Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌وسوم، شماره‌ی ۸۲
تابستان ۱۴۰۲، صفحات۱۵۴-۱۳۵

DOI:10.52547/GeoSpa.23.2.135

مریم ثنایی[۱]
* غلامرضا براتی[۲]
علیرضا شکیبا[۳]

تحلیل طیفی چرخه‌های سری زمانی دیرپایی فصل بارش کشور

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

چکیده

یکی از مظاهر عمده تغییرات آب و هوایی در دهه‌های اخیر، تغییرات بارش در مناطق مختلف جهان است. ازآنجایی‌که این فرا سنج آب و هوایی ماهیتی سرکش دارد شناخت رفتار نوسانی آن از ضروریات حوزه برنامه‌ریزی محیطی در راستای دستیابی به توسعه پایدار به شمار می‌رود. تکنیک تحلیل طیفی از روش‌های کارآمد شناسایی و درک رفتار آشکار و نهان عناصر اقلیمی و استخراج و تحلیل توسن‌های اقلیمی است. ازاین‌رو در پژوهش پیش رو با استفاده از داده‌های روزانه بارش ۱۰۸ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی در پهنه کشور، ابتدا به استخراج شروع و پایان دوره‌های بارشی در فصل مرطوب کشور(سپتامبر – می) در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ پرداخته شد و سپس بر اساس آن دیرپایی فصل بارش در کشور در تمامی ایستگاه‌ها به دست آمد. در مرحله بعد با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب توزیع واریانس‌ها در تمامی طول‌موج‌های ممکن در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، در سری زمانی ۲۶ ساله به‌دست‌آمده و درنهایت به‌منظور کشف توزیع فضایی چرخه‌های مهم و غالب در نرم‌افزار Arc Gis 10 به نقشه درآمد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که این نوسانات در مناطق جنوبی کشور عمدتاً ۲تا٤ ساله و کوتاه‌مدت‌تر بوده و از تنوع کمتر برخوردار می‌باشد و در نواحی شمالی متنوع‌تر و غالباً ٤ تا ۸ ساله است. به‌طورکلی نوسانات معنی‌دار حاکم بر دیرپایی فصل بارش کشور در دوره مرطوب سال عمدتاً کوتاه‌مدت و با دوره بازگشت ۲تا ٤ ساله می‌باشد که متناسب با نوسانات کلان‌مقیاس شاخص‌های جوی اقیانوسی بوده و با الگوهای پیوند از دور مرتبط می‌باشد. همچنین نقش ارتفاعات و دوری و نزدیکی از دریا در تنوع چرخه‌های حاکم بر نواحی شمال و نیمه غربی کشور نیز قابل‌توجه است.

۱- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی.
۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشیار دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول). G_ Barati@sbu.ac.ir
۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشیار دانشگاه شهید بهشتی .

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

کلیدواژه: تحلیل طیفی، تحلیل همساز، دیرپایی فصل بارش، سری زمانی.

مقدمه

یکی از بزرگ‌ترین خطرات پیشِ روی بشر در حال حاضر و نیز در نسل‌های آینده، تغییر اقلیم است (Hossein zadeh et al., 2015). به طوریکه تغییر در پارامترهای اقلیمی، کمبود آب و گسترش بیابان‌ها سه چالش بزرگ زیست‌محیطی پیش روی بشر امروزی است(Asadi zarch,2017).حساسیت این امر با افزایش ۱/۵ درجه‌ای دما در سال‌های آینده (۲۰۳۰– ۲۰۵۰ میلادی) اهمیت بیشتری می‌یابد(IPCC,2018). اقلیم گرم‌تر موجب تغییرات بیشتر در الگوهای زمانی – مکانی بارندگی شده و ممکن است موجب بروز بیشتر پدیده‌های حدی و مخاطرات آب و هوایی بشود. سیلاب، خشک‌سالی، طوفان و دیگر انواع حوادث آب‌وهوایی شدید، ذخایر غذای جهان را تهدید می‌کنند و کاهش می‌دهند. کمبود آب و غذا در مناطق خشک و نیمه‌خشک و کشورهای درحال‌توسعه این مناطق، به دلیل آسیب‌پذیری بیشتر مناطق یادشده در برابر تغییرات آب و هوایی، شدیدتر است (Gregory et al., 2005). در ایران کاهش آب‌های زیرزمینی به میزان ۸/۹ میلی‌متر در سال در بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ (khaki et al., 2018)، به‌عنوان شاهدی بر این مدعا می‌باشد. بدین ترتیب مسئله آب و مدیریت آن، در کشوری مانند ایران، با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک که حدود ۸۵ درصد آن در قلمرو خشک قرار دارد و خشکی و کمبود آب از مشخصه‌های اصلی آن محسوب می‌شود(karimi et al., 2018) از اولیتهای اصلی به شمار می‌رود.ازاین‌رو پایستگی و مانایی بارش از اهمیت ویژه‌ای در آن برخورداراست. به طوریکه کشاورزی در آن، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع تأمین غذا، بیش از هر عامل دیگر به مهیایی آب وابسته است. ازآنجایی‌که یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب، بارشهای جوی است که علاوه بر میزان بارش ، زمان شروع و پایان، دیرپایی فصل بارشی از عوامل تأثیرگذار در طول فصل رشد، و زمان جوانه‌زنی و گلدهی و بازده محصولات کشاورزی است؛ و در پی تغییرات آب و هوایی دچار نوسانات و بی نظمی در مناطق مختلف جهان شده است(loaners and Mover, 2017; go et al., 2018). اهمیت بررسی تغییرات زمانی آن، در پهنه ایران بسیار مهم و ضروری است.

از روش‌های مفید در زمینه بررسی و تحلیل زمانی که به بررسی خواص فرکانس متغییرهای پیوسته و گسسته ایستا و نا ایستای سری‌های زمانی اقلیمی می‌پردازد، تکنیک تحلیل طیف[4] است(Robinson ,1997). این روش در اقلیم‌شناسی برای اولین بار توسط (Mann et al (1995), Mitchell et al(1966 ,(Madden & Jones(2001به کار رفت. همچنین دانشمندان زیادی همچون (Earle et al., 1999)، (Gail et al., (2001)و (Olsen et al., 2008) سعی در معرفی روش‌های مختلف این تکنیک داشته‌اند. تحلیل طیفی سری‌های زمانی این قابلیت را دارد که ضمن آشکارسازی روند، چرخه‌ها[5] یا دوره‌های بسامدی[6] را به‌خوبی نشان دهد(shahbazi et al., 2018). این تکنیک

4- Spectral Analysis
5- Cycles
6- Frequency

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

دارای روش‌های بسیاری است که از انواع کارآمد آن می‌توان به تحلیل همساز[۷] اشاره کرد که اولین بـار به‌وسیله وینر در سال ۱۹٤۹ارائه شد و سپس کارایی آن در بررسی اقلیم‌شناسی بارش در نقاط مختلف جهان توسط محققین بسیاری ازجمله نویسندگان خارجی و ایرانی همچون: (Sabbagh et al.,1962), (Horen and , Bryson,1960),(Lana and Borgiano ,2000),(Kirkyla and Hamed,1989),(Tarawneh and Kadioglu,2003),(Emerzil et al.,2004), (Hartman etal,2008) ,(Livada et al.,2008), (cheen et al,2019), (kadioglu et al.,1999), (Liu et al.,2019), (onyan go et al,2020) قرار گرفت. در ایران نیز از این روش برای بررسی چرخه‌های بارشی سالیانه و فصلی در مناطق مختلف کشور استفاده‌شده است (Taghavi et al.,2011), (Asakerh and, (Dadashi et al 2016) ,(Alijani et al.,2016), (Asakerh et al.,2014), (Rordeh,21014) (yosefi et al.,2013), Hosseinjani,2017). اما بررسی جنبه دیرپایی فصل بارش[۸] که مبتنی بر زمان شروع، پایان و طول فصل بارشی است پیش‌ازاین موردبررسی قرار نگرفته است. ازاین‌رو پژوهش پیش رو باهدف بررسی نوسانات زمانی دیرپایی فصل بارش کشور دوره مرطوب (سپتامبر – می) با بهره‌گیری از تکنیک تحلیل طیفی و تحلیل همساز مدنظر قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

سرزمین پژوهش

در این پژوهش پهنه ایران با داشتن پهنه‌ای به مساحت ۱٦٤۸۰۰۰ کیلومترمربع در بین ۲۵ تا ٤۰ درجه عرض شمالی و ٤٤ تا ٦۳ درجه طول شرقی به‌عنوان سرزمین پژوهش برگزیده شد. سپس به‌منظور بررسی چرخه‌های طیفی دیرپایی فصل بارش داده‌های بارش روزانه از ۲۲ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو (۱۱ ایستگاه باران‌سنج معمولی و ۱۱ ایستگاه تبخیر سنجی) و۸٦ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی برای سال‌های (۲۰۱۵–1990میلادی) در طول ماه‌های سپتامبر تا می میلادی اخذ شد. پس از کنترل کیفی داده‌های مذکور داده‌های سال شمسی وزارت نیرو در جهت یکسان‌سازی به سال میلادی برگردانده شد. درنهایت ، به‌منظور محاسبه دیرپایی فصل بارش در کشور، پایگاه داده‌ای به ابعاد 9490 *۱۰۸در نرم‌افزارR تشکیل شد(شکل ۱).

