فصلنامه علمی-پژوهشی
جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال دوازدهم، شماره ٤، پائیز ١٤٠١
صص: ١٢١٧-١٢٠٢

تحلیل روند دوره‌های بارشی ایران و نقش آن در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط

زلیخا خضرلوی محمدیار
دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
قاسم عزیزی[1]
استاد گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
بهلول علیجانی
استاد گروه جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۷/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۵

چکیده

این پژوهش با هدف تحلیل روند فراوانی و شدت دوره های بارش یک تا شش روزه ایران و تاثیر این تغییرات اقلیمی بر منابع آب ایران انجام شد. ابتدا فروانی و شدت سالانه هر دوره بارشی در نرم افزار Excel برای ۶۲ ایستگاه همدید استخراج شد. سپس روند تغییرات فراوانی و شدت هر دوره با استفاده از آزمون من-کندال و شیب سن طی دوره ۱۹۶۸-۲۰۱۷ شناسایی شد. نتایج این پژوهش نشان داد فراوانی بارش های یک روزه در بیشتر ایستگاهها افزایش یافته، اما فراوانی بارش های دو تا شش روزه در غالب ایستگاهها کاهش یافته است. بر اساس نتایج تحقیق، تداوم بارش در ایران کاهش یافته است و طول دوره های بارشی ایران کوتاه تر شده است. همچنین شدت بارش های یک تا شش روزه در بخش اعظم سرزمین ایران کاهش یافته است. شدت بارش های یک و دو روزه نسبت به شدت بارش های سه و چهار روزه بیشتر بوده است. روندهای کاهشی مشاهده شده برای شدت بارش های پنج و شش روزه، ضعیف تر بوده است. بنابراین از تداوم و شدت بارش ها در ایران کاسته شده و ایران به سمت خشک تر شدن پیش رفته است. نتایج این پژوهش به برنامه ریزان کمک می کند تا تاثیر تغییرات اقلیمی بارش را بر منابع آب ایران به صورت منطقه ای بشناسند و در زمینه کاهش و سازگاری با این تغییرات تصمیمات مناسب تری اتخاذ کنند.

کلیدواژگان: تغییر اقلیم، دوره های بارش، ایران.

