نشریه علوم آب و خاک
سال بیست و هفتم / شماره دوم / تابستان ۱۴۰۲ / مقاله علمی- پژوهشی: صفحات ۲۰۹ تا ۲۲۲

تحلیل روند زمانی- مکانی فراوانی فرین‌های بارش روزانه ایران

علی شاهبایی‌کوتنایی* و حسین عساکره[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴)

چکیده

شناسایی رفتار فراسنج بارش از مهم‌ترین اصول برنامه‌ریزی‌های مرتبط با منابع آب به شمار می‌رود. در این پژوهش تلاش شد تا با استفاده از داده‌های بارش روزانه ۳۴۲۳ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی برای دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ و با انجام میان‌یابی به روش کریجینگ روند تغییرات زمانی نمایه‌های فرین بارشی کشور در قالب تحلیل یاخته‌ای مورد بررسی قرار گیرد. در ادامه با استفاده از نمایه‌های صدکی (صدک کمتر از ۱۰، کمتر از ۲۵، ۲۵ تا ۷۵، ۷۵ تا ۹۰ و بالاتر از ۹۰) و تحلیل رگرسیون، تغییرات فراوانی روزهای عضو هر یک از نمایه‌های چندکی در طول زمان محاسبه و در قالب نقشه ترسیم شد. نتایج نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه ۸۶/۶ درصد از یاخته‌های مرتبط با روزهای توأم با صدک دهم یا کمتر از آن در سطح کشور، روندی افزایشی داشته‌اند. از سوی دیگر، یاخته‌های مرتبط با روزهای توأم با صدک نودم و بیش از آن نیز روندی افزایشی از خود نشان داده‌اند. با توجه به اینکه یاخته‌های توأم با صدک‌های ۲۵، ۷۵-۲۵ (بهنجار) و صدک ۷۵ روندی کاهشی از لحاظ تعداد روزهای گروه خود به نمایش گذاشته‌اند، می‌توان استنباط کرد که شرایط بارشی کشور و روزهای همراه با بارش به سمت مقادیر حدی حرکت کرده و احتمال خشکسالی یا سیلاب‌های مخرب در کشور افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: بارش، روند، صدک، رویداد فرین، ایران

۱. گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، ایران.
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Shahbai2008@yahoo.com

مقدمه

یکی از عناصر اقلیمی که به مقدار قابل توجهی از پدیده تغییرات آب و هوایی تأثیر پذیرفته، بارش است. بارش از مهم‌ترین و متغیرترین عناصر آب و هوایی بوده که تغییرات آن، هم در بعد مکان و هم در بعد زمان در قالب اقلیم منطقه رخ می‌دهد (۹)؛ بنابراین، دانش دقیق در مورد مقدار بارش دریافتی سطح زمین و چگونگی تغییرات آن در طول زمان برای ارزیابی آب و مدیریت آن برای امور کشاورزی، آب‌شناسی، کاهش مخاطرات ناشی از سیل و خشکسالی و غیره بسیار مهم و ضروری است (۱۷).

با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی تحت تأثیر عوامل طبیعی مانند خشکی و خشکسالی و فعالیت‌های انسانی تشدید می‌شود، شناسایی و آشکارسازی تغییرات هر یک از این عوامل و یافتن علت‌های آن از گام‌های اولیه مطالعات محسوب شده که در قالب روند عناصر اقلیمی از جمله بارش مطالعه می‌شوند. وجود روند ممکن است به‌دلیل تغییرات طبیعی، مانند خشکسالی و فعالیت‌های انسانی مانند افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد. ایجاد روند در فراسنج (Parameter) های اقلیمی هر ناحیه امری عادی بوده ولی تداوم آن در سال‌های بعد می‌تواند تأثیرات بارزتری بر مؤلفه‌های محیطی، اقتصادی و اجتماعی داشته باشد (۱۱). در واقع اگرچه مدل‌سازی‌های مختلف برای پیش بینی تغییرات آب و هوایی انجام می‌شود ولی این آگاهی از تغییرات بلندمدت بارش با تکیه بر داده‌های موثق می‌تواند به مدیریت بهتر و کارآمدتر منابع آب کمک نماید (۳۱). تحلیل روند بارش و ارزیابی تغییرات زمانی آستانه‌های فرین (Extreme) در پژوهش‌های آب و هوایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و به روش‌های مختلف پارامتریک و غیرپارامتریک قابل انجام است؛ از جمله کیسلی (۲۲) روندهای موجود در بارش‌های فرین جمهوری چک را مورد مطالعه قرار داد و وجود تغییرات پراکنده کاهشی و افزایشی در مناطق مختلف این کشور را آشکار ساخت. آناگستوپولو و تولیکا (۴) آستانه و روند تغییرات بارش‌های ۶۵ ایستگاه هواشناسی منطقه اروپا را بررسی کرده و روندهای موجود در این بارش‌ها را مشخص و آستانه بارش‌های فرین در اروپا را ۳۰ میلی‌متر تعیین کردند. لیگانگ و همکاران (۲۴) روند بارش سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ در نواحی خشک آسیای مرکزی را بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقادیر بارشی به مقدار ۱۷/۴ درصد در تمام ایستگاه‌های هواشناسی در طول دوره مورد مطالعه افزایش یافته است. الیوسی و همکاران (۱۹) به تحلیل شرایط بارش در الجزایر و تغییرات درازمدت آن پرداخته و نتیجه گرفتند که در بخشی از محدوده مورد مطالعه در سواحل مدیترانه، روند بارش کاهشی بوده است. کالورو و همکاران (۱۴) روند ناهنجاری‌های بارشی جنوب ایتالیا را مورد بررسی قرار داده و دریافتند در مقیاس فصلی روند منفی به ویژه در زمستان و پاییز در کل منطقه رخ داده است. همچین کالورو و همکاران (۱۵) در پژوهشی دیگر روندهای بارش فصلی و سالانه در منطقه کالابریا در جنوب ایتالیا را در قالب پنج منطقه بررسی کرده و نتایج این مطالعه وجود روندهای منفی بارش در مقیاس فصلی و سالانه در منطقه را تأیید کرده است. عساکره (۸) روند بارش‌های فرین در زنجان را مورد بررسی قرار داد. نتایج نهایی این پژوهش مشخص کرد که فراوانی و مقدار بارش‌های سنگین و سبک به سمت کاهش میل کرده است. اکبری و نودهی (۱) روندهای سالانه و فصلی داده‌های بارش گلستان و شرایط بارش‌های فرین در این منطقه را مورد مطالعه قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که در فصل تابستان در بیشتر ایستگاه‌ها روند کاهشی وجود داشته و بر این اساس پیش‌بینی کردند که در آینده سیلاب‌های تابستانه در سطح استان گلستان تشدید شود. سلیقه و همکاران (۲۹) با استفاده از روش تحلیل طیفی (Spectral analysis) اقدام به استخراج و تحلیل نوسانات اقلیمی حوضه‌های آبریز حله و مند کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های حوضه، بارش سالانه دارای روند کاهشی بوده است. دارابی و همکاران (۱۶) تغییر روند فراسنج‌های اقلیمی از جمله بارش را در محدوده استان قم مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که مقدار بارندگی سالانه در محدوده مورد مطالعه روند معنی‌داری