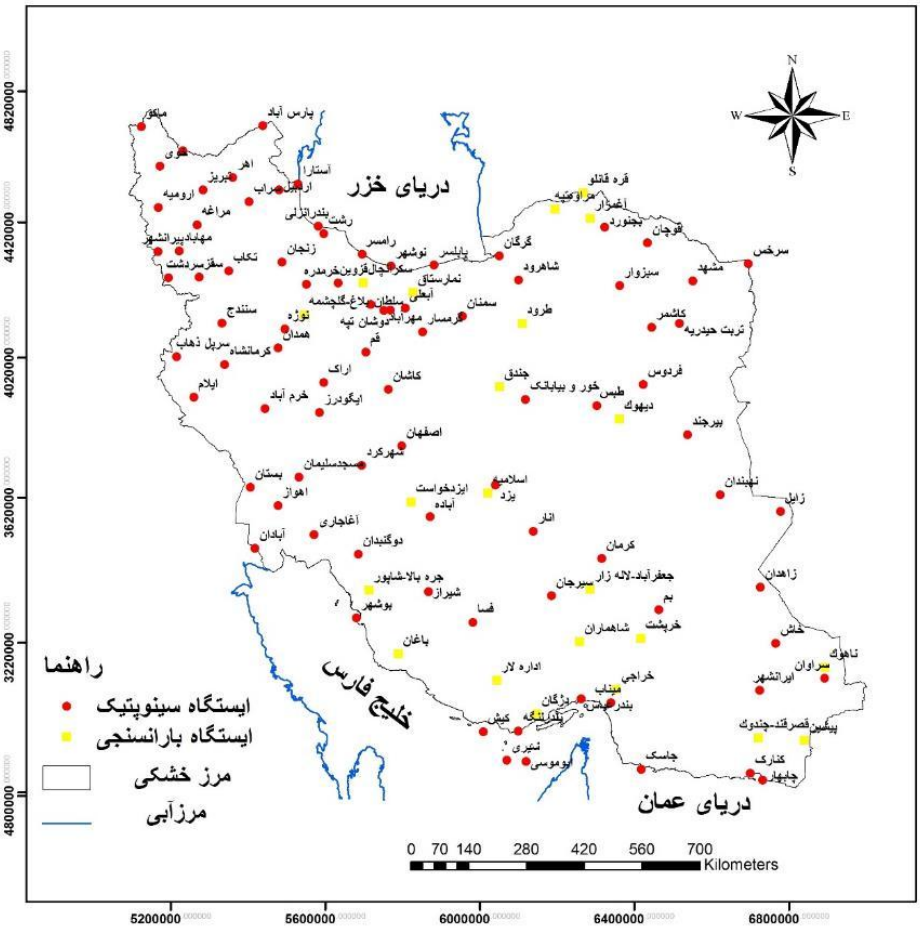
با توجه به زمستانه بودن رژیم بارشی کشور و فعالیت عمده سامانه‌های بارش زا در طول ماه‌های نوامبر تا مارچ (Sabzi Parvar et al., 2015)، و همچنین بررسی بارش‌های زودهنگام و دیرهنگام در محاسبه دیرپایی فصل بارش کشور، دوره مرطوب اول سپتامبر تا پایان ماهمی، در نظر گرفته شد. مشابه کار تحقیقاتی پیشین، روز بارشی در این تحقیق به‌روزی که دست‌کم۰/۱ میلی‌متر و بیشتر بارش دریافت کرده باشد، اطلاق شد (Alijani and Harman,1985)،(Alijani et al.,2008; Avid et al.,2004). و ازآنجایی‌که هدف از این نوشتار بررسی جنبه دوام و دیرپایی بارش است؛ هر دوره بارشی به سه روز بارشی پیاپی اطلاق شد که دست‌کم با یک روز بدون بارش از هم جداشده باشند. بر همین مبنا در هرسال اولین روز از اولین دوره بارشی و آخرین روز از آخرین دوره بارشی

7- Harmonic Analysis

۸- منظورازدیرپایی همان طول مدت ودوام فصل بارش است.Durability of Rainy season

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

به‌عنوان شروع و پایان فصل بارشی در آن سال در نظر گرفته شد و بدین ترتیب طول فصل بارش در هر ۲۶ سال موردمطالعه درمجموع ۱۰۸ ایستگاه منتخب به دست آمد. و درنهایت یک پایگاه داده ۲۶*۱۰۸ در نرم افزا R تشکیل شد.



شکل۱: پراکنش ایستگاه‌های منتخب سازمان هواشناسی و وزارت نیرو

Figure 1: Distribution of selected stations of meteorological organization and Ministry of energy

تکنیک تحلیل طیف

تکنیک تحلیل طیفی روش‌های برآورد تابع چگالی طیفی یا طیف یک سری زمانی است که این قابلیت را دارد که ضمن آشکارسازی روند، چرخه‌ها یا دوره تناوب‌ها را به‌خوبی نشان دهد(Taghavi et al.,2011). این روش بیش‌تر با برآورد کردن طیف روی تمام دامنه، بسامدها را بررسی می‌کند(Asakereh and hosseinjani,2017).در تکنیک تحلیل طیف ابتدا سری‌های زمانی به توابع طیفی (به‌صورت تابعی دوره‌ای با دامنه و فراوانی) تبدیل می‌شوند. در این تابع، فراوانی، گویای مقیاس زمانی (چرخه‌ها در واحد زمان) و دامنه، بیانگر میزان واریانس در آن مقیاس زمانی است. بنابراین در این تکنیک تک‌تک موج‌ها را استخراج کرده و سهم هر یک از موج‌ها در واریانس کل تعیین

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

گردیده و درنهایت پس از استخراج واریانس، تک‌تک موج‌ها ازلحاظ معنی‌داری آماری بررسی می‌شود(Alijani et al., 2016).

رفتارهای تناوبی به هر شکل که باشند با استفاده از توابع سینوسی در بسامدهای مختلف با تقریب مناسب و قابل قبولی برآورد و پیش‌بینی می‌شوند. در این راستا مدل‌های فوریه از ابزارهای مفید و کارا به شمار می‌آید که درواقع مو لفه های سینوسی و کسینوسی، همسازهایی (هارمونیک) هستند که در شکل‌گیری رفتار سری تناوبی مؤثرند. تعداد این همسازها (مؤلفه‌های نوسانی) حداکثر نصف طول داده‌هاست چراکه رفتار نوسانی حداقل از دو مؤلفه (سینوسی و کسینوسی) تشکیل‌شده است. درواقع، هر همساز گویای یک‌روند رو به بالا و یک‌روند رو به پایین در یک سری زمانی است. بنابراین، هر طول‌موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود که به ترتیب از روابط زیر به دست می‌آید:

رابطه(۱)

$$x_t = \bar{x} + \sum_{i=1}^{n}\left[a_i \cos\frac{2\pi}{T}it + b_i \sin\frac{2\pi}{T}it\right]$$

رابطه فوق را یک الگوی فوریه گویند. ضروری است یادآوری شود که هرچند نمایش فوریه (یک دنباله متناهی) مقوله‌ای صرفاً ریاضی است ولی تعیین آن با تعداد معدودی از همسازهاست که به لحاظ آماری معنی‌دار بوده، تقریب خوبی به دست می هد(Asakerh et al.,2014). در رابطه فوق a_i و b_i ضرایب فوریه نامیده می‌شوند و همانند یک رگرسیون چند متغیره با استفاده از روش کمترین مربعات خطابه دست می‌آیند(Bovington1969) ، این ضرایب می‌توانند به‌صورت زیر بیان شوند:

رابطه(۲)

$$a_i = \frac{2}{N}\sum_{t=l}^{N-1} x_t \cos(\frac{2\pi}{12}it), i = 1,2,....\frac{N}{2}$$

رابطه(۳)

$$b_i = \frac{2}{N}\sum_{t=0}^{N-1} x_t \sin(\frac{2\pi}{12}it), i = 1,2,....\frac{N}{2}$$

در تکنیک تحلیل طیف برای نمایش بهتر همسازها نتایج به‌صورت دوره نگار[9] نیز نمایش داده می‌شود. دوره نگار نموداری است که در آن محور عمودی برآورد طیف (واریانس) و محور افقی بسامد (احتمال، فراوانی) چرخه‌ها را نشان می‌دهد. خط شکسته طیف (میزان واریانس) به ازای بسامد (زمان)های مختلف را ارائه می‌نماید. همچنین این خطوط شکسته مستطیلی شکل، هم سازها (چرخه‌ها) را نشان می‌دهند. به‌طوری‌که اولین خط شکسته مستطیلی شکل از سمت چپ به‌عنوان هم ساز اول (یک چرخه در طول دوره آماری) خط شکسته دوم به‌عنوان همساز یا هارمونیک دوم (دوچرخه در طول دوره آماری) می‌باشد. ازآنجایی‌که در این پژوهش سری زمانی ۲۶ ساله در نظر گرفته‌شده است، همساز اول یعنی یک چرخه در ۲۶ سال، هم ساز دوم یعنی ۲ چرخه در ۲۶ سال و الی‌آخر.

9 -Periodogram

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

درنتیجه هر هم ساز(چرخه)یک احتمال وقوع و یا دوره بازگشت خواهد داشت که برای هم ساز اول دوره بازگشت برابر با طول آماری ۲٦ سال می‌باشد و تعداد کل همسازها نیز برابر با نصف طول دوره آماری است. خط‌چین، مرز معنی‌داری چرخه‌ها در سطح اطمینان موردنظر می‌باشد. چرخه‌هایی که طیف (واریانس)آن‌ها خارج از محدوده معنی‌داری باشد آن همساز (چرخه) به‌عنوان چرخه یا چرخه‌های معنی دارد تلقی می‌شوند. چرخه معنی‌دار درواقع همان رخداد دیرپایی فصل بارش همسان می‌باشد که در طول سال‌ها تکرار می‌شوند و می‌توانند طیف وسیعی از فراوانی‌ها (احتمالات) را داشته باشند.