[1]. نویسنده مسئول: ghazizi@ut.ac.ir

مقدمه

بارش یکی از عناصر موثر اصلی در اقلیم هر منطقه است که در برنامه ریزی های شهری و روستایی، مکان یابی صنعتی، معماری، کشاورزی، صنایع، اقلیم منطقه و غیره نقش تعیین کننده دارد(ناضری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵: ٦٤۳). تغییرات اقلیمی هزینه های اقتصادی زیادی را به کشورها تحمیل کرده است و رشد اقتصادی کشورها را با مشکل مواجه کرده است. بنابراین کاهش مخاطرات اقلیمی و رشد اقتصادی جوامع زمانی اتفاق خواهد افتاد که هوشمندانه با تغییرات آب و هوایی مقابله شود. شناخت تغییرات اقلیمی به ما کمک می کند تا تصمیم گیری بهتری در زمینه کاهش و سازگاری با تغییرات اتخاذ کنیم. همه اینها بر نحوه تأثیر تصمیمات و اقدامات انسان بر فراوانی و شدت بلایای مرتبط با آب و هوا تأکید می کند. کشور ایران یک اقلیم خشک دارد. ویژگی اصلی اقلیم خشک بی نظمی آن است. این بی نظمی در سالهای اخیر به جهت تغییر اقلیم شدیدتر شده است(علیجانی، ۱۳۹۰:۲٤). با توجه به اهمیت بارش برای کشور خشکی مانند ایران، تاکنون پژوهش های فراوانی درباره ویژگی های بارش ایران انجام گرفته است. با این حال هنوز ندانسته ها درباره ی این عنصر اقلیمی سرکش و متغیر فراوان است. پژوهش ها در رابطه با روند تغییرات عناصر اقلیمی در نقاط مختلف دنیا انجام شده برای مثال گمر و همکاران(۲۰۰٤) با بررسی ۱٦۰ ایستگاه در کشور چین طی سال های ۲۰۰۲-۱۹۵۱ و با استفاده از روش عکس فاصله موزون(IDW) مقادیر بارش را برای کشور چین میانیابی نموده و با به کارگیری روش من- کندال بر نقشه های تولید شده، روند را برای هر ایستگاه در سطح ۹۵، ۹۰، ۹۹ درصد اطمینان محاسبه نمودند. دائو یی (۲۰۰٤) به بررسی تغییرات روزانه بارش در نواحی نیمه خشک چین پرداخت. دوره زمانی این پژوهش از سال ۱۹۵٦تا ۲۰۰۰ بود. داو به این نتیجه رسید که تعداد روزهای بارانی در این منطقه رو به کاهش است و به طور متوسط در این دوره، تعداد روزهای بارانی در مناطق نیمه خشک شمال چین، هشت روز کاهش یافته است. تورگای و ارجان (۲۰۰۵) میانگین روند سالانه و ماهانه بارش را با آزمون های ناپارامتری من- کندال و شیب سن در ترکیه بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که روند های قابل توجهی به خصوص در ماه های ژانویه، فوریه و سپتامبر و میانگین سالیانه در این منطقه وجود دارد. دنیل پاردس و همکاران(۲۰۰٦) در پژوهشی معنی داری آماری روند موجود در بارش ماه مارس در شبه جزیره ایبری از طریق آزمون ناپارامتریک من-کندال ارزیابی شده و کاهش مداوم را در بخش های مرکزی و غربی شبه جزیره در طول دوره ی ۱۹۹۷-۱۹٦۰ نشان داده است. ای.کی منگج وهمکاران(۲۰۱۳)در مطالعه ای به بررسی وقوع بارش روزانه در غرب اوراسیا در هندوستان با استفاده از مدل دو حالته زنجیره مارکوف پرداختند و به این نتیجه رسیدند که توزیع بارندگی چهار ایستگاه هواشناسی غرب اوریسا الگوی نسبتا مشابهی را ارائه می دهد. در طول فصل بارش، انتظار می رود مدت دوره ی خشک حدود ۳ روز باشد و دوره ی مرطوب از ۲تا ۳ روز تغییر می کند، میزان های تخمینی برای تعداد روز های خشک و روزهای بارانی در حین دوره ی ۱۲۲ روزه به ترتیب ۸٤-٥٦ و ٦٦تا ۳۸ می باشد. سی.ام تفوالا و همکاران(۲۰۱۷) به بررسی منحنی های شدت، مدت و فراوانی بارش و عدم قطعیت آنها طی دوره ی زمانی ۱۹۱۸ تا ۲۰۱٤ روی فلات غاپ در آفریقای جنوبی پرداختند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر اینگونه بود: بارش شدید در فلات، روند متداولی را نشان می داد. طوفان های پرشدت که ریسک صدمه بیشتری به شالوده ی محیط دارند غیر محتمل تر از طوفانهای کم شدت هستند. توماس و همکاران(۱۹۹۸) روند مقدار، فراوانی و شدت بارش را در آمریکا بررسی کردند نتایج نشان داد که روند بارش در این منطقه در حال

افزایش است و بارش های شدید افزایش یافته است. ممداوف و همکاران(۲۰۰۹) تغییرات جاری رژیم بارش را در ٤٠ ایستگاه هواشناسی طی سال های ۲۰۰٦-۱۹۹۱ در آذربایجان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش حاکی از کاهش مقدار بارش در دوره ی گرم سال(آوریل– اکتبر) بود. کارابولوت و همکاران(۲۰۰۸) به بررسی روند بارش و دما در منطقه سامسون ترکیه در مقیاس های ماهانه، سالانه و فصلی پرداخته اند؛ نتایج این پژوهش نشان داد هیچ روند منفی و مثبت معنی داری بین دما و بارندگی مشاهده نمی شود؛ اما پارامتر دما در بازه ی زمانی ۱۹۷٤ تا ۲۰۰٦ روند افزایشی معناداری در فصل تابستان دارد.

