Allen, M. D. Dettinger, K. Ide, D. Kondrashov, M. E. Mann, A. W. obertson, A. Saunders,Y. Tian, F. Varadi, and P. Yiou(2001). ***Advanced Spectral Methods for Climatic Time Series***. Reviews of Geophysics, 40, 1, pages 1-1–1-41.

Hartmann, S. Becker, and L. King, (2008). ***Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series***. Theor. Appl. Climatol. 92, 155–163.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

Hegge, Gerhard Masselink, (1996). ***Spectral Analysis of Geomorphic Time Series***: Auto-Spectrum. Earth Surface Processes and Landforms, vol. 21, 1021-1040.

Kalaygi Serdar, M. Cagatay Karabork, Ercan Kahya, (2004). ***Analysis of EL NINO signals on Turkish streamflow and precipitation pattern using spectral analydsis***. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 13- No 8.F.

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.

Kristina I. Kirkyla and Sultan Hameed, (1989). ***Harmonic Analysis of the Seasonal Cycle in Precipitation over the United States: A Comparison between Observations and a General Circulation Model***. J. Climate, 2, 1463–1475.

Lana.x and A. BurguenÄo (2000). ***Statistical Distribution and Spectral Analysis of Rainfall Anomalies for Barcelona (NE Spain).*** Theor. Appl. Climatol. 66, 211-227.

Livada, I., Charalambous, M. and Assimakopoulos, N. (2008). ***Spatial and Temporal Study of Precipitation Characteristics over Greece***, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 93, PP. 45-55.

Olsen Lena Ringstad, Probal Chaudhuri, Fred Godtliebsen (2008). ***Multiscale Spectral Analysis for Detecting Short and Long Range Change Points in Time Series***. Computational Statistics and Data Analysis 52, 3310–3330.

Richard E. Chandler, (1997). ***A spectral method for estimating parameters in rainfall models***. Bernoulli Volume 3, Number 3 (1997), 301-322.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]

Spangenberg.A and M. Bredemeier, (1999). ***Applications of Spectral Analysis to Meteorological and Soil Solution Chemistry Data***. Chemosphere.Vol.39, NO, 10, pp, 1651-1665.

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.

Dixon H., Lawler D. M. and Shamseldin A.Y (2006). ***Stream flow trends in western britain***, Geophysical Research Letters. l 33: 1.

Yun-Ju. J and Lee. J.Y. (2010). ***Time Series Analysis of Hydrologic Data Obtained from a Man-Made Undersea LPG Cavern***, Engineering Geology 113, and 70–80.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-16]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.37.12.0]