ندارد. ناظری تهرودی و همکاران (۲۸) در مطالعه خود نشان دادند که در شمال غرب، جنوب غرب و نیمه مرکزی ایران روند معنی‌دار کاهش بارش وجود دارد. برارخان پور و همکاران (۱۲) با استفاده از روش‌های من- کندال، رگرسیون خطی و رگرسیون چندک، روندهای فصلی و سالانه بارش در ایستگاه هاشم‌آباد گرگان را مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه‌گیری کردند که روند خشکسالی‌های شدید و ترسالی‌های شدید در این ایستگاه افزایشی بوده است. نتایج پژوهش عساکره و همکاران (۱۰) نشان داد در بخش عمده‌ای از مساحت کشور (حدود ۸۰/۹ درصد) روند تغییرات بارش منفی بوده و در واقع مقادیر بارش آنها در طول زمان کاهش یافته است. حسنوند و همکاران (۲۰) با استفاده از روش‌های گرافیکی ITA و آزمون ناپارامتری من– کندال، تلاش کردند روندهای یکنواخت و نایکنواخت موجود در سری زمانی بیشینه بارش روزانه و مجموع بارش سالانه را آشکارسازی کنند. در این مطالعه آزمون ITA روندهای پنهان و نایکنواخت این ایستگاه را کشف و شناسایی کرد. بررسی پژوهش‌های بالا وجود تغییرپذیری قابل توجه در فراسنج بارش و روند اغلب کاهشی در مقادیر این فراسنج را نشان داده است. نکته مهم در این زمینه، محدودبودن منطقهٔ مورد مطالعه و کم تعدادبودن ایستگاه‌های مورد استفاده در اغلب پژوهش‌های بررسی شده است. با توجه به گسترده‌بودن مساحت ایران در پژوهش حاضر تلاش شده تا با بکارگیری تعداد بالای ایستگاه‌های هواشناسی و انجام محاسبات تحلیل روند بر مبنای آن، نتیجه‌گیری نهایی در مورد چگونگی تغییرات فراسنج بارش در سطح کشور با استدلال قوی‌تری صورت گیرد. استفاده از تعداد بالای ایستگاه‌ها و داشتن استدلال قوی‌تر با استناد به آنها می‌تواند مبنای مناسبی برای انجام مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی باشد تا به بهترین شکل از محیط زیست استفاده و در عین حال از آن محافظت شود.

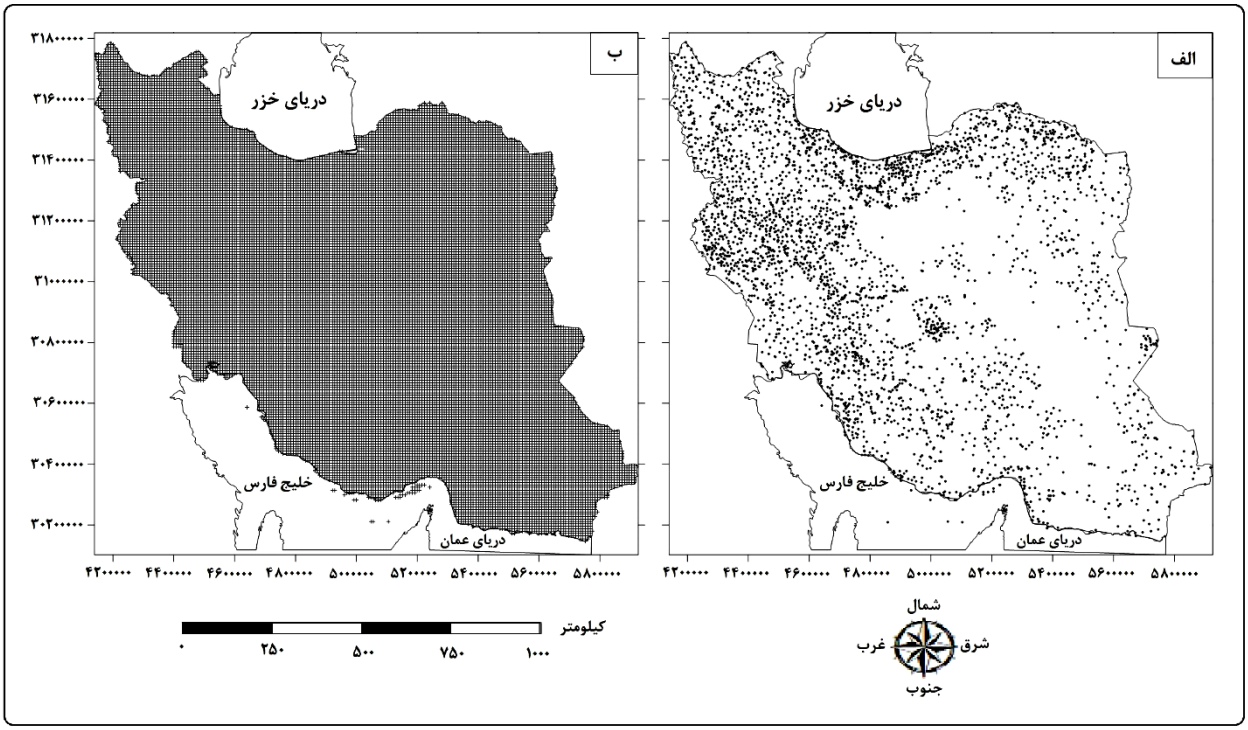
مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

به‌منظور انجام تحلیل‌های زمانی– مکانی روند در ارتباط با فرین‌های بارش روزانه ایران، در نخستین گام اقدام به گردآوری و آماده‌سازی داده‌های بارشی مورد نیاز شده است. داده‌های بارش شامل داده‌های روزانه فراسنج بارش ۳۴۲۳ ایستگاه همدیدی، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی ایران در دوره ۱۹۷۰-۲۰۱۶ بوده که از سازمان هواشناسی کشور دریافت شده است. به‌منظور افزایش کیفیت تحلیل‌ها، افزایش پراکنش و پوشش جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش تلاش شد داده‌های ایستگاهی با طول دوره آماری حداقل ۱۵ سال پیاپی و بیشتر مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۱- الف). در این قسمت به‌منظور آماده‌سازی پایگاه داده‌ها برای استفاده در بخش‌های بعدی پژوهش نیاز به یکسان‌سازی پوشش تمامی داده‌ها در سطح کشور از طریق تعریف یک اندازه مشترک برای یاخته (Pixel) های مکانی وجود داشته است. براین اساس ابتدا باتوجه به تعداد ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده و مساحت کشور و با محاسبه نسبت موجود بین این دو شاخص، اندازه مناسب یاخته‌ها برای میان‌یابی فراسنج بارش در حدود ۸ کیلومتر مربع به‌دست آمد. در نهایت با توجه به تعداد روزهای مورد بررسی (۱۶۸۰۱ روز) و تعداد یاخته‌های حاصل از میان‌یابی (۲۵۳۸۱ یاخته) به روش کریجینگ، پایگاه داده اصلی این پژوهش با ابعاد ۱۶۸۰۱×۲۵۳۸۱ در محیط نرم‌افزار ArcGIS تشکیل شد (شکل ۱-ب).

روش تحقیق

پس از مشخص‌شدن اندازه مناسب یاخته‌ها، فرایند میان‌یابی (Interpolation) داده‌های بارش روزانه انجام شده است. به فرایندهای برآورد ارزش‌های کمّی برای نقاط فاقد داده، به کمک نقاط مجاور و معلوم (که به نام پیمونگاه، نمونه و مشاهده موسوم‌اند) میان‌یابی اطلاق می‌شود. این فرایند به‌دلیل محدودیت داده‌های نقطه‌ای و ضرورت تدوین نقشه از کل یک پهنه، به‌منظور تهیه نقشه‌های هم‌ارزش (هم‌بارش، هم‌دما و ...) انجام می‌گیرد (۶). میان‌یابی مقادیر مجهول در یک پهنه به روش‌های مختلفی صورت می‌پذیرد. از روش‌های



شکل ۱. (الف) پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش (ب) پوشش یاخته‌های ۸×۸ کیلومتری در پهنهٔ ایران

مورد استفاده در این زمینه می‌توان به وزن‌دهی معکوس فاصله (Inverse Distance Weighting)، Spline، معادلات رگرسیون، کریجینگ و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی (Neural Network) اشاره کرد. یکی از روش‌های اصلی میان‌یابی که از الگوریتم‌های آماری تبعیت می‌نماید، روش میان‌یابی کریجینگ است. کریجینگ روش میان‌یابی پیشرفته‌ای محسوب شده و برای داده‌هایی که دارای روندهای موضعی تعریف شده‌ای باشند مناسب است. در این روش، میان‌یابی با کمترین پراش (Variance) صورت می‌گیرد. در این حالت خطای میان‌یابی تابع مشخصات تغییرنما (Variogram) (ساختار فضایی) است. در روش کریجینگ از محاسبات میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود، بدین صورت که هرچه متغیر به مبدأ نزدیک‌تر باشد، وزن کمتر خواهد بود (۱۸). مدل کریجینگ در حالت کلی شبیه به مدل IDW یعنی به شرح رابطهٔ زیر است:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i z(s_i) \qquad (۱)$$