در این نوشتار به‌منظور تحلیل چرخه‌های دیرپایی فصل بارش ایران نمودار دوره نگار سری زمانی دیرپایی فصل بارش برای تک‌تک ۱۰۸ ایستگاه در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد، ترسیم شد. همان‌طور که گفته شد چرخه‌های معنی‌دار به چرخه‌هایی اطلاق می‌شوند که در خارج از محدوده معنی‌دار(محدوده خط‌چین) واقع‌شده باشند. بدین ترتیب طیف‌ها (واریانس‌ها)یی که با خط معنی‌دار، که در اینجا ۹۵ درصد در نظر گرفته‌شده است، تقاطع داشته باشند، چرخه‌های معنی‌دار تلقی می‌شوند. چرخه معنی‌دار همان رخداد دیرپایی همسان است که در طول سال‌ها تکرار می‌شوند و می‌تواند دارای فراوانی (احتمالات) متفاوتی باشد. لازم به ذکر است تمامی مراحل تحلیل همساز و رسم دوره نگار در محیط نرم‌افزار متلب انجام شد. سپس در مرحله بعد به‌منظور ارزیابی پراکنش مکانی چرخه‌های غالب، ابتدا چرخه‌های معنی‌دار استخراج و سپس در قالب نقشه با استفاده از نرم‌افزارArc Gis 10 به نمایش درآمد.

بحث

نتایج رسم دوره نگاره‌های ۱۰۸ ایستگاه موردمطالعه در نرم‌افزار R، نشان داد که در ۷٦ ایستگاه نوسانات دیرپایی فصل بارشی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. نتایج چرخه‌های معنی‌دار این ۷٦ ایستگاه به‌تفصیل در (جدول ۱) و به ترتیب نواحی دیرپایی فصل بارش کشور[۱۰](بسیار دیرپا، دیرپا، میانوند، کوتاه و بسیار کوتاه)، ارائه شد.). همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود این ۷٦ ایستگاه در ۵ ناحیه دیرپایی فصل بارشی و به‌بیان‌دیگر در ۳/٤ از ایستگاه‌های موردمطالعه پراکنده‌اند .

در ناحیه۱ بسیار دیرپا فصل بارشی، که شامل کرانه‌های غربی دریای خزر و منتهی الیه شمال غرب کشور می‌شود(شکل۳ب)، به‌غیرازایستگاه رشت که دارای یک چرخه غیر سینوسی معنی‌دار در همساز اول با دوره بازگشت ۲٦ ساله با واریانس ۵۳۰٤ و احتمال ٤ درصد می‌باشد، عمده نوسانات با دوره بازگشت ۲ تا ٤ ساله می‌باشد. همچنین به‌جز نوشهر که دارای دوچرخه معنی‌دار۴/۳ و ۲/۸ ساله به ترتیب در همساز ٦ و ۹ می‌باشد، نوسانات دیگر ایستگاه‌ها تک چرخه‌ای می‌باشد که نوسانات ۲/۸ ساله در بندر انزلی با احتمال ۳۵ درصد و اختصاص واریانس بیشتر(٤۸۸۲/۹۰)از اهمیت بیشتری برخورداراست.

۱۰- ناحیه بندی دیرپایی فصل بارش درتحقیقی جداگانه مورد بررسی واقع شد برای توضیحات بیشتر به مقاله "تحلیل سری های زمانی دیرپایی فصل

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

ناحیه۲ فصل بارشی دیرپا، مناطق مختلفی را در شمال شرق کرانه‌های شرقی دریای خزر، شمال غرب تا جنوب غرب کشور را در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس، برمی‌گیرد و وسیع‌ترین ناحیه بارشی کشور را به خود اختصاص می‌دهد(شکل۳ب). نوسانات طول فصل بارشی در این ناحیه عمدتاً تک چرخه‌ای و از نوع مدت۲ تا ٤ ساله و ٤ تا ٦ساله است. به طوریکه به‌جز ایستگاه‌های گرگان، سکرنچال، اردبیل، ارومیه، ایلام، شهرکرد و جره بالا که دارای دو همساز معنی‌دار می‌باشند، دیگر ایستگاه‌ها دارای یک همساز معنی‌دارند. همچنین به‌جز مراغه که با اولین همساز معنی‌دار، چرخه معنی‌داری به طول دوره آماری(٢٦ ساله) با احتمال ٤ درصد و واریانس ۲۷۷۰/۸داراست، عمده چرخه‌های حاکم با دوره بازگشت ۲ تا ٦ ساله است. چرخه‌های میان‌مدت ٦ تا ۸ ساله نیز در ایستگاه‌های کرج، همدان نوژه، سقز ، پارس‌آباد، جلفا، سراب، شهرکرد و دریکی از همساز های ارومیه، اردبیل، و ایلام دیده می‌شود، که عمدتاً در نیمه غربی کشور متمرکزند.

در ناحیه ۳ با دیرپایی میانوند فصل بارشی که شامل نواحی پراکنده‌ای در شمال شرق، مرکز و جنوب غرب کشور مشاهده می‌شود(شکل۳ب)، به‌جز دو ایستگاه سبزوار و کاشان، نوسانات تک چرخه‌ای غلبه دارند. کاشان با سه همساز معنی‌دار، چرخه‌های ۳/۷ ، ٤/۳ و ۱۳ ساله دارد که چرخه طولانی‌مدت ۱۳ ساله بیشترین واریانس از طیف را به خود اختصاص داده است. نوسانات در سبزوار نیز با چرخه‌های ٦/٥، ٥/۲، ۲/۳ ساله، تکرار می‌شوند که چرخه بسیار کوتاه‌مدت ۲/۳ ساله با واریانس بیشتر اهمیت بیشتری دارد. نوسانات در دیگر ایستگاه‌ها دارای یک همساز معنی‌دار می‌باشند و چرخه‌های آن‌ها عمدتاً ۲تا ٥ساله است. و نوسانات بسیار طولانی (علاوه بر همساز ۲ در کاشان) تنها در بستان با دوره بازگشت ۱۳ ساله دیده می‌شود.

ناحیه ٤ با دیرپایی کوتاه که به‌صورت یک‌زبانه پشته مانند بین ناحیه ۲ و٥ قرارگرفته نواحی شرق، جنوب شرق، جنوب و جنوب غرب و مرکز را در بر گفته است(شکل۳ب). در این ناحیه ایستگاه‌های نهبندان، خاش، بم و کرمان دارای دوچرخه معنی‌دار بوده که در نهبندان چرخه بسیار بلندمدت ۱۱ ساله واریانس بیشتری از طیف را نسبت به چرخه بسیار کوتاه ۲/۳ ساله به خود اختصاص داده است. در کرمان دوچرخه کوتاه‌مدت ۳/۷و ۳/۲ در همساز ۷و ۸ معنی‌دار است. در بم و خاش یک چرخه در همساز اول معنی‌دار بوده و دوره بازگشت ٢٦ ساله دارد و چرخه دوم به ترتیب با دوره بازگشت ۲ و۲/٦ ساله با اختصاص واریانس بیشتر از طیف چرخه‌ی در هر دو ایستگاه می‌باشند. به‌طورکلی در این ناحیه چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ٥ ساله حاکمیت داشته و نوسانات طول دوره بارشی در چرخه‌های کوتاه‌مدت با واریانس و فراوانی بیشتر، اهمیت بیشتری دارند.

در ناحیه٥ با دیرپایی بسیار کوتاه که شامل نواحی در شرق، جنوب شرق و سواحل جنوب کشور می‌باشد و به‌صورت یک پشته تا کویر مرکزی پیش رفته است(شکل۳ب)، در این ناحیه نوسانات دوچرخه‌ای نسبت به نواحی دیگر فراوانی بیشتری دارد به طوریکه نوسانات دیرپایی فصل بارش در ایستگاه‌های یزد، بندرعباس، دژگان، کیش، ناهوک، بوشهر و اداره لار(۷ ایستگاه) دو همساز معنی‌دار می‌باشند. همچنین چرخه‌های ۸ ساله به بالا در این ناحیه فراوانی بیشتری(٦ ایستگاه) دارند. به طوریکه در باغان و بوشهر در همساز سوم چرخه با دوره بازگشت ۸/٦ ساله، در جاسک، ناهوک و دژگان در همساز دوم، چرخه با دوره بازگشت ۱۳ ساله و در کیش در همساز اول، چرخه با

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

دوره بازگشت ۲۶ساله دیده می‌شود. اما همچنان در این ناحیه نیز چرخه‌های کوتاه‌مدت ۲ تا ۵ ساله ازنظر تعداد و با اختصاص واریانس بیشتر، غلبه دارند. نمودار دوره نگار چرخه‌های معنی‌دار برخی از ایستگاه‌ها در شکل (۲) به نمایش درآمده است.