در ایران نیز موضوع بررسی روند بارش مورد توجه اقلیم شناسان بوده است. به طوری که نظری پور و کریمی(۱۳۹۱)، در پژوهشی تحت عنوان آشکارسازی تغییرات سهم دوام های روزانه ی بارش در تامین روزهای بارشی و بارش ایران به تحقیق و بررسی پرداختند. نتایج حاکی از آن است که سهم سالانه ی دوام های ۱،۲،۳ روزه در تأمین روزهای بارشی و بارش گستره ی دارای روند ایران به ترتیب کاهشی، افزایشی و افزایشی بوده است مساحت گستره ی بدون روند در دوام های ۱،۲،۳ روزه نیز افزایشی است. نتیجه مطالعه حجازی زاده و همکاران(۱۳۹۸) نیز نشان می دهد ۳۰ ایستگاه سینوپتیک روند نزولی در دریافت بارش سالانه داشته اند. در بین این ایستگاهها تنها ایستگاه بابلسر دارای روند صعودی و در ایستگاه های همدان(نوژه) و اراک در سطح اطمینان۰.۰۱ روند نزولی بارش سالانه مشاهده شده است. علیجانی و همکاران(۱۳۹۱) با بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک (برآورد کننده شیب سنس) ۱۱ ایستگاه از مجموع ٤٤ ایستگاه مورد مطالعه روند کاهشی معنادار در سطح احتمالاتی ۰.۰۵ درصد نشان می دهد. نظری پور وهمکاران(۱۳۹۱) نشان دادند که گستره روند منفی سهم بارش های یک روزه در تأمین بارش ایران در ماه های بارانی سال بزرگتر از گستره روند مثبت آنها است. عساکره(۱۳۸٦) تغییرات زمانی مکانی بارش ایران را مطالعه کرده است. نتایج تحقیقات نشان می دهد که حدود ٥١.٤ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته اند. این تغییرات عمدتا در نواحی کوهستانی و نیز نیمه غربی کشور رخداد بیشتری داشته اند. عموما نواحی با بارندگی بیشتر متحمل تغییر بیشتری نیز بوده اند.

همه موارد بالا نشان می دهد که هرگونه نوسان و تغییر در مشخصات بارش در همه جای دنیا از اهمیت بالایی برخوردار است و تحقیقات متعددی انجام شده است. اما در مورد تحلیل روند فراوانی و شدت دوره های بارشی در ایران کاری انجام نشده است. بنابراین با توجه به قرارگیری بخش های زیادی از ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان از یک سو و داشتن نقش تعیین کننده ای که نزولات جوی در تامین آب کشور بر عهده دارند از سوی دیگر، باعث شده که آگاهی بیشتر نسبت به تغییرات اقلیمی بارش ایران از اهمیت چشم گیری برخوردار باشد. بدین جهت این تحقیق سعی دارد این موضوع مهم را در ایران بررسی نماید. نتایج این پژوهش به برنامه ریزان کمک می کند تا تاثیر تغییرات اقلیمی بارش را بر منابع آب ایران به صورت منطقه ای بشناسند و در زمینه کاهش و سازگاری با این تغییرات تصمیمات مناسب تری اتخاذ کنند.

برای بررسی روند دوره های بارشی ایران، آمار روزانه بارش مربوط به ٦٢ ایستگاه سینوپتیک که دارای آمار طولانی مدت(حداقل ۳۰ سال) بودند، در دوره آماری ۱۹٦۸ تا ۲۰۱۸ از سازمان هواشناسی به صورت کنترل شده دریافت شد. ابتدا فراوانی دوره های بارشی در نرم افزار اکسل استخراج شد. در ادامه با استفاده از آزمون ناپارامتریک من–

کندال و تخمین گر شیب سن در مقیاس سالانه روند تغییرات شناسایی شد. آزمون من – کندال ابتدا توسط مان(۱۹٤٥) و سپس در سال ۱۹۷۵ توسط کندال توسعه یافت(اسنیرز، ۱۹۹۰).