که در آن $z(s_i)$ مقدار اندازه‌گیری‌شده در موقعیت i_{th} و λ_i وزن مقدار اندازه‌گیری‌شده در موقعیت i_{th} است. s موقعیت پیش‌بینی و N تعداد اندازه‌گیری یا معلوم است (۲۳). این روش بهترین برآوردکننده خطی ناریب است و ویژگی اصلی آن پایین‌بودن پراش تخمین در عین ناریب بودن است. شرایط مورد اشاره در سایر روش‌های تخمین همچون روش چند جمله‌ای وزن‌دهی معکوس فاصله نیز اعمال می‌شود (۲۵). در روش کریجینگ فرض بر این است که تغییرات مکانی پدیده‌هایی مانند بارش در یک گستره، از توزیع تصادفی برخوردار بوده و حاوی سه مؤلفه همبستگی مکانی، روند و خطای تصادفی است (۶). در این زمینه و با توجه به گسترده بودن مساحت ایران، تغییرپذیری بسیار زیاد مقادیر بارش و اثرگذاری عوامل محیطی بر چگونگی پراکنش این فراسنج در نقاط مختلف، روش میان‌یابی کریجینگ به‌عنوان روش انجام میان‌یابی بارشی در سطح کشور انتخاب شده است.

به‌صورت کلی بارش‌های فرین در هر ناحیه، به بارش‌های نابهنجاری گفته می‌شود که در دنباله و دور از نقطه تمرکز

توزیع فراوانی بارش آن ناحیه قرار گرفته باشد (۲۶). یکی از مسائل اولیه و اساسی در مطالعه فرین‌های آب و هوایی، ارائه یک تعریف معقول و مقبول از پدیده مورد بررسی است (۵). در این راستا به فراخور ویژگی‌های زمانی – مکانی هر پهنه، آستانه‌های متعدد و متنوعی برای این ویژگی بارش معرفی و به کار گرفته شده است. یکی از آستانه‌های پرکاربرد که در پژوهش حاضر از آن استفاده شده، نمایه‌های چندکی است. بخشی از این نمایه‌ها که به‌عنوان نمایه‌های صدکی (Percentile) معرفی می‌شوند، تغییرات زمانی– مکانی بارش در صدک‌های مختلف را به صورت سالانه آشکارسازی می‌نمایند (۲). این نمایه‌ها توسط کمیته مشترک آب و هواشناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL)، برنامه پژوهش در آب و هوای جهان (WCRR) مربوط به طرح قابلیت پیش‌بینی و تغییرپذیری آب و هوا (CLIVAR) متشکل از گروه متخصصان پیش‌بینی، پایش و نمایه‌های تغییر آب و هوا (CLIVAR) به‌منظور مطالعه و تعیین نمایه‌های فرین آب و هوایی که در سال ۱۹۹۸ شکل گرفت، اخذ شده است. این تشکیلات نمایه‌های فرین تغییر آب و هوا را برای دما و بارش روزانه، در مقیاس‌های جهانی و ناحیه‌ای، استخراج و معرفی کرد (۱۰).

با توجه به توضیحات بیان شده، بعد از انجام میان‌یابی و تشکیل پایگاه داده‌های بارشی به‌منظور شناسایی فرین‌های بارش و آشکارسازی روندهای زمانی رویدادهای بارشی فرین، از نمایه‌های چندکی (صدک‌ها) استفاده شده است. چندک‌ها مقادیری با فاصله‌های مساوی هستند که از تابع توزیع تجمعی یک متغیر تصادفی انتخاب می‌شوند؛ به شکلی که مجموعه داده‌ها را به p قسمت مساوی تقسیم می‌کنند (۱۳).

برای متغیر تصادفی X، فراسنج μ_p را چندک pام برای F(x) می‌نامند زمانی‌که نامساوی زیر برقرار باشد:

$$P(x < \mu_p) \le p \le P(x \le \mu_p) \quad ,0 < p < 1 \qquad (۲)$$

این نمایه‌ها دارای انواع مختلفی است که ساده‌ترین آن میانه است که داده‌ها را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کند. چندک‌ها کلی‌تر از میانه هستند به‌طوری‌که $p_{0.5}$ همان میانه است (۱۲) به‌عبارتی اگر از نقطه μ_p، خطی موازی با محور yها رسم کنیم، مساحت زیر منحنی فراوانی در سمت چپ این خط رسم شده، برابر p است. در این پژوهش از یکی از نمایه‌های چندکی به نام صدک، به‌منظور شناسایی روندهای زمانی هر یک از یاخته‌های مورد بررسی در شرایط فرین بارشی استفاده شده است.

در این بخش از پژوهش تلاش شده تا با استفاده از نمایه‌های صدکی، تغییرات زمانی فرین‌های بارشی در مقادیر بارشی کم، بهنجار و بالا شناسایی‌شده و روندهای بلندمدت موجود در داده‌ها آشکارسازی شوند. بر این اساس متوسط تعداد روزها و روند تغییرات سالانه برای سه گروه داده بارشی به شرح زیر محاسبه و نتایج آن در قالب جدول و نقشه در سطح کشور به نمایش درآمده و مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است:

– روزهای کم‌بارش (شامل تعداد روزها و روند تغییرات بلندمدت بارش در صدک ۱۰ و کمتر از آن و همچنین بازه بین صدک ۲۵ و کمتر از آن و صدک بالاتر از ۱۰).

– روزهای بهنجار (شامل تعداد روزها و روند تغییرات بلندمدت در بازه بین صدک‌های بیشتر از ۲۵ و کمتر از ۷۵ داده‌های بارشی سالانه).

–تعداد روزهای پربارش (شامل تعداد روزها و روند تغییرات بلندمدت در صدک‌های ۷۵ و بیشتر از آن و کمتر از ۹۰ و همچنین صدک ۹۰ و بالاتر از آن).

وجود تغییرات پیچیده فراسنج بارش نیازمند مطالعات دقیق و همه‌جانبه است. اگرچه مدل‌سازی‌های مختلف برای پیش‌بینی تغییرات آب و هوایی انجام می‌شود ولی این آگاهی از تغییرات بلندمدت بارش با تکیه بر داده‌های موثق می‌تواند به مدیریت بهتر و کارآمدتر منابع آب کمک نماید (۳۱). یکی از روش‌های بسیار مفید تحلیل تغییرات بلندمدت بارش، تحلیل روند است که در این مطالعه به‌منظور تحلیل روند زمانی یاخته‌های توأم با فرین‌های بارش از رگرسیون خطی به روش کمترین مربعات خطا بهره گرفته شده است. الگوی رگرسیون خطی یک سری زمانی به شرح رابطه ۳ تعریف می‌شود:

$$Z_T = a + bT + e_T \quad (۳)$$

در این رابطه Z_T متغیر اقلیمی، T زمان (T=1,2, … ,n) عرض از مبدأ، b شیب خط (تغییر به‌ازای زمان) و e_T خطاهای (باقیمانده یا انحراف) برآورد خوانده می‌شود (۷).

a و b ضرایب رگرسیون نامیده می‌شوند. برای برآورد این ضرایب از روش کمترین مربعات خطا استفاده شده است. در این روش، هدف اصلی برازش خطی مستقیم از میان سری زمانی است؛ به‌گونه‌ای که مجموع خطاها کمینه شود. برآورد کمترین مربعات رگرسیون عبارتست از (۶):

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_i - T)(Z_i - Z)}{\sum_{i=1}^{n} T_i - T} \quad (۴)$$

$$a = \bar{Z} - b\bar{T} \quad (۵)$$

در اینجا $\bar{T}$ و $\bar{Z}$ به‌ترتیب میانگین زمان و متغیر اقلیمی است (۲۱).