جدول۱ - نتایج تحلیل همساز معنی‌دار دیرپایی فصل بارش (در سطح ۹۵درصد)

Table1-The statistically significant durable of rainy season(at the 95% confidence level) in the harmonic analysis results

ردیف	نواحی دیرپایی بارشی	ایستگاه	شماره چرخه معنی‌دار(۹۵٪)	دوره بازگشت (چرخه به سال)	واریانس	واریانس همساز	احتمال (درصد)
۱	بسیار دیرپا	ماکو	7	3.71	2226.65	85.64	27
۲		بندر انزلی	9	2.89	4882.90	187.80	35
۳		رشت	1	26.00	5304.31	204.01	4
٤		رامسر	4	6.50	2725.52	104.83	15
٥		نوشهر	6	4.33	2105.87	81.00	23
			۹	2.89	2231.15	85.81	35
٦	دیرپا	مشهد	5	5.20	12920.62	496.95	19
۷		گرگان	5	5.20	11269.78	433.45	19
			7	3.71	11119.08	427.66	27
۸		بابلسر	7	3.71	15897.21	611.43	27
۹		سکرنچال	5	5.20	25962.58	998.56	19
			13	2.00	21853.00	840.50	50
۱۰		آبعلی	7	3.71	6840.52	263.10	27
۱۱		تهران	7	3.71	6787.43	261.06	27
۱۲		کرج	3	8.67	18069.39	694.98	12
۱۳		دوشان تپه	7	3.71	13372.70	514.33	27
١٤		قره قانلو	7	3.71	21123.07	812.43	27
۱۵		خرمدره	5	5.20	4690.47	180.40	19
١٦		نوژه	3	8.67	9716.27	373.70	12
۱۷	دیرپا	همدان	6	4.33	8824.94	339.42	23
۱۸		سنندج	8	3.25	11889.24	457.28	31
۱۹		سقز	3	8.67	5368.09	206.47	12
۲۰		پارس آباد	4	6.50	13603.73	523.22	15
۲۱		اردبیل	3	8.67	14746.05	567.16	12
			11	2.36	21409.27	823.43	42
۲۲		جلفا	4	6.50	13710.17	527.31	15
۲۳		سراب	4	6.50	11614.72	446.72	15
٢٤		مراغه	1	26.00	2770.85	106.57	4
۲۵		اهر	7	3.71	8820.16	339.24	27
٢٦		ارومیه	3	8.67	8081.48	310.83	12
	دیرپا		9	2.89	15018.01	577.62	35

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

ادامه جدول۱ - نتایج تحلیل همساز معنی‌دار دیرپایی فصل بارش (در سطح ۹۵درصد)

Continue of table1-The statistically significant durable of rainy season(at the 95% confidence level) in the harmonic analysis results

۲۷		مهاباد	9	2.89	13526.38	520.25	35
۲۸		تکاب	11	2.36	3819.03	146.89	42
۲۹		سرپل	9	2.89	6849.66	263.45	35
۳۰		ایلام	3	8.67	14982.93	576.27	12
			9	2.89	12466.86	479.49	35
۳۱		اراک	10	2.60	1908.30	73.40	38
۳۲		الیگودرز	7	3.71	11886.64	457.18	27
۳۳		شهرکرد	4	6.50	9208.88	354.19	15
			9	2.89	7775.55	299.06	35
۳٤		جره بالا	7	3.71	10231.06	393.50	27
			9	2.89	10426.69	401.03	35
۳۵	میانوند	کاشمر	3	8.67	14386.58	553.33	12
۳٦		سبزوار	4	6.50	9137.82	351.45	15
			5	5.20	10125.98	389.46	19
			11	2.36	13880.71	533.87	42
۳۷		تربت	5	5.20	11487.49	441.83	19
۳۸		سمنان	12	2.17	31223.53	1200.91	46
۳۹		گرمسار	13	2.00	32901.23	1265.43	50
٤۰		قم	6	4.33	23162.83	890.88	23
٤۱		کاشان	2	13.00	41689.25	1603.43	8
			6	4.33	18713.41	719.75	23
			7	3.71	15205.62	584.83	27
٤۲		اصفهان	6	4.33	22304.90	857.88	23
٤۳		بستان	2	13.00	32337.55	1243.75	8
٤٤		اهواز	10	2.60	29336.37	1128.32	38
٤۵		امیدیه	9	2.89	18442.10	709.31	35
٤٦		دوگنبدان	9	2.89	21406.58	823.33	35
٤۷	کوتاه	بیرجند	2	13.00	9478.40	364.55	8
٤۸		نهبندان	2	13.00	15900.91	611.57	8
			11	2.36	14634.92	562.88	42
٤۹		دیهوک	7	3.71	34966.52	1344.87	27
۵۰		طرود	1	26.00	5404.23	207.86	4
۵۱		فردوس	9	2.89	17711.10	681.20	35
۵۲		ایزد خواست	11	2.36	35986.09	1384.08	42
۵۳	کوتاه	فسا	9	2.89	20313.22	781.28	35
۵٤		جعفر آباد	5	5.20	3550.54	136.56	19
۵۵		کرمان	7	3.71	15548.15	598.01	27
			8	3.25	16178.08	622.23	31
۵٦		بم	1	26.00	10172.49	391.25	4

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

ادامه جدول۱ – نتایج تحلیل همساز معنی‌دار دیرپایی فصل بارش (در سطح ۹۵درصد)

Continue of table1-The statistically significant durable of rainy season(at the 95% confidence level) in the harmonic analysis results

		13	2.00	14757.23	567.59		50
۵۷	آباده	9	2.89	29843.08	1147.81		35
۵۸	خاش	1	26.00	17243.69	663.22		4
		11	2.36	20608.91	792.65		42
۵۹	خوربیابانک	6	4.33	13881.51	533.90	بسیار کوتاه	23
٦۰	زابل	6	4.33	6578.82	253.03		23
٦۱	اسلامیه	6	4.33	7417.61	285.29		23
٦۲	یزد	6	4.33	14982.66	576.26		23
		10	2.60	13340.46	513.09		38
٦۳	انار	6	4.33	17735.74	682.14		23
٦٤	بندرعباس	8	3.25	8596.14	330.62		31
		13	2.00	9748.92	374.96		50
٦۵	میناب	9	2.89	9643.44	370.90		35
٦٦	دژگان	2	13.00	2431.27	93.51		8
		8	3.25	3005.49	115.60		31
٦۷	کیش	1	26.00	10556.80	406.03		4
		8	3.25	9269.65	356.53		31
٦۸	ابوموسی	9	2.89	11373.28	437.43		35
٦۹	بندرلنگه	13	2.00	10080.31	387.70	بسیار کوتاه	50
۷۰	سیری	9	2.89	12589.18	484.20		35
۷۱	ناهوک	2	13.00	7150.13	275.01		8
		12	2.17	9865.65	379.45		46
72	سراوان	13	2.00	21444.92	824.80		50
۷۳	جاسک	2	13.00	7233.98	278.23		8
۷٤	بوشهر	3	8.67	15241.54	586.21		12
		9	2.89	6148.35	236.48		35
۷۵	باغان	3	8.67	3951.37	151.98		12
۷٦	اداره لار	7	3.71	6510.58	250.41		27
		8	3.25	8869.97	341.15		31

۳۲ ایستگاه از مجموع ۱۰۸ ایستگاه موردمطالعه، چرخه معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد ندارند و نوسانات دیرپایی فصل بارش در آن‌ها به‌صورت تصادفی است(شکل۳). این بدان معنی است که واریانس طیف‌ها در بین تمامی همسازها به نسبت تقریباً برابر توزیع یافته و نوسانات دیرپایی فصل بارش آن‌ها از الگوی خاصی تبعیت نکرده و رفتاری کاملاً تصادفی دارد. پراکنش چرخه‌های بی‌معنی در هر ۵ ناحیه دیرپایی فصل بارشی دیده می‌شود . در ناحیه۱ (بسیار دیرپا) تنها ایستگاه ساحلی آستارا نوسانات تصادفی را تجربه می‌کند.در ناحیه۲ با فصل بارشی دیرپا ۱۱ ایستگاه(ایستگاه‌های قوچان، قزوین، سلطانبلاغ، زنجان، تبریز، خوی، پیرانشهر، سردشت، کرمانشاه، خرم‌آباد و شیراز) چرخه‌های بی‌معنی و نوسانات تصادفی را گزارش می‌کنند. ازآنجایی‌که این ناحیه وسیع‌ترین ناحیه دیرپایی فصل بارش است ازاین‌رو بیشترین چرخه‌های بی‌معنی را در خود جای‌داده است که به‌جز دو ایستگاه قوچان در شمال شرق و شیراز در جنوب، مابقی در غرب و شمال غرب تمرکزیافته‌اند. در ناحیه ۳ (میانوند)، طول