مراحل محاسبه این آزمون به شرح زیر است: ۱. محاسبه اختلاف تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر s به شرح رابطه(۱):

رابطه(۱)

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_i)$$

در رابطه(۱) n طول دوره آماری، x_j و x_i مقدار داده j ام و i ام سری زمانی و sgn (xj – xi) تابع علامت بوده و به صورت زیر تعریف می شود:

رابطه(۲)

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

۲. محاسبه واریانس s از رابطه(۳):

رابطه(۳)

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{n} t(t-1)(2t+5)}{18}$$

که n تعداد داده ها و m معرف تعداد سری هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

۳. استخراج آماره z به کمک رابطه(٤):

رابطه(٤)

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{(var(s))^{\frac{1}{2}}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{(var(s))^{\frac{1}{2}}} & s < 0 \end{cases}$$

در این آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$|Z| =\leq Z \propto/2$ ؛ که α سطح معناداری است که برای آزمون در نظر گرفته می شود. در صورتی که آماره ی z مثبت (منفی) باشد، روند سری داده ها افزایشی (کاهشی) در نظر گرفته می شود.

برای محاسبه شیب خط روند سری داده ها از تخمینگر سن استفاده شد:

رابطه(۵)

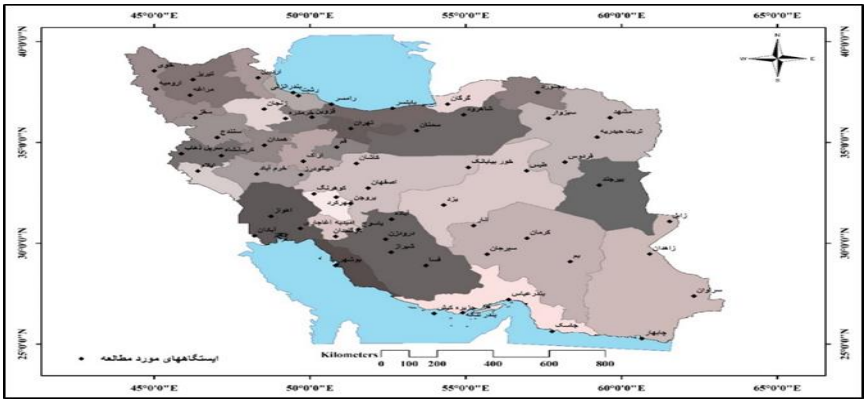
$$\beta = Median\left[\frac{x_j - x_i}{j - i}\right] (\forall j > i)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_j و x_i به ترتیب مقادیر مشاهداتی j ام و i ام می باشند. مقدار مثبت (منفی) β نشان دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری است.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