نتایج و بحث

بر اساس توضیحات بیان‌شده متوسط تعداد روزها و روند تغییرات سالانه برای سه گروه داده بارشی به شرح زیر محاسبه و مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. در این بخش اطلاعاتی همچون تعداد روزهای همراه با بارش در هرکدام از صدک‌های ذکر شده و درصد پوشش پهنه‌ای آنها در سطح کشور (جدول ۱) به همراه نقشه‌های مربوط به تعداد روزهای موجود در هر صدک و نقشه‌های تغییرات روند بارش در شکل‌های ۲ تا ۶ نمایش داده شده است.

در شکل ۲- الف تعداد روزهای همراه با بارش برابر یا کمتر از صدک ۱۰ به همراه روند تغییرات سالانه آنها (شکل ۲- ب) در طول دوره آماری مورد مطالعه نمایش داده شده است. بر اساس شرایط شکل‌های مذکور و اطلاعات ارائه شده در جدول ۱ مشخص می‌شود که بیشترین تعداد روزهای با بارش برابر یا کمتر از صدک دهم در نواحی کم بارش داخلی کشور وجود دارد. این مناطق شامل نواحی مرکزی، شرقی، جنوب‌شرقی، جنوب و بخش‌هایی از جنوب غرب کشور (هرمزگان، بوشهر و بخش‌هایی از خوزستان) می‌شود. در این نواحی تعداد روزهای دارای کم‌بارش، بین ۳۲۰ تا ۳۵۰ روز بوده است. همچنین، بالاترین تعداد روزهای کم‌بارش حدود ۳۶۰ روز بوده که در نواحی بیابانی کشور از جمله دشت کویر و دشت لوت رخ داده است. این امر نشان‌دهنده آن است که مقدار بارش‌های رخ داده در این نواحی ناچیز بوده و در اندازه‌های کوچک اتفاق افتاده است. این امر موجب شده که روزهای بارشی در مناطق مذکور در گروه صدک ۱۰ و کمتر از آن طبقه‌بندی شود.

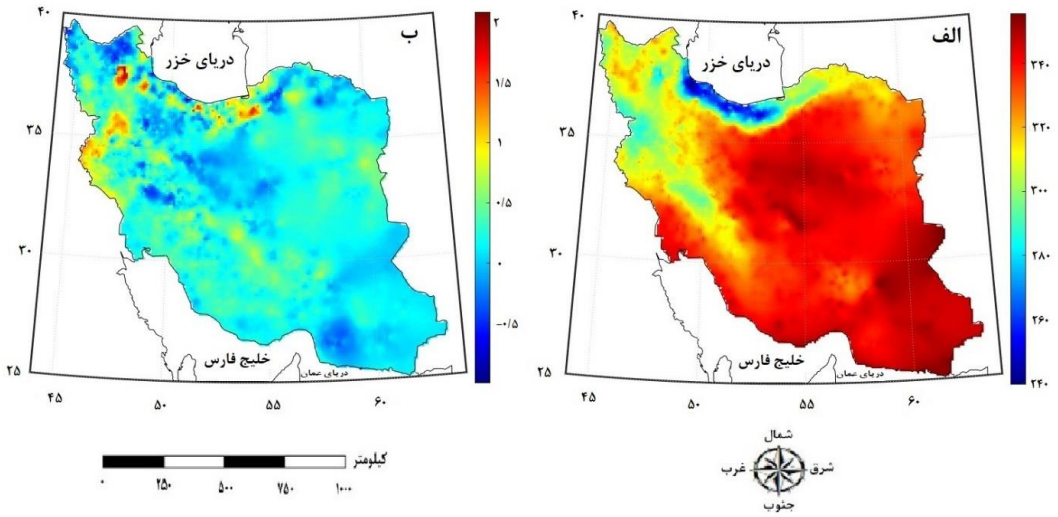
در نواحی شمال‌شرق (استان خراسان شمالی و بخش‌هایی از خراسان رضوی) و بخش‌هایی از شمال‌غرب (استآنهای آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، زنجان، همدان، کردستان و کرمانشاه) و قسمت‌هایی از غرب کشور در دو سوی رشته کوه زاگرس (خارجی و داخلی) در محدوده استآنهای لرستان، ایلام، چهارمحال و بختیاری، کهکیلویه و بویراحمد و فارس تعداد روزهای با بارش در محدوده صدک ۱۰ و پایین‌تر از آن به ۲۸۰ تا ۳۲۰ روز رسیده است. کمترین تعداد روزهای صدک ۱۰ در نوار شمالی کشور (به ویژه استآنهای گیلان و مازندران) مشاهده می‌شود. در این نواحی تعداد روزهای کم‌بارش به حدود ۲۴۰ تا ۲۸۰ روز رسیده است که با توجه به شرایط اقلیمی ناحیه و وقوع بارش‌های پرمقدار در طول سال، قابل توجیه است.

بررسی نقشه ۲- ب و اطلاعات جدول ۱ نشان می‌دهد که روند داده‌های صدک ۱۰ و پایین‌تر در اکثر مناطق کشور (۸۶/۶ درصد) روندی افزایشی داشته است. در مساحتی گسترده از کشور در نواحی شرقی، شمال غرب و غرب و نواحی مرکزی کشور، مقدار این افزایش به ۵ روز در هر ده سال رسیده است. بیشترین مقدار افزایش نیز در بخش‌هایی از کردستان، کرمانشاه، آذربایجان شرقی، دامنه‌های البرز مرکزی و شرقی و همچنین شرق استان مازندران رخ داده که مقدار آن بین ۱۰ تا ۲۰ روز افزایش طی هر دهه است.

روندهای کاهشی تعداد روزهای گروه صدک ۱۰ در بخشی از مساحت کشور (۱۳/۴ درصد) به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. این روندهای کاهشی در بخش‌هایی از جنوب شرق،

جدول ۱. تعداد و درصد پوشش یاخته‌های هر گروه بارش فرین در پهنهٔ کشور

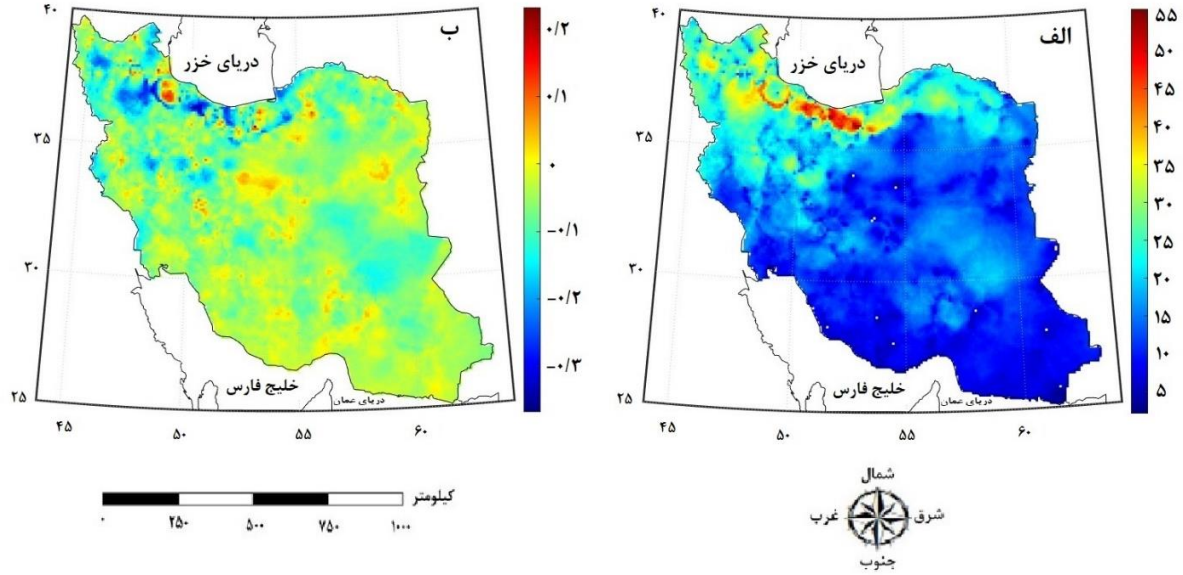
گروه بارشی	روزهای همراه با هر صدک	تعداد یاخته‌های دارای روند افزایشی	درصد پوشش یاخته‌های افزایشی	تعداد یاخته‌های دارای روند کاهشی	درصد پوشش یاخته‌های کاهشی
کم‌بارش	روزهای همراه با بارش برابر یا کمتر از صدک ۱۰	۱۴۰۲۹	۸۶/۶	۲۱۷۳	۱۳/۴
	روزهای همراه با بارش بیشتر از صدک ۱۰ و برابر یا کمتر از صدک ۲۵	۹۶۰	۶	۱۵۲۴۳	۹۴
بهنجار	روزهای همراه با بارش بیشتر از صدک ۲۵ و کمتر از صدک ۷۵	۱۴۵۸	۹	۱۴۷۴۵	۹۱
پربارش	روزهای همراه با بارش بیشتر از صدک ۷۵ و برابر یا کمتر از صدک ۹۰	۶۲۵۶	۳۸/۶	۹۹۴۳	۶۱/۴
	روزهای همراه با بارش بیشتر از صدک ۹۰	۱۵۹۲۵	۹۸/۳	۲۷۸	۱/۷