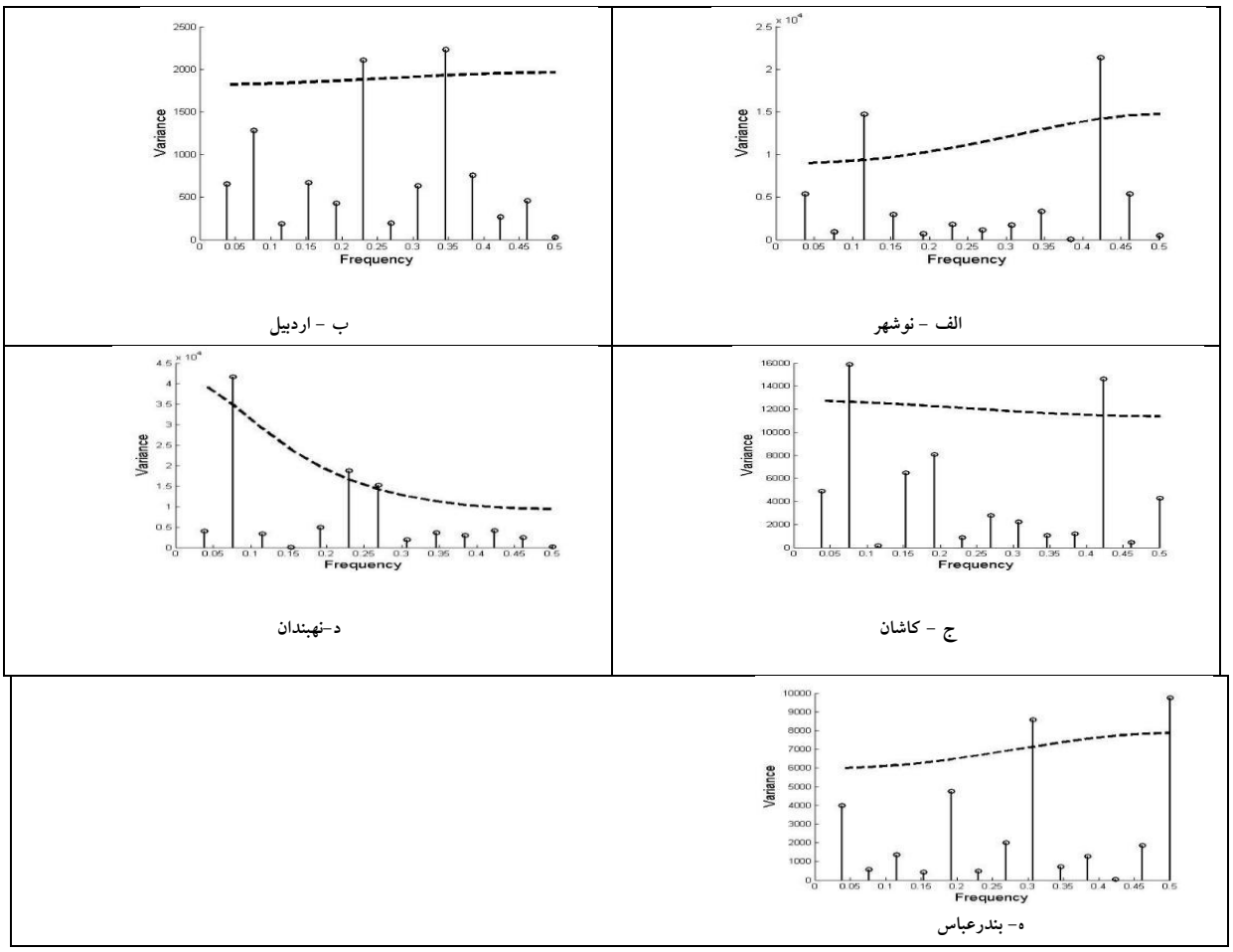
Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

فصل بارشی متوسط است و ۷ ایستگاه(ایستگاه‌های سرخس، آغمزار، بجنورد، مراوه تپه، شاهرود، نمارستاق و مسجد سلیمان) نوسانات تصادفی را در طول مدت فصل بارش تجربه می‌کنند که بیشتر آن‌ها (۵ ایستگاه) در شمال شرق قرار دارند. تنها دو ایستگاه دیگر یکی در دامنه‌های جنوبی البرز و دیگری در جلگه خوزستان دیده می‌شوند. در ناحیه٤ با طول فصل بارشی کوتاه در۵ ایستگاه(طبس، جندق، سیرجان، زاهدان و آبادان) نوساناتی تصادفی است. ۳ ایستگاه از ۵ ایستگاه در کویر مرکزی(۳ ایستگاه) و در مرز این ناحیه با ناحیه ۵ جای گرفته‌اند. و ۲ ایستگاه دیگر تقریباً در یک عرض جغرافیایی یکی در جنوب شرق و دیگری در جنوب غرب قرار دارد. و در ناحیه۵ با طول فصل بارشی بسیار کوتاه است که نوسانات آن در ۸ ایستگاه (ایرانشهر، قصر قند، چابهار، کنارک، پیشین، خراجی، خارپشت، شاهماران) تصادفی است که عمدتاً در جنوب شرق(۵ ایستگاه)و در جنوب کرمان(۲ ایستگاه) و شمال هرمزگان(۱ ایستگاه) متمرکزشده‌اند. بنابراین، نسبت چرخه‌های بی‌معنی به معنی‌دار در ناحیه بسیار دیرپا (۰/۲)و دیرپا(۰/۳۷) کمتر از نواحی کوتاه(۰/٤) و بسیار کوتاه (۰/٤٤) است و در ناحیه میانوند(۰/۵۸) به بیشترین حد خود می‌رسد. دوره نگار ایستگاه‌های آستارا، قزوین، سرخس، طبس و چابهار به‌عنوان نمونه در هر ۵ ناحیه دیرپایی فصل بارش که نوسانات دیرپایی فصل بارش آن‌ها معنی‌دار نبوده و تصادفی است در شکل (٤) قابل‌ملاحظه است.

به‌طورکلی در (۵) ناحیه دیرپایی بارش، فراوانی نوسانات معنی‌دار تک چرخه‌ای بیشتر از نوسانات چند چرخه‌ای است. به طوریکه چرخه‌های معنی‌دار ۵۵ ایستگاه از ۷٦ ایستگاه تک چرخه‌ای می‌باشند. در حالیکه در ۱۹ ایستگاه دو همساز معنی‌دار دیده می‌شود که بیشتر در ناحیه ۲ و۵ (دیرپا و بسیار کوتاه) پراکنده‌اند. همچنین در دو ایستگاه کاشان و سبزوار در ناحیه میانوند، ۳ همساز معنی‌دار وجود دارد(جدول۱). ازآنجایی‌که، در این ایستگاه‌ها چرخه‌ای که واریانس بیشتری از طیف را به خود اختصاص دهد اهمیت بیشتری دارد.ازاین‌رو یافتن چرخه غالب و مهم، در مرحله بعد اساس کار قرار گرفت و پراکنش مکانی آن‌ها در نرم‌افزار Arc Gis10 به‌صورت نقشه به تصویر درآمد(شکل۵).

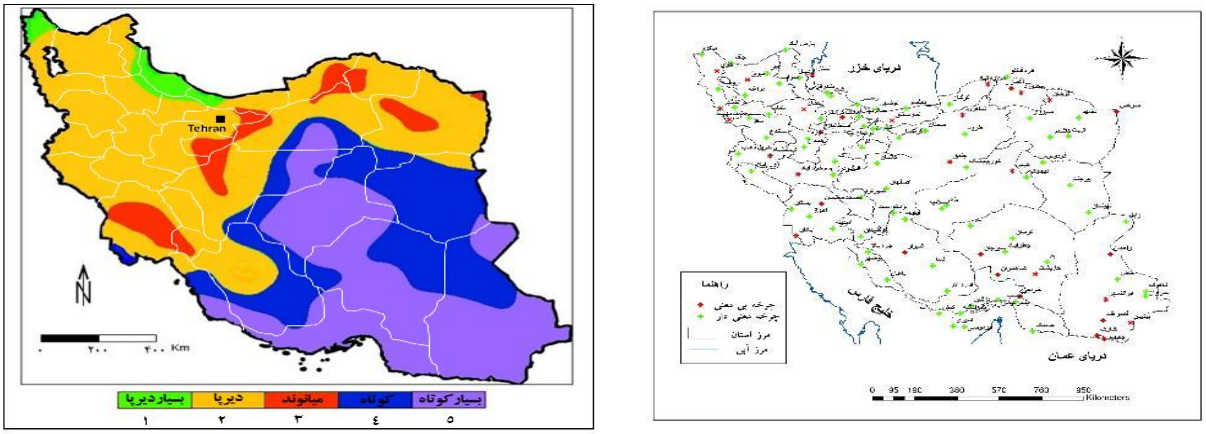
همان‌طور که در شکل (۵) ملاحظه می‌شود چرخه‌های غالب کوتاه‌مدت ۲ تا ٤ ساله دیرپایی فصل بارش کشور در دوره مرطوب بیشترین سهم را درهم‌سازها دارند به طوریکه۵۳/۹ درصد از ایستگاه‌ها، ٤۱ از ۷٦ ایستگاه، دارای چرخه‌های بسیار کوتاه‌مدت ۲ تا ٤ ساله هستند. این چرخه‌ها به‌صورت نقاط پراکنده در شرق و غرب کشور دیده می‌شود. اما هسته اصلی آن به‌صورت نواری ممتد در نیمه جنوبی کشور، و اغلب دور از ساحل، جای گرفته است. هسته کوچک‌تر دیگر در شمال کشور از سواحل دریای خزر در مازندران تا غرب استان سمنان و شرق استان تهران کشیده شده است. چرخه‌های غالب کوتاه‌مدت ٤ تا ٦ ساله در ۱۸/٤ درصد از ایستگاه‌ها (۱٤ایستگاه) مشاهده می‌شود که تقریباً در تمام کشور پراکنده است اما بیشتر در ایران مرکزی (اصفهان، اسلامیه، قم، خوربیابانک، انار، یزد) نمود دارند. به طوریکه در شمال در دو ایستگاه گرگان و سکرنچال و در شمال شرق در مشهد و تربت ، در شرق در زابل و در غرب در ایستگاه‌های جعفرآباد، خرمدره و همدان نیز دیده می‌شوند

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025



شکل۲: دوره نگاره‌های چرخه‌های معنی‌دار (۹۵٪) ایستگاه‌های منتخب. الف) ناحیه۱ بسیار دیرپا، ب) ناحیه۲ دیرپا، ج) ناحیه۳ میانوند، د) ناحیه ٤کوتاه ، ه) ناحیه ٥ بسیار کوتاه فصل بارش کشور در دوره مرطوب(سپتامبر – می) سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۰

Figure 2: Periodograms of significant cycles (95%) for selected stations during the wet period (September to May) 1990 to 2015: a) Region 1 very durable, b) Region 2 durable, c) Region 3 Medium durable, d) Region 4 Low durability, and e) Region 5 with a very Low durability