ایران کشوری در جنوب غربی آسیا و با وسعتی معادل ۱٦٤۸۱۹۵ کیلومتر مربع مابین ۲۵ تا ٤۰ درجه عرض شمالی و ٤٤ تا ٦۳ درجه طول شرق در منطقه خشک و نیمه خشک خاورمیانه واقع شده است. کشور ایران سرزمینی بسیار متنوع است. این گوناگونی در تمام ویژگی های جغرافیایی آن از مسائل انسانی گرفته تا خصوصیات طبیعی به چشم می خورد. اقوام مختلف ایرانی به زبانهای متفاوت تکلم می کنند. مذاهب متفاوت در کنار هم زندگی می کنند. سلسله جبال سر به فلک کشیده البرز با ارتفاع بیش از ۵۷۰۰ متر درست در کنار جلگه ساحلی دریای خزر، جایی که از سطح دریاهای آزاد پایینتر است، قرار دارد. در داخل فلات ایران، مناطق کوهستانی اطراف، شوره زارهای مرکزی را از هر طرف محاصره کرده اند. با کمترین مسافت از جنگلهای سرسبز شمال یا زاگرس به سرزمین های استپی نیمه بیابانی و حتی بیابانی می رسیم. شاید بتوان گفت که بهترین جلوه گاه این همه تنوع و گوناگونی، آب وهوای کشور می باشد. هیچکدام از ویژگی های جغرافیایی به اندازه پراکندگی مکانی و زمانی عناصر آب و هوایی، تنوع نشان نمی دهند(علیجانی، ۱۳۷٤:۱). ویژگی نسبتا ثابتی که در آب و هوای نواحی مختلف ایران دیده می شود عمدتا به سبب عرض جغرافیایی، ناهمواری و همسایگی با توده های بزرگ آب شکل گرفته اند و ویژگی های متغیر و بی ثبات آن بیشتر ناشی از چگونگی عملکرد سامانه های جوی می باشد. عرض جغرافیایی از یک سو تعیین کننده موقعیت جغرافیایی ایران نسبت به محل استقرار و مسیر جابجایی سامانه های همدید و از سوی دیگر تعیین کننده اندازه تابش دریافتی است. اهمیت عرض جغرافیایی در شکل گیری اقلیم ایران و مرزبندی نواحی اقلیمی در ایران به دلیل ارتباط آن با زاویه تابش خورشید و در نتیجه مقدار تابش دریافتی کشور در ایام مختلف سال است. یکی از دلایلی که گرم ترین نواحی ایران در کمربند ساحلی جنوب ایران استقرار یافته اند همین است. نقش ارتفاعات در شکل گیری نواحی گرمایی ایران صد برابر نقش عرض جغرافیایی می باشد(مسعودیان، ۱۳۸۷). از آنجا که سرزمین ایران در منطقهٔ خشک واقع شده و متوسط بارندگی سالانه در ایران حدود ۲۵۰ میلیمتر می باشد که این میزان در مقایسه با میانگین بارش جهانی ناچیز است، پراکنش مکانی و زمانی آن تأثیر بسزایی در شکل گیری چشم اندازهای جغرافیایی کشور داشته و بنیادهای زندگی را در این گستره متأثر می سازد. موقعیت مکانی ایستگاههای مورد بررسی در شکل شماره ۱ مشاهده می شود.