شکل ۲. تعداد روزها (الف) و روند تغییرات (ب) گروه کم‌بارش در صدک ۱۰ برای پهنه ایران در دورهٔ ۲۰۱۶-۱۹۷۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

شمال شرق و شمال غرب کشور دارای پیوستگی بیشتری هستند؛ هرچند که در مناطق زیادی از کشور پراکنش دارند. مقدار روند کاهشی این نواحی چیزی در حدود ۵ روز کاهش در هر دهه است.

شکل ۳ تعداد روزهای گروه صدک ۲۵ و کمتر از آن به همراه روندهای مرتبط با آن در سطح کشور را نشان می‌دهد. نکتهٔ قابل توجه در نقشه ۳- الف کاهش قابل توجه روزهای عضو صدک ۲۵ در پهنهٔ وسیعی از کشور است؛ به‌گونه‌ای که



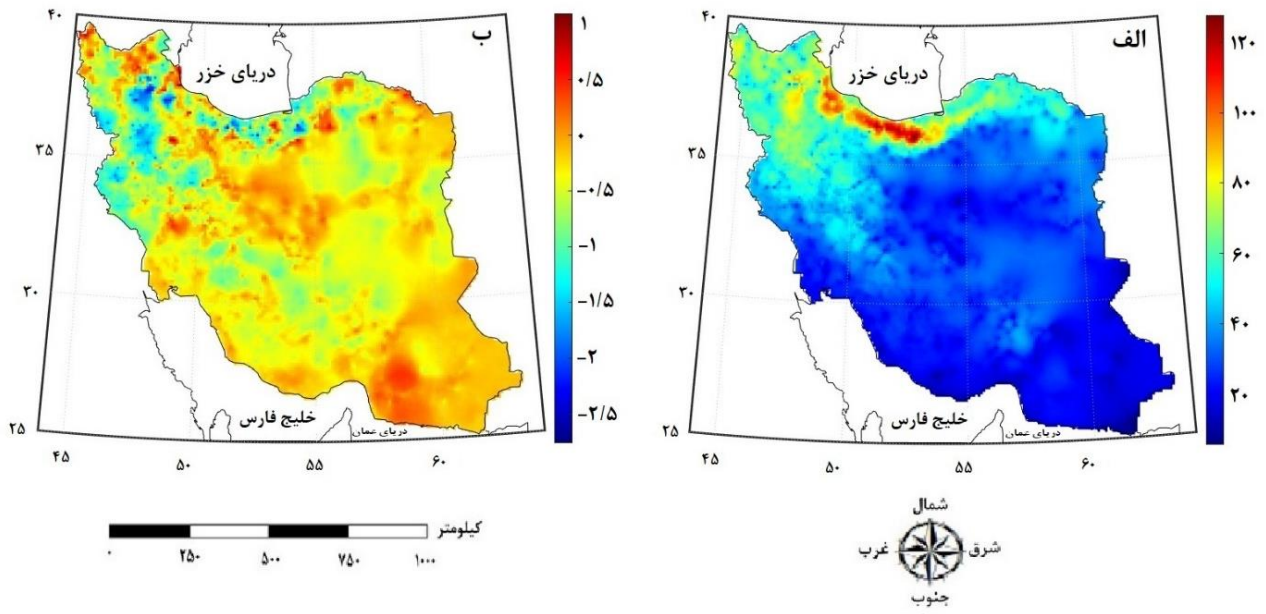
شکل ۳. تعداد روزها (الف) و روند تغییرات (ب) گروه کم‌بارش در صدک ۲۵ برای پهنهٔ ایران در دورهٔ ۲۰۱۶-۱۹۷۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

در حدود دو سوم مساحت کشور در نواحی مرکزی، شرقی، جنوب شرقی، جنوب و جنوب غربی تعداد روزهای عضو صدک ۲۵ بین ۵ تا ۲۰ روز است. در نواحی شمالی و شمال غربی تعداد روزهای دارای بارندگی نسبت به نواحی مرکزی و جنوبی بیشتر بوده و مقدار آن بین ۲۰ تا ۵۵ روز است. بیشینهٔ تعداد روزهای بارشی در صدک ۲۵ در ارتفاعات البرز غربی مشاهده می‌شود که به‌طور مشخص نقش ارتفاعات این منطقه در افزایش تعداد روزهای بارشی این صدک را نشان می‌دهد.

با بررسی داده‌های جدول ۱ و شکل ۳- ب مشخص شد داده‌های بارشی صدک ۲۵ در ۶ درصد از مساحت کشور دارای روندی افزایشی هستند. این نواحی به شدت در سطح کشور پراکنده بوده و به صورت جزیره‌های کوچکی در نقاط مختلف مشاهده می‌گردند. روند افزایشی در داده‌های این صدک به مقدار ۱ تا ۲ روز در هر ۱۰ سال است. بر خلاف نواحی کوچک دارای روند افزایشی، روند کاهشی داده‌های صدک ۲۵ در ۹۴ درصد از یاخته‌های موجود در پهنهٔ کشور قابل شناسایی هستند. بیشینه تغییرات کاهشی در نواحی شمالی و شمال غربی کشور و به مقدار ۲ تا ۳ روز در هر دوره ده ساله وجود دارد. نکته مهم در بررسی روندهای زمانی صدک‌های دهم و بیست و پنجم، آشفته‌بودن و پراکنش بی‌نظم تغییرات در پهنی کشور است. در واقع روند داده‌ها در این صدک‌ها هیچ ارتباط مستقیمی با عوامل محیطی منطقه‌ای نشان نمی‌دهند و احتمالاً تحت تأثیر شرایط جغرافیایی محلی قرار دارند؛ از این رو رابطه‌ای عینی بین روند آشفتهٔ این نوع بارش‌ها (بارش‌های کم مقدار) و روند به‌نسبت منظم بارش‌های سالانه وجود ندارد (۱۰).

در شکل ۴ متوسط تعداد روزهای همراه با بارش در بازه بین صدک‌های ۲۵ و ۷۵ (گروه بارش‌های بهنجار) به همراه روند تغییرات آنها آمده است. پراکنش مکانی تعداد روزها در این بازه صدکی مشابه صدک ۲۵ بوده و در پهنهٔ بزرگی از بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی کشور شاهد پایین‌ترین مقادیر روزهای همراه با بارش هستیم. در این نواحی متوسط روزهای همراه با بارش در بازهٔ ۲۵ تا ۷۵، بین ۱۰ تا ۴۰ روز است. پراکنش مکانی تعداد روزهای بارشی در نواحی شمالی و شمال غربی کشور، مشابه نتایج صدک ۲۵ است با این تفاوت که تعداد روزهای همراه با بارش در این نواحی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. تعداد این روزها به‌ویژه در ارتفاعات البرز غربی بین ۸۰ تا ۱۲۰ روز محاسبه شده است. این مقدار برای سایر نواحی شمالی بین ۶۰ تا ۸۰ روز است.