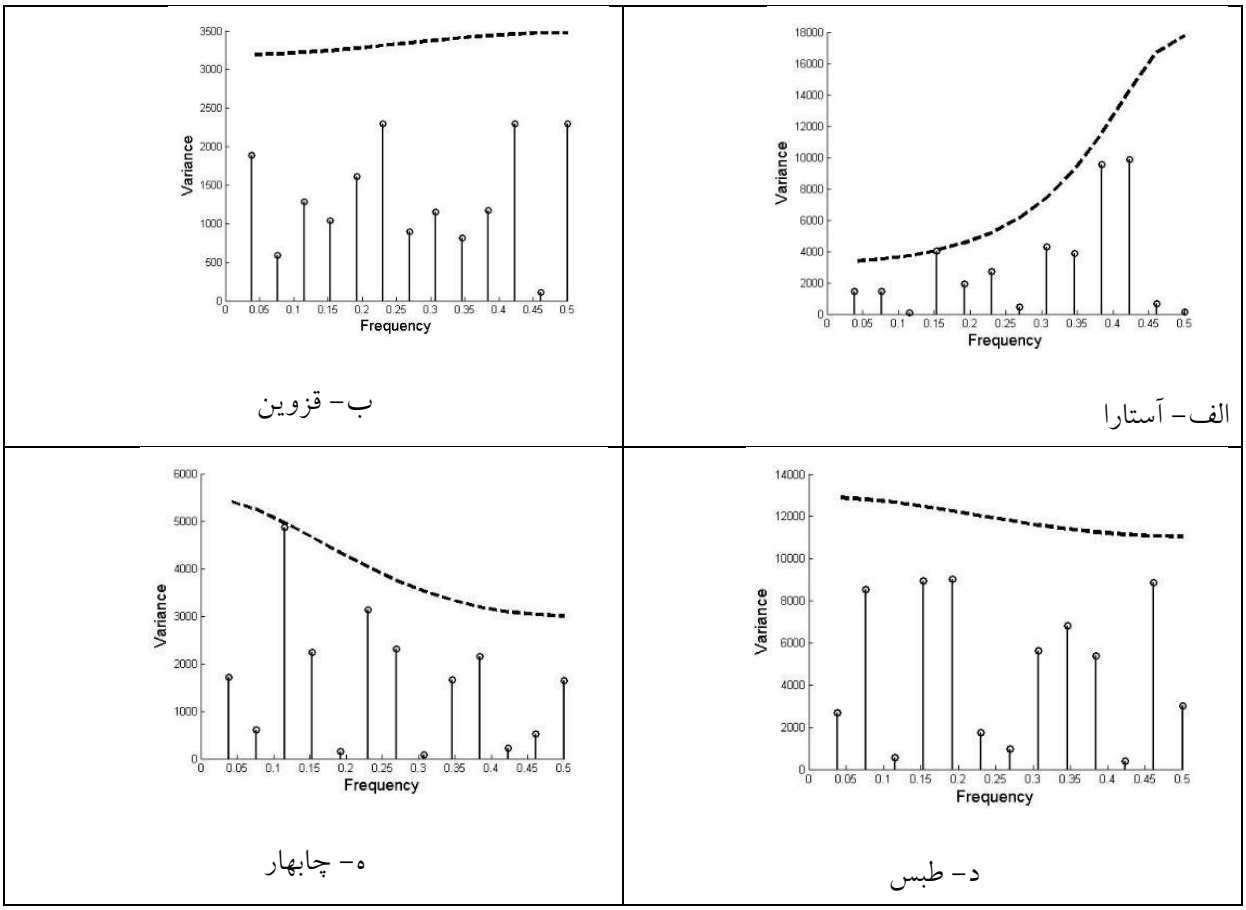
(ب) (الف)

شکل ۳: الف) پراکنش ایستگاه‌های دارای چرخه بی‌معنی و معنی‌دار (۹۵درصد). ب) نواحی دیرپایی فصل بارش در دوره مرطوب

Figure 3: a) Distribution of stations with insignificant and significant (95%) cyclic patterns. b) Durable regions during the wet period

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

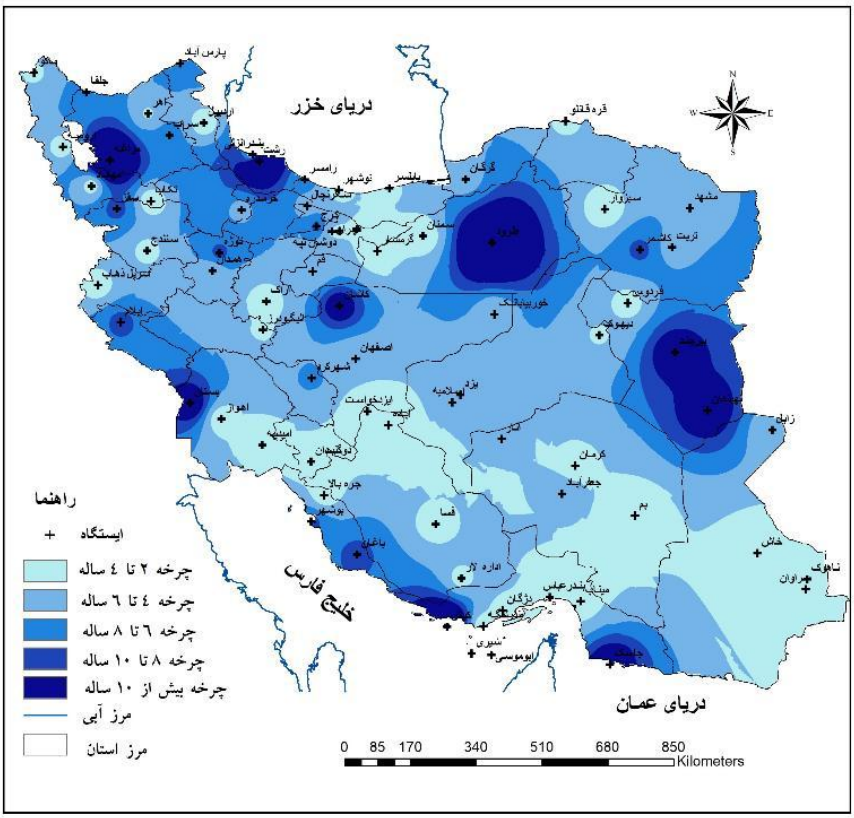
چرخه‌های غالب میان‌مدت ٦ تا ۸ ساله در٦/٥درصد از ایستگاه‌ها(٦ ایستگاه) دیده می‌شوند به‌جز رامسر در ساحل دریای خزر، مابقی در نیمه غربی کشور متمرکزشده‌اند. به طوریکه در شمال غرب در سه ایستگاه جلفا، پارس‌آباد، سراب و در جنوب غرب در شهرکرد دیده می‌شود. اما چرخه‌های غالب بلندمدت ۸ تا ۱۰ ساله مجموعاً در۹/۲ درصد از ایستگاه‌های منتخب(۷ ایستگاه) به‌صورت هسته‌های پراکنده و اغلب در حاشیه چرخه‌های بیش از ۱۰ سال قرارگرفته‌اند که در غرب کشور شامل ایستگاه‌های نوژه، ایلام وسقز، شده و همچنین در شرق در بیرجند، شمال شرق در کاشمر، در سواحل خلیج‌فارس در باغان و بوشهر و در دامنه‌های جنوبی البرز در کرج دیده می‌شود. و چرخه‌های غالب بسیار بلندمدت بیش از ۱۰ سال در۱۱/۸ درصد از ایستگاه‌ها(۹ایستگاه) دیده می‌شوند به‌مانند چرخه‌های بلندمدت، در نقاط مختلف کشور پراکنده‌اند و الگوی کاملاً گسیخته را نشان می‌دهند.، به طوریکه در سواحل خزر در رشت در سواحل جنوبی در جاسک و کیش، در شرق در بیرجند و نهبندان، در غرب در بستان، درشمال غرب در مراغه، در کویر مرکزی در طرود و کاشان دیده می‌شود (شکل۵).



شکل ٤: دوره نگاره‌های الگوهای چرخه‌های بی‌معنی ایستگاه‌های منتخب. الف) ناحیه۱ بسیار دیرپا، ب) ناحیه۲ دیرپا، ج) ناحیه۳ میانوند، د) ناحیه٤ کوتاه، ه) ناحیه۵ بسیار کوتاه فصل بارش کشور در دوره مرطوب(سپتامبر - می) سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۹

Figure 4. Periodograms of insignificant cyclic patterns for selected stations during the wet period (September to May) 1999 to 2015: a) Region 1 very durable, b) Region 2 durable, c) Region 3 Medium durable, d) Region 4 Low durability, and e) Region 5 with a very Low durability

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025



شکل ۵: پراکنش مکانی چرخه‌های معنی‌دار دیرپایی فصل بارش ایران

Figure 5: Spatial distribution of significant durable cycles during the rainy season in Iran.

نتیجه‌گیری

روش تحلیل طیفی، با تحلیل واریانس هر یک از موج‌ها، در جهت کشف نوسانات تناوبی و چرخه‌های نهفته سری‌های زمانی اقلیمی در پیش‌بینی‌های اقلیمی و درنتیجه مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی‌های بهینه محیطی نقش مهم و کارآمدی دارد. ازاین‌رو در این نوشتار به‌منظور کشف نوسانات سری زمانی دیرپایی فصل بارش کشور در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۱۰۸ ایستگاه در سطح کشور ، ابتدا بر اساس روز شروع و پایان دوره‌های بارشی کشور در فصل مرطوب (سپتامبر تا می) طول فصل بارش کشور به دست آمد و سپس بر اساس سری زمانی ۲٦ ساله در هر ایستگاه با استفاده از تحلیل همساز به بررسی نوسانات دیرپایی فصل بارش در پهنه کشور پرداخته شد.