شکل۱. منطقه مورد مطالعه ایران



منبع: نگارنده، ۱٤۰۰

یافته های پژوهش

روند فراوانی و شدت بارش های یک روزه ایران

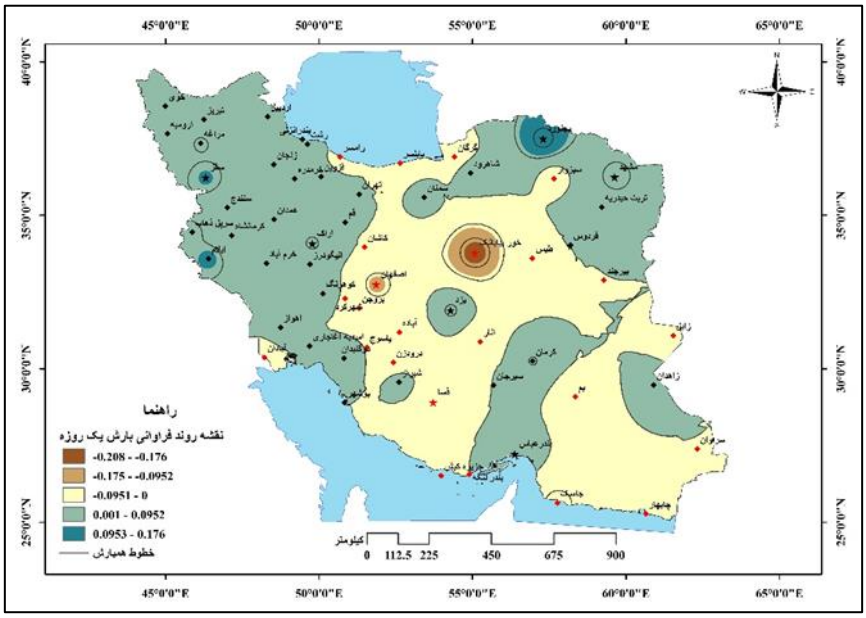
فراوانی بارش های یک روزه در بخش اعظم سرزمین ایران روند افزایشی و برعکس شدت بارش های یک روزه روند کاهشی داشته است. البته روندهای مشاهده شده در تمامی ایستگاهها معنادار نبوده است. فراوانی بارش های یک روزه به ترتیب در ۱۰، ۵ درصد از ایستگاهها افزایش و کاهش معنادار داشته است. فراوانی بارش های یک روزه در ایستگاههای اراک، بندرعباس، بجنورد، مشهد، یزد و سقز به ترتیب با مقادیر شیب سن ۰/۰۹، ۰/۰۸۷، ۰/۱۷، ۰/۰۹، ۰/۰۸۷ و ۰/۱۰۳ افزایش معنادار ($p < ۰/۰۵$) داشته است. برخلاف ایستگاههای نامبرده، فراونی بارش های یک روزه در ایستگاههای اصفهان، فسا و خوروبیابانک به ترتیب با شیب سن ۰/۱۲-، ۰/۰۷- و ۰/۲۱- کاهش معنادار ($p < ۰/۰۵$) داشته است. همچنین شدت بارش های یک روزه در ٤٠ درصد از ایستگاهها کاهش معنادار داشته است. ایستگاه های دارای روند معنی دار در جدول ۱ نشان داده شده اند. به طور کلی روندهای افزایشی فراوانی بارش های یک روزه متمرکز بر نواحی غرب، شمال شرق، شمال غرب و جنوب غرب ایران، و روندهای کاهشی آن متمرکز بر نواحی ساحلی دریای خزر، فلات مرکزی ایران، جنوب شرقی و سواحل جنوب ایران است. بیشترین کاهش شدت بارش های یک روزه متمرکز بر جنوب غرب، مناطق ساحلی، غرب و شمال غرب ایران و کمترین مقدار آن در نواحی خشک مرکزی ایران است. مقایسه پراکندگی فضایی تغییرات دو شاخص به خوبی نشان می دهد که در مناطق غرب، شمال غرب، شمال شرق و جنوب غرب ایران فروانی بارش های یک روزه افزایش یافته و برعکس از میزان شدت بارش های یک روزه کاسته شده است(شکل ۱ و ۲). به طور متوسط، فراوانی بارش های یک روزه در مناطق نامبرده با آهنگی بین ۰/۱۱ تا ۰/٥٦ روز در هر دهه افزایش یافته است و شدت بارش های یک روزه در همین نواحی با آهنگی بین ۰/۲۱- تا ۰/۳۸- میلیمتر در هر دهه کاهش یافته است.

جدول ۱. مقادیر شیب سن و ایستگاه های دارای روند معنادار

نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن
اهواز	-۰.۰۹۷	اردبیل	-۰.۰۳۷	بابلسر	-۰.۰٦٦	گرگان	-۰.۰٥٦
کرمان	-۰.۰۲٤	کرمانشاه	-۰.۰٤۷	مشهد	-۰.۰۲٦	سنندج	-۰.۰٥٤
شهرکرد	-۰.۰٤٦	تبریز	-۰.۰۲٤	تهران	-۰.۰۱۸	اورمیه	-۰.۰۲۱
یزد	-۰.۰۳۲	زاهدان	-۰.۰٤۲	زنجان	-۰.۰۳۰	رشت	-۰.۰٦۸
زابل	-۰.۰۲٤	تربت ح	-۰.۰۳۹	سقز	-۰.۰۳٥	الیگودرز	-۰.۰۸٥
انار	-۰.۰٤۸	بروجن	-۰.۰٦٦	جزیره ک	-۰.۰۷۲	سبزوار	-۰.۰۲۲
خوی	-۰.۰۲۳						