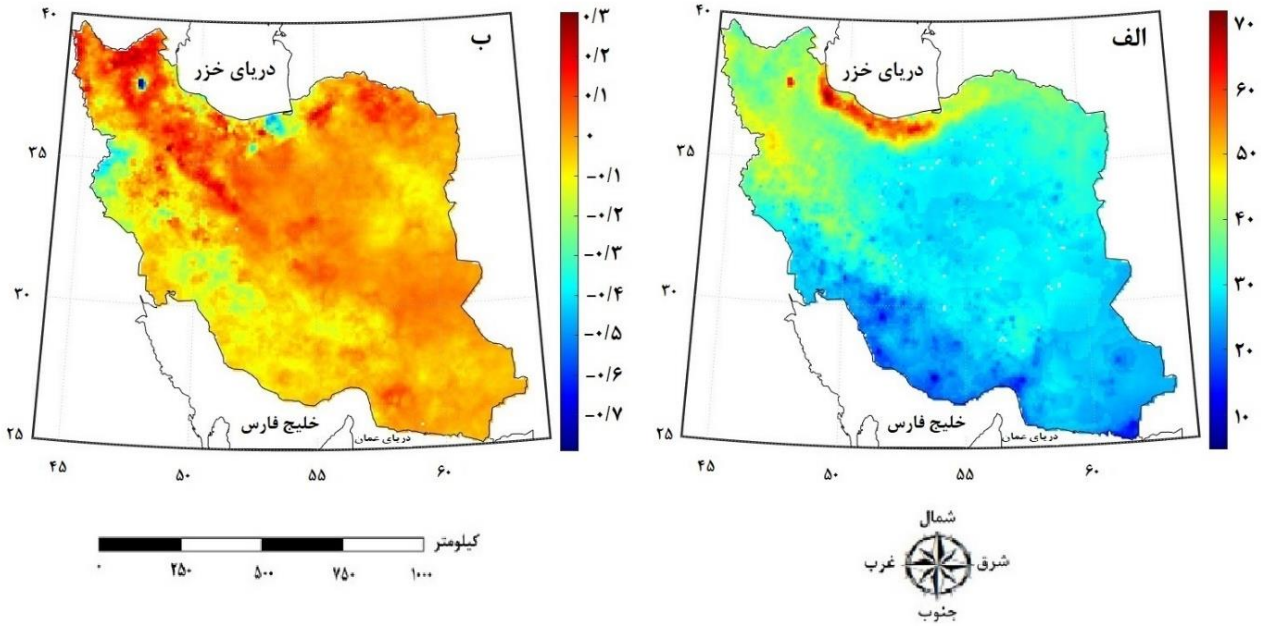
بررسی نقشه روند تغییرات تعداد روزهای بارش در ۹



شکل ۴. تعداد روزها (الف) و روند تغییرات (ب) گروه بهنجار در صدک ۲۵-۷۵ برای پهنهٔ ایران در دورهٔ ۲۰۱۶-۱۹۷۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

صدک‌های ۲۵ تا ۷۵ (شکل ۴- ب) وجود روند افزایشی در درصد از مساحت کشور برای داده‌های این گروه نشان را می‌دهد. پراکنش مکانی یاخته‌های همراه با روند افرایشی به‌طور مشخص در بخش‌هایی از جنوب شرق کشور و به صورت محدود و کوچک‌تر در سایر نواحی کشور مشاهده می‌شود. مقدار افزایش روزهای بارشی در این نواحی ۵ روز طی یک دهه است. روندهای کاهشی ۹۱ درصد از پراکنش یاخته‌ها در سطح کشور را به خود اختصاص داده‌اند. این یاخته‌ها در اکثر مناطق کشور مشاهده می‌شوند و مقدار کاهش روزهای بارشی در آنها به‌طور معمول ۵ تا ۱۰ روز در ده سال است. با این حال در برخی نواحی به ویژه ارتفاعات شمال غرب و ارتفاعات البرز، مقدار کاهش روزهای بارشی به ۱۰ تا ۲۵ روز در یک دهه رسیده است. شرایطی که در این بخش شاهد آن هستیم، نشانه آن است که با وجود اینکه بیشترین مقادیر بارندگی در محل ورود بادهای غربی به داخل کشور و در دامنه بادگیر موانع کوهستانی اتفاق می‌افتد؛ با این وجود، عامل افزایش بارندگی در غرب ایران تنها کوه نمی‌تواند باشد و باید در جستجوی عوامل دیگری بود که از بین آنها می‌توان به مسیر سیکلون‌های مدیترانه و بادهای غربی اشاره کرد (۳).

نقشه‌های موجود در شکل ۵ تعداد روزهای بارشی و روند تغییرات آنها را در صدک ۷۵ داده‌ها نشان می‌دهند. با توجه به شکل ۵- الف می‌توان گفت کمترین تعداد روزهای عضو این گروه در نوار جنوبی کشور مشاهده می‌شود. در این نواحی تعداد روزهای بارشی، بین ۱۰ تا ۲۰ روز بوده است. نکته قابل توجه چگونگی پراکنش مکانی فراسنج ذکر شده در این نواحی است. با توجه به نقشه مشخص می‌شود که اکثر یاخته‌ها در این نواحی، دارای پیوستگی کامل نبوده و بیشتر به صورت نقاط کوچکی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که این موضوع طبیعت محلی بارش در این نواحی را نشان می‌دهد. در صدک ۷۵، در اکثر نواحی مرکزی، شرقی، غربی و حتی بخش‌هایی از شمال غرب کشور تعداد روزهای بارشی بین ۲۰ تا ۴۰ روز است که این امر کاهش قابل توجه در مقادیر بارش‌های با اندازه‌های بزرگ را در پهنه کشور نشان می‌دهد که با توجه به آب و هوای کم بارش کشور قابل توجیه است. در برخی نواحی غربی، شمال غربی و تا حدودی شمال شرق کشور، تعداد روزهای همراه با بارش به حدود ۴۵ تا ۵۰ روز رسیده است. بیشترین تعداد

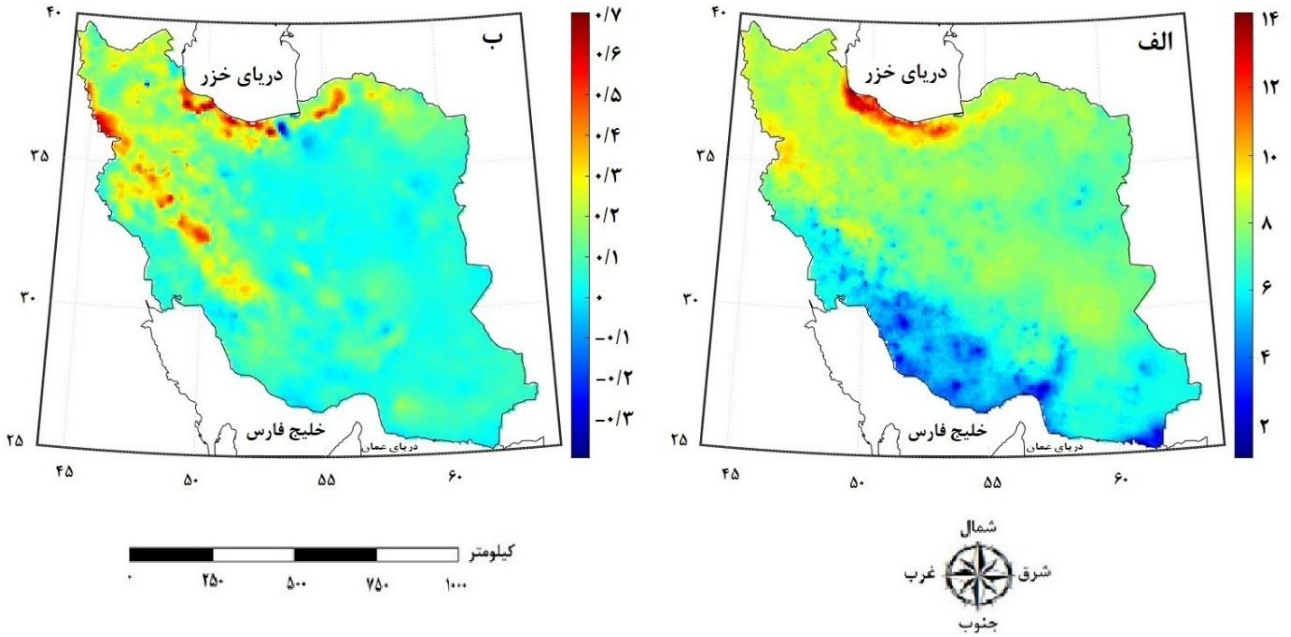


شکل ۵. تعداد روزها (الف) و روند تغییرات (ب) گروه پربارش در صدک ۷۵ برای پهنهٔ ایران در دورهٔ ۲۰۱۶-۱۹۷۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

روزهای بارشی نیز مشابه صدک‌های قبلی، در نوار شمالی کشور مشاهده می‌شود که تعداد روزهای بارانی در صدک ۷۵، در این نواحی به بین ۵۰ تا ۷۰ روز محاسبه شده است.