نتایج تحلیل همساز سری زمانی و بررسی دوره نگاره‌ای ایستگاه‌های منتخب بر اساس نواحی دیرپایی فصل بارش کشور (بسیار دیرپا(۱)، دیرپا(۲)، میانوند(۳)، کوتاه(٤)، بسیار کوتاه(۵)) نشان داد که نوسانات دیرپایی فصل بارش کشور در دوره مرطوب در ۳۲ ایستگاه از الگوی خاصی تبعیت نکرده و کاملاً تصادفی می‌باشد. این در حالی است که ۷٦ ایستگاه دیگر نوسانات معنی‌دار را در سطح ۹۵ درصد، تجربه می‌کنند. لازم به ذکر است که نسبت چرخه‌های بی‌معنی به چرخه‌های معنی‌دار در نواحی ٤ و ۵ نسبت به نواحی ۱ و ۲ بیشتر می‌باشد و در ناحیه ۳ به حداکثر خود می‌رسد. به طوریکه یک‌سوم از چرخه‌های بی‌معنی در جنوب شرق کشور در دو استان کرمان و سیستان بلوچستان

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

دیده می‌شود و مابقی آن در شمال شرق و نیمه غربی کشور پراکنده است. که این امر با توجه به عدم ثبات فرازسنج‌های متنوع اقلیمی مؤثر در وقوع بارش در سال‌های مختلف، در این نواحی قابل توجیه است.

در بررسی پراکنش مکانی چرخه‌های غالب و معنی‌دار دیرپایی فصل بارش شاهد چرخه‌های متنوعی در طول ساحل دریای خزر هستیم که با حرکت از شرق به غرب، بر طول مدت آن‌ها افزوده می‌شود. متنوع بودن چرخه‌های یادشده در کرانه‌های خزری، به‌مانند چرخه‌های بارش حدی در این منطقه، علاوه بر عامل کلان‌مقیاس اقیانوسی – جوی و پیوند از دور، تفاوت در سرعت پاسخگویی جو منطقه به تغییرات منطقه‌ای و فرا منطقه‌ای متفاوت، بسامدهای فرا سنج‌های اقلیمی و رفتار آن‌ها در بخش‌های غربی و شرقی این منطقه، از عوامل تعیین‌کننده متنوع بودن چرخه‌های یادشده می‌باشد(kootenabi et al., 2018). در نوار جنوبی کشور شاهد هسته اصلی تراکم چرخه‌های بسیار کوتاه‌مدت ۲ تا ٤ ساله هستیم که عمدتاً دورتر از ساحل قرارگرفته است، به طوریکه در این منطقه با حرکت از کوهپایه به سمت کرانه، چرخه‌ها طولانی‌مدت تر می‌شوند. با توجه به پژوهش (Saligheh et al.,(2015) نوسانات کوتاه‌مدت بارش در این منطقه به پدیده النینو و انسو مرتبط است.

اگرچه بیش از دوسوم چرخه‌های معنی‌دار در دو ناحیه ۲ و ۵ دیرپایی فصل بارش جای گرفته‌اند اما تنوع آن‌ها با کوتاه‌تر شدن طول مدت فصل بارش،کاهش می‌یابد. به‌طوری‌که کمترین تنوع در چرخه‌های معنی‌دار را در ناحیه ٤ و ۵ دیرپایی فصل بارش شاهد هستیم و متنوع‌ترین چرخه‌های معنی‌دار در ناحیه۲ دیرپایی فصل بارش دیده می‌شود. در راستای رشته‌کوه‌های زاگرس، از شمال به جنوب، چرخه‌های کوتاه‌مدت‌تر غلبه می‌یابند. به نظر می‌رسد تنوع چرخه‌ها در امتداد رشته‌کوه‌های زاگرس، به‌مانند چرخه‌های متنوع آب قابل بارش، و بارش سالیانه، ناشی از تنوع عوامل بارش زا است، به طوریکه علاوه بر سامانه‌های کلان‌مقیاس جوّی، عوامل محلی، به‌مانند عامل ارتفاعات و مجاورت پهنه آب‌های جنوبی نیز در وقوع الگوهای مذکور دخالت دارند (Asakerh et al., 2014; Alijani et al., 2016). به‌عنوان نمونه می‌توان به نقش نوسانات جوی– اقیانوسی، NAO، AO و ENSO در چرخه‌های بارش سالانه و حدی در این منطقه، اشاره کرد.(Rezaei Benafshe et al ,.2015). به‌طورکلی، با حرکت از شمال به جنوب کشور، و از حواشی شرقی و غربی به سمت کویرهای مرکزی، علاوه بر کاهش تنوع چرخه‌های معنی‌دار حاکم بر دیرپایی فصل بارش، از طول مدت آن‌ها نیز، کاسته می‌شود. این امر را Alijani et al (2016) به معدود بودن عوامل بارش زا و عدم الگوی مشخص و خاص بارش در جنوب و مرکز کشور مربوط می‌دانند. درمجموع نتایج این نوشتار نشان داد که نوسانات معنی‌دار حاکم بر دیرپایی فصل بارش کشور در دوره مرطوب، به‌مثابه نوسانات حاکم بر بارش سالیانه(Alijani et al., 2016) و آب قابل بارش کشور(Asakereh et al., 2014) ، اغلب بسیار کوتاه‌مدت و ۲ تا ٤ ساله و از نوع تک چرخه‌ای است. در پایان لازم است به این نکته اشاره نمود که اگرچه، در بررسی چرخه‌ها و نوسانات بارش فصلی، سالانه و حدی با روش تحلیل طیفی، در نقاط مختلف جهان نقش عامل کلان‌مقیاس اقیانوسی – جوی و پیوند از دور مورد تائید بوده است(Soberly et al., 2017 ; Koulibaly et al., 2006) ،اما ارتباط دقیق آن با دیرپایی فصل بارش نیاز به تحقیقات بیشتری در قالب پژوهشی مجزا دارد.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

References

-Alijani, B.,& Harman, JR. (1985). " Synoptic climatology of precipitation in Iran." ***Annals of the Association of American Geographers***, 75, 16-40. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1985.tb00075.x.

-Alijani, B., Bayat, A., Dostkamian, M., &Baliani, Y.(2016). "Spectral analysis of annual precipitation .time series in Iran". ***Geography and Planning Journal***, 57, 217-236. [In Persian]

-Asadi Zarch, M. A. (2017). "Investigating the impact of climate change on drought occurrence in Yazd province." ***Desert Management Journal***, 9: 74-90. [In Persian] .SID. https://sid.ir/paper/252830/fa.

-Asakereh, H.(2019)."Decadal variation in precipitation regime in northwest of Iran". ***Theoretical and Applied Climatology***, 39, 461-471. https://doi.org/10.1007/s00704-019-02984-9.

-Asakerah, H., &Hoseinjani, L. (2017)."Investigating the annual temperature and precipitation cycles of Bandar Anzali station" .***Geographical Thought***, 17, 22-37. [In Persian].

-Asakerah, H., Mohudi, S., Sabzipoor, A., &Masoudian, Z. (2014)."Iran climatology using harmonic analysis" .***Geographic Research Quarterly***, 29,15-26. [In Persian].

- Aviad, Y., Kutiel, H., &Lavee, H.(2004)." Analysis of beginning, end, and length of the rainy season along a Mediterranean–arid climate transect for geomorphic purposes." ***Journal of arid environments***, 59,189-204. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.01.013.

-Chen,Sh., Yan, Y., Liu, G., Fang, D., Wu, Z. , He, J., &Tang, J. (2019)."Spatiotemporal characteristics of precipitation diurnal variations in chongqing with complex terrain". ***Theoretical and Applied Climatology***, 137,1217–1231. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2662-7.

-Dadashi Roodbari, A., Falah Ghalehri, G., Karami, M., &Baaqiedeh, M. (2016). "Analysis of precipitation changes in the Haraz watershed using statistical methods and spectral analysis techniques." ***Hydromorphology***, 7, 86-59.[In Persian] .https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_5353.html

-Earle, M.D., Steele, K.E.,. &Wang, D.W.C.(1999). "Use of advanced directional wave spectra analysis methods". ***Ocean Engineering***, 26,1421-1434. https://doi.org/10.1016/S0029-8018(99)00010-4.

-Emmerzil, W. W., Quiroz, A., &De jongs, M.(2004)."Understanding precipitation patterns and land use interaction in Tibet using harmonic analysis of SPOT VGT-S10 NDVI time series". ***International Journal of Remote Sensing,*** 26, 2281–2296. https://doi.org/10.1080/01431160512331326611.

-Gail,M., Allen, M.R., Dettinger,. M.D., Ide, K., Kondrashov, D., Mann, M.E., Saunders,A.W.,Tian, Y., Varadi, F.,&Yiou, P. (2001). "Advanced spectral methods for climatic time series". ***Reviews of Geophysics***, 40:1-1-1-41. https://doi.org/10.1029/2000RG000092.

-Gregory, P.J., Ingram, J.S.I., &Brklacich, M.(2005)."Climate change and food security". ***Philosophical Transactions of the Royal Society,*** 360, 2139–2148. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1745.

-Hartmann, S., Becker, G., &King, L. (2008). "Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series". ***Theor. Appl. Climatology***, 92, 155–163. https://doi.org/10.1007/s00704-007-0317-1.

-Horn, H., Bryson, L., &Reid, A. (1960)."Harmonic analysis of the annual march of precipitation over the United States". ***Annals of the Association of American Geographers*** ,50, 157-171. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1960.tb00342.x.

-Hosseinizadeh, A., SeyedKaboli, H., Zareie, H., Akhondali, A., & Farjad, B. (2015), "Impact of climate change on the severity, duration, and frequency of drought in a semi-arid agricultural basin".***Geo Environmental Disasters***, 2, 2-23.[In Persian].

-Kadioglu, M., Ozturk, N., Erdun, H., &Sen, Z. (1999)." On the precipitation climatology of Turkey by harmonic analysis".***International Journal of Climatology***, 19, 1717–1728. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199912)19:15.

-Karimi, V., Karami, E.,& Keshavarz, M.(2-18). "Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran".***Journal of Integrative Agriculture***,171,1-15. [In Persian].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

-Khaki, M., Forootan, E., Kuhn, M., Awange, J., Van Dijk, A.I.J.M., Schumacher,M., &Sharifi ,M.A. (2018). "Determining water storage depletion within Iran by assimilating GRACE data into the W3RA hydrological model". ***Advances in Water Resources,*** 114 ,1-18.[In Persian].
-Kirkyla, I.K., &Hammed, S. (1989). "Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the Unites States: A comparison between observation and a general circulation model". ***Journal of Climate***, 2,1463-1475. https://doi.org/10.1175/15200442(1989)002<1463:HAOTSC>2.0.CO;2.
-Koulibaly, P. (2006). "Spatial and temporal variability of Canadian seasonal precipitation (1900–2000) ".***Advances in Water Resources***, 29,1846–1865. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2005.12.013.
-Lana.x., &Borgina, A. (2000). "Statistical distribution and spectral analysis of rainfall anomalies for Barcelona (NE Spain**)". *Theor. Appl. Climatology***, 66, 211-227. https://doi.org/10.1007/s007040070026.
-Liu, H. , Hitchcock, D., B., &Samadi, S. Z.(2019). "Spatial and spatio-temporal analysis of precipitation data from South Carolina".***Modern Statistical Methods for Spatial and Multivariate Data,*** 30, 31-50. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11431-2_2.
-Livada, I., Charalambous, M.,& Asimakopoulos, N.(2008)."Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece".***Theoretical and Applied Climatology***, 93, 45-55. https://doi.org/10.1007/s00704-007-0331-2.
-Madden ,R., &Jones, R.(2001)." A quantitative estimate of the effect of aliasing in climatological time series". ***Journal of Climate***, 14,3987-3993.https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<3987:AQEOTE>2.0.CO;2.
-Mann, M.E., Park, J., &Bradley,R.S. (1995)."Global inter decadal and century-scale oscillations during the past five centuries". ***Nature***, 378,266-270. https://doi.org/10.1038/378266a0.
-Mirmousavi, S. H., Jalali, M., Abkhti Grossi, H.,& Khaefi, N.(2013)." Analysis of time series patterns of precipitation in Khoi meteorological station". ***Geographical space***,47,1-17. [In Persian].
-Mitchell, Jr., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hofmeyr, WL., Lamb, H., Rao, KN.,&Wallen, CC.(1966)." Climate change. Report of a working group of the Commission for Climatology". ***World Meteorological Organization Technical Note,***79, 309-324. https://doi.org/10.1007/s00382-009-0544-5.
-Olsen, L.R., Probal, C.,& Fred, G. (2008). "Multistage spectral analysis for detecting short and long range change points in time series". **Comput*ational Statistics and Data Analysis***, 52, 3310–3330. https://doi.org/10.1016/j.csda.2007.10.027.
-Onyango, A.O. , Xu, H., &Lin, Z. (2020)."Diurnal cycle of rainfall over Lake Victoria basin during the long- rain season based on TRMM satellite estimate". ***International Journal of climatology***, 40, 4622-4637. https://doi.org/10.1002/joc.6479.
-Rezaei Banafsheh, M., Najafi, M., Naghizadeh, H., &Abkharabat, Sh. (2015). "Investigating the behavior of heavy precipitations in connection with effective factors on precipitation in the west and northwest of Iran. " ***Geography and Environmental Hazards***, 13, 133-153. [In Persian].
-Robeson, S. M. (1997)."Statistical considerations", In: Thompson Russell, D., Perry A., (Eds). ***Applied climatology, principles and practice***. London: Routledge Pub. https://books.google.com/.
-Rorodeh, H., Yousefi, Y., Masoumpour Samakoush, J.,& Faizi, V. (2014). "Temporo-spatial variability of intense precipitation in Iran." ***Geography and Environmental Planning***, 2,25-36 [In Persian]. https://journals.ui.ac.ir/article_18659.html.
-Sabbagh,E., Bryson, M., &Reid, A. (1962). "Aspects of the precipitation climatology of Canada investigated by the method of Harmonic analysis". ***Climatology of Canada***, 52, 426-440. https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1962.tb00423.x.
aleghah, M., Asakerah, H., Naserzadeh, M.,& Baliani, Y. (2015). "Analysis of annual precipitation time Series trends and cycles in Helmand and Mend basins" .***Applied Research in Geographical Sciences***, 37,245-272. [In Persian].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

Sabziparvar, A. A., Movahedi ,S., Asakereh, H., Maryanaji, Z.,& Masoodian, S. A. (2015)."Geographical factors affecting variability of precipitation regime in Iran".***Theor Appl Climatol,*** 120,367–376.[In Persian].

Shahbazi Kootenayi, A., Faroomodi, M.,& Ahmadi, A. (2018). "Analysis and comparison of minimum temperature, maximum temperature, and precipitation cycles in Mazandaran province: Ramsar and Babolsar weather stations" .***Water and Soil Sciences Journal***, 22,395-409. [In Persian].

Soberly ,C. T., Ajayamohan, C. T., Giannakis, D., & Majda, A. (2017). "Extraction and prediction of indices for monsoon intra seasonal oscillations: an approach based on nonlinear Laplacian spectral analysis". ***Climate Dynamics***, 49,3031-3050. https://doi.org/10.1007/s00382-016-3491-y.

Taghavi, F., Naseri, M., Bayat, B., Motavalian, S., &Azadifard, D. (2011). "Determining climate behavior patterns in different regions of Iran based on spectral analysis and cluster analysis of extreme temperature and precipitation values." ***Physical Geography Research Quarterly***, 77, 124-109. [In Persian]. SID. https://sid.ir/paper/138701/fa.

Tarawneh .Q., &Kadioglu, M.(2003)." An analysis of precipitation climatology in Jordan".***Theor. Appl. Climatol***, 74, 123–136. https://doi.org/10.1007/s00704-002-0705-5.

Wu, H., &Zhai, P. (2013). "Changes in persistent and non-persistent flood season precipitation over South China during 1961–2010" .***Acta Meteorologica Sinica***, 27,788-98. https://doi.org/10.1007/s13351-013-0613-x.

Yousefi, y., Mohammadi, H., Azizi, G.H., Taghavi, F., Masomnia, A., Roradeh, H., &Masoompour, j.(2013). "spatial and temporal study of extreme precipitation over north of iran". ***Global Nest Journal***, 15,305-314.[In Persian].

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

Spectral analysis of durability series cycles of the rainy season

1. Maryam Sanaei. Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2.Gholamreza Barati, Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

3: . Alireza Shakiba, Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Introduction

The fluctuations in seasonal rainfall and its impact on climate and water resources management are critical issues in Iran, a country that largely depends on agriculture. To understand and predict rainfall patterns, it is essential to explore the durable rainy season cycles, which play a significant role in the wet period from September to May. Spectral analysis is widely used to detect cyclic patterns in climate time series data, providing valuable insights into long-term variations and hidden periodicities. In this study, we employ spectral analysis techniques to identify and analyze durable rainy season cycles in Iran's seasonal rainfall, aiming to contribute to improved climate predictions and water resource management strategies.

Methodology

The study utilizes daily precipitation data from 108 meteorological stations across Iran for the period from 1990 to 2015. The wet period is determined by analyzing the starting and ending days of the rainy seasons using a predefined threshold. A 26-year time series analysis is then conducted for each station using spectral analysis to identify durable rainy season cycles. The significance level is set at 95%, and the type and length of significant cycles are identified. The stations are grouped into five regions based on their durable rainy season behavior.

Results: The analysis reveals that out of the 108 stations, 76 experience statistically significant durable rainy season cycles during the wet period, while 32 stations show no significant cyclic patterns. The meaningful cycles are predominantly short-term (2 to 4 years) and are mainly of a single-cycle type. The distribution of significant cycles varies across the five regions, with regions 2 and 5 having the highest occurrence of meaningful cycles. Regions 4 and 5 demonstrate the least diversity in significant cycles. The dominant durable rainy season cycles are concentrated along the Zagros mountain range, with shorter cycles in the southern regions and longer cycles in the central desert areas.

Results

The observed variation in significant durable rainy season cycles across different regions of Iran highlights the complexity of climate variability in the country. The concentration of dominant cycles along the Zagros mountain range suggests a possible influence of local topography on rainfall patterns. Additionally, the influence of large-scale oceanic-atmospheric oscillations on durable rainy season behavior requires further investigation. Understanding the underlying factors contributing to the diverse rainfall patterns can assist in more effective water resource management and climate adaptation strategies.

Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir at 12:35 IRST on Friday November 28th 2025

Discussion and Conclusion

Spectral analysis has provided valuable insights into the durable rainy season cycles of Iran's seasonal rainfall during the wet period from 1990 to 2015. The identification of statistically significant cycles in the majority of stations emphasizes the importance of understanding durable rainy season behavior for climate predictions and water resource management. The spatial distribution of significant cycles across different regions reflects the impact of topography and large-scale oceanic-atmospheric oscillations on rainfall patterns. This research contributes to the knowledge of climate variability in Iran and highlights the need for further studies to establish a clear link between large-scale oscillations and durable rainy season behavior.

Keywords: Spectral Analysis, Durable rainy season Cycles, Seasonal Rainfall, Iran, Climate Variability, Zagros Mountain Range, Large-Scale Oceanic-Atmospheric Oscillations.