بررسی نقشه روند تغییرات تعداد روزهای بارشی در صدک ۷۵، نشان می‌دهد که در ۳۸/۶ درصد از مساحت کشور، روند افزایشی در تعداد این روزها حاکم است. هر چند این روند افزایشی ناچیز بوده و مقدار آن ۱ تا ۳ روز افزایش در هر دهه است؛ با این وجود نسبت به صدک‌های قبلی از نظم بیشتری برخوردار بوده و نقش عوامل محلی و ناهمواری‌های منطقه‌ای در آنها بهتر قابل تشخیص است. روندهای افزایشی صدک مذکور در شمال غرب کشور، غرب کشور در امتداد ارتفاعات زاگرس داخلی، برخی نواحی شمال شرق و همچنین برخی ارتفاعات جنوب شرق کشور قابل مشاهده هستند. کوهستان‌ها به‌دلیل گیرش رطوبت هوا در ریزش بارش ایفا می‌کنند. در واقع بالابودن مقدار بارندگی سالیانه و وجود روندهای افزایشی در این مناطق از ویژگی‌های این نواحی محسوب می‌شود (۲۱). روند کاهشی تعداد روزهای همراه با بارش نیز در ۶۱/۴ درصد از یاخته‌های مورد بررسی در سطح کشور مشخص است. این مناطق در تمامی پهنه کشور پراکنش یافته‌اند اما تمرکز اصلی آنها در غرب کشور و در امتداد رشته کوه زاگرس مرتفع و همچنین نواحی جنوب غرب کشور است. در نواحی مذکور، طی هر دهه تعداد روزهای بارشی بین ۱ تا ۵ روز کاهش یافته است.

شکل‌های ۶- الف و ۶- ب تعداد روزهای همراه با بارش به همراه روند تغییرات آنها در طول دورهٔ مورد مطالعه را برای صدک ۹۰ و بیشتر از آن نمایش می‌دهند. در نقشه ۳-۷- الف کمترین تعداد روزهای بارشی ۲ تا ۶ روز بوده که در سرتاسر نواحی جنوبی کشور گسترده شده است. این شرایط نشان‌دهنده آن است که با توجه به شرایط آب و هوایی این مناطق، تعداد روزهای بارشی با مقادیر بالای بارندگی در این نواحی محدود بوده و رخداد چنین بارش‌هایی در آن نادر است. در سایر نواحی مرکزی، شمال شرق، شرق، شمال غرب و غرب کشور، تعداد روزهای همراه با بارش‌های صدک ۹۰ و بیشتر، بین ۶ تا ۱۰ روز است. بیشینه روزهای همراه با بارش‌های فرین در صدک ۹۰، در نوار شمالی کشور و استان‌های گیلان، مازندران و تا حدودی گلستان به همراه ارتفاعات البرز



شکل ۶. تعداد روزها (الف) و روند تغییرات (ب) گروه پربارش در صدک ۹۰ برای پهنهٔ ایران در دورهٔ ۲۰۱۶-۱۹۷۰ (رنگی در نسخه الکترونیکی)

مشاهده می‌شود. تعداد روزهای بارشی در این نواحی بین ۱۰ تا ۱۴ روز است. روند تعداد روزهای دارای بارش فرین (صدک ۹۰ و بالاتر) در شکل ۶- ب مشخص شده است. بر اساس داده‌های این نقشه، روندهای افزایشی اکثریت مطلق را در این صدک به خود اختصاص داده‌اند. مقدار پوشش روندهای مثبت در سطح کشور در این صدک ۹۸/۳ است. نکته مشخص در روندهای موجود در این نقشه، تأثیر مشخص ارتفاعات بر روندهای بارشی در سطح کشور است؛ به‌گونه‌ای که بالاترین مقادیر روندهای مثبت در نواحی غرب، شمال غرب و شمال کشور روندهای مثبت بارشی کاملاً با موقعیت ارتفاعات مطابقت دارند. ارتفاعات زاگرس اثر زیادی بر وقوع بارش‌های فرین غرب ایران داشته و موجب شیب شدید بارش حدی در این نواحی شده است (۲۶). با توجه به تغییرات روند روزهای بارشی، همین نقش را می توان برای ارتفاعات البرز نیز متصور بود. در این نواحی روزهای دارای بارش‌های فرین با آهنگ ۴ تا ۷ روز در هر دهه در حال افزایش هستند. در سایر نواحی کشور این مقدار ۱ تا ۲ روز برای هر دهه است. روندهای کاهشی نیز به صورت نواحی کوچک و منفردی در برخی نقاط کشور مشاهده می‌شوند که بیشترین مقدار در روند کاهشی متعلق به ناحیه‌ای در ارتفاعات البرز شرقی بوده و مقدار کاهش تعداد روزهای بارشی در این ناحیه ۳ روز در هر دهه است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با انجام تحلیل روند بر روی نمایه‌های فرین، تغییرات زمانی داده‌ها در دوره مورد مطالعه طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۶ مطالعه شد. این روند کاهشی در حدود ۸۱ درصد از مساحت کشور وجود داشته است. وسیع‌ترین محدوده دارای روند کاهشی در شمال شرق و شرق کشور واقع شده است. بررسی‌ها نشان داد این محدوده وسیع کاهشی با نوسانات موقعیت پرفشار سیبری در ارتباط است. همچنین، بیشترین مقدار کاهش بلندمدت بارش بین ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر در سال بوده که در ارتفاعات البرز شرقی رخ داده است. از جمله عوامل مرتبط با این حجم از کاهش در این نواحی را می‌توان انحراف مسیر سامانه‌های عبوری از این نواحی و کاهش اثرگذاری

عوامل محلی از جمله همرفت‌های دامنه‌ای ذکر کرد. تحلیل نمایه صدک به‌منظور ارزیابی تغییرات شرایط فرین و بهنجار بارشی در سطح کشور نشان داد که تعداد یاخته‌های دارای روزهای توأم با بارش صدک ۱۰ و کمتر از آن، در طول دوره مورد مطالعه به مقدار ۸۶/۶ درصد بوده که حاکی از کم‌بارش بودن بخش بزرگی از پهنه کشور است. این درحالی است که یاخته‌های دارای روزهای با بارش بهنجار تنها در ۹ درصد مساحت کشور روندی افزایشی داشته‌اند. نکته مهم یاخته‌های همراه با روزهای عضو صدک ۹۰ و بیشتر از آن است که ۹۸/۳ درصد از مساحت کشور را در این صدک به خود اختصاص داده اند. این شرایط نشان داد با وجود روند کاهشی بارش در طی دوره مورد مطالعه، نوسانات بارش در کشور به سمت مقادیر حدی بارش افزایش یافته و احتمال وقوع خشکسالی یا بارش‌های سیل آسا در طول زمان بالا رفته است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش‌های جهانبخش اصل و همکاران (۲۱)، ناظری و همکاران (۲۸) و عساکره و همکاران (۱۰) مطابقت داشته و وجود روندهای کاهشی در بارش سالانه کشور و تغییر شرایط حدی بارش و افزایش احتمال سیلاب و خشکسالی در کشور را تأیید می‌نماید. توجه به چگونگی تغییرات نمایه‌های حدی می‌تواند موجب بهینه‌سازی روش‌های مدیریت و برنامه‌ریزی محیطی و در نهایت کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری طرح‌ها شود.

منابع مورد استفاده

1. Akbari, M. and V. Noodehi. 2015. Analysis of trends in annual and summer rainfall of Golestan Province. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal* 5(17): 141-150 (In Farsi).
2. Alexander, L., X. Zhang, T. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank and F. Rahimzadeh. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 111: 1-15.
3. Alijani, B. 2016. Climate of Iran. Payam-e-Noor University Press. Tehran, Iran (In Farsi).
4. Anagnostopoulou, C. and K. Tolika. 2011. Extreme precipitation in Europe: statistical threshold selection based on climatological criteria. *Journal Theoretical and Applied Climatology* 30: 479-489.
5. Asakereh, H. 2007. Spatio-temporal changes of Iran inland precipitation during recent decades. *Geography and Development* 10: 145-164 (In Farsi).
6. Asakereh, H. 2008. Kriging application in climatic element interpolation a case study: Iran precipitation in 1996.12.16. *Geography and Development* 12: 25-42 (In Farsi).
7. Asakereh, H. 2008. Application of linear regression in analysis of Tabriz annual temperature trend. *Geographical Research* 87: 3-25 (In Farsi).
8. Asakereh, H. 2012. Frequency distribution change of extreme precipitation in Zanjan City. *Geography and Environmental Planning* 23(45): 51-66 (In Farsi).
9. Asakereh, H. and M. Doostkamian. 2014. Tempo-Spatial Changes of Perceptible Water in the Atmosphere of Iran. *Iran-Water Resources Research* 10(29):72-86 (In Farsi).
10. Asakereh, H., S. A. Masoodian and F. Tarkarani. 2021. Long term trend detection of annual precipitation over Iran in relation with changes in frequency of daily extremes precipitation. *Geography and Environmental Hazard* 36: 121-141 (In Farsi).
11. Barani, N. and A. Karami. 2020. Annual trend analysis of climate parameters of temperature and precipitation in decuple agroecology regions of Iran. *Environmental Sciences* 17(4): 75-90 (In Farsi).
12. Bararkhanpour, S., K. Ghorbani, M. Salarjazi and L. Rezaei Ghaleh. 2020. Study of seasonal and annual rainfall changes with quantile regression method (case study: Gorgan Hashem-Abad station). *Climate Research* 10(39): 89-104 (In Farsi).
13. Behbodian, J. 2015. Introductory statistics and probability. Imam Reza University press. Mashhad, Iran (In Farsi).
14. Caloiero, T., R. Coscarelli and E. Ferrari. 2018. Application of the innovative trend analysis method for the trend analysis of rainfall anomalies in southern Italy. *Water Resources Management* 32: 4971-4983.
15. Caloiero, T., R. Coscarelli and E. Ferrari. 2020. Assessment of seasonal and annual rainfall trends in Calabria (Southern Italy) with the ITA method. *Journal of Hydroinformatics* 22(4): 738-748.
16. Darabi, H., A. Jafari and K. Akhavan Farshchi. 2016. Climate change analysis and it's impacts in Qom province, Iran. *Environmental Sciences Studies* 1(2): 25-40 (In Farsi).

17. Darand, M., Z. Hadi Zerafati, O. R. Kefayatmotlag and R. Samandar. 2015. The comparison between global and regional precipitation data base with Iran Asfezari and station data base. *Geographical Research* 30(117): 65-84 (In Farsi).
18. Ebadi, Y., J. Javdan and M. H. Rezaei Moghaddam. 2019. Estimating accuracy of artificial neural networks (ANN) and geo statistical methods in interpolating groundwater levels case study: Shabestar-Sufian plain. *Geographical Data* 28(110): 133-145 (In Farsi).
19. Elouissi, A., Z. Sen and M. Habi. 2016. Algerian rainfall innovative trend analysis and its implications to Macta Watershed. *Arabian Journal of Geosciences* 9: 303.
20. Hasanvand, Z., D. Yarahmadi and H. Mirhashemi. 2022. Analysis of the trend of time-series changes in the maximum daily and annual rainfall of Karkheh and Dez catchment. *Natural Environmental Hazards* 11(32): 148-169 (In Farsi).
21. Jahanbakhsh Asl, S., B. Sari Sarraf, H. Asakereh and S. Shirmohamadi. The study of temporal-spatial changes of high extreme rainfalls in west of Iran (1965-2016). *Spatial Analysis Environmental Hazards* 7(1): 89-106 (In Farsi).
22. Kyselý, J. 2009. Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961-2005. *International Journal of Climatology* 29: 1745-1758.
23. Ley, R., M. C. Casper, H. Hellebrand and R. Merz. 2011. Catchment Classification by Runoff Behavior with Self-Organizing Maps (SOM). *Hydrology and Earth Systems Science* 15(1): 2947-2962.
24. Ligang, X., D. Li and H. Wang. 2015. Precipitation trends and variability from 1950 to 2000 in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Land* 7(4): 514-526.
25. Mahmoudvand, S., H. Khodayari and F. Tarnian. 2020. Mapping bioclimatic variables using geostatistical and regression techniques in Lorestan Province. *Geographical Studies of Mountainous Areas* 3(3): 1-17 (In Farsi).
26. Mozafari, G., A. Mazidi and S. Shafiey. 2017. Analyzing spatial relations of extreme precipitations of western Iran. *Geography and Development* 46: 169-184 (In Farsi).
27. Naseri, S., H. Noori, and H. Zeynivand. 2015. Revealing the climate change of Khorram Abad city using statistical micro-scale of HADCM3 model data. *In*: The Second National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. Mehr Arvand Institute of Higher Education, Tehran (In Farsi).
28. Nazeri Tahrudi, M., K. Khalili and F. Ahmadi. 2016. Spatial and regional analysis precipitation trend over Iran in the last half of century. *Water and Soil* 30(46): 643-654 (In Farsi).
29. Saligheh, M., H. Asakereh, M. H. Nasserzadeh and Y. Balyani. 2015. Cycle analysis of time series of annual precipitation Heleh and Mond basin. *Geographical Sciences* 15(37): 245-272 (In Farsi).
30. Shahbaee Kotenaee, A. 2023. Clarifying tempo-spatial changes in precipitation of Iran by using kriging methods gridded data. Ph.D. Thesis, Zanjan University, Zanjan, Iran (In Farsi).
31. Shojaei Moghadam R., B. Nasiri and N. Tahmasebipour. 2018. Investigation and analysis of cycles and spatial correlation model of Iranian monthly rainfalls. *Geographical Sciences* 18(51): 235-251 (In Farsi).

Journal of Water and Soil Science
Vol. 27, No. 2, Summer 2023, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Analysis of the Temporal-Spatial Trend of Frequency of Daily Extremes Precipitation in Iran

A. Shahbaee Kotenaee* and H. Asakereh[1]

(Received: January 21-2023 ; Accepted: March 15-2023)

Abstract

Identifying the behavior of precipitation is one of the most important planning principles related to water resources. In this research, an attempt was made to analyze the trend of time changes in extreme rainfall profiles of the country by using the daily rainfall data of 3423 synoptic, climatology, and rain gauge stations for the period from 1970 to 2016 and by performing interpolation using the kriging method. Then, using percentile profiles (percentile less than 10, less than 25, 25 to 75, 75 to 90, and above 90) and regression analysis, changes in the frequency of member days of each of the percentile methods over time were calculated and mapped. The results showed that during the studied period, 86.6% of cells associated with days with the tenth percentile or less in the country had an increasing trend. On the other hand, the pixels associated with days with the 90th percentile and more have shown an increasing trend. Considering that the pixels with the 25th, 25th-75th percentiles (normal), and 75th percentile have shown a decreasing trend in terms of the number of days in their group, it can be concluded that the country's rainfall conditions and the days with rainfall are towards the limit values has moved and the possibility of drought or destructive floods has increased in the country.

Keywords: Precipitation, Trend, Percentile, Extreme event, Iran

1. Department of Geography, Faculty of Humanities, Zanjan University, Zanjan, Iran.
*: Corresponding author, Email: Shahbai2008@yahoo.com