منبع: (یافته های پژوهش، ۱٤۰۰)

شکل۱. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش یک روزه در ایران



(منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

روند فراوانی و شدت بارش های دو روزه ایران

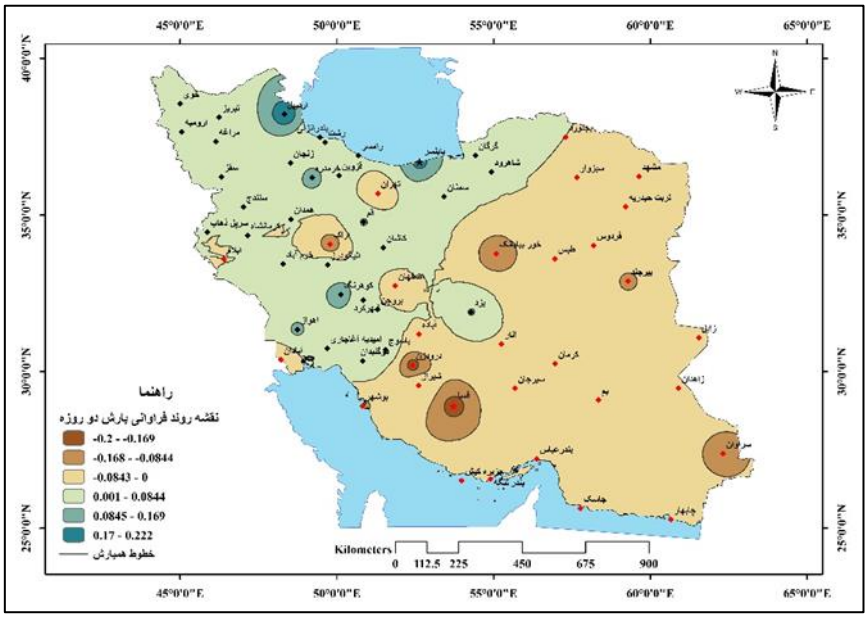
فراوانی و شدت بارش های دو روزه در بیشتر ایستگاههای مطالعه شده روندهای کاهشی را نشان می دهد. روند کاهشی فراوانی بارش دو روزه ضعیف است و در اغلب ایستگاهها معنادار نیست. فراوانی بارش دو روزه فقط در دو ایستگاه روند معنادار داشته است. این شاخص در ایستگاه بابلسر افزایش معنادار ($p < ۰/۰۵$) و در ایستگاه فسا کاهش معنادار ($p < ۰/۰۵$) داشته است. روندهای کاهشی شدت بارش های دو روزه در مقایسه با فراوانی بارش های دو روزه به نسبت شدیدتر است. روند شدت بارش های دو روزه در ۱۸ ایستگاه (۲۹درصد) کاهش معنادار داشته است. ایستگاههای دارای روند معنی دار در جدول ۲ نشان داده شده اند. بیشترین کاهش شدت بارش های دو روزه در جنوب غرب، سواحل دریای خزر، شمال غرب، شمال شرق، سواحل جنوبی، غرب، فلات مرکزی و جنوب شرق ایران رخ داده است. مقایسه پراکندگی فضایی تغییرات دو شاخص به خوبی نشان می دهد که در مناطق جنوب غرب، شمال، شمال غرب و غرب ایران فراوانی بارش های دو روزه افزایش یافته و برعکس از میزان شدت بارش های دو روزه کاسته شده است(شکل۳ و ٤). به طور متوسط، فراوانی بارش های دو روزه در مناطق نامبرده با آهنگی بین ۰.۰۰۳تا ۰.۰۵٦ روز در هر دهه افزایش یافته است و شدت بارش های دو روزه در همین نواحی با آهنگی بین ۰.۰۲۱- تا ۰.۰٦۷- میلیمتر در هر دهه کاهش یافته است.

جدول۲. مقادیر شیب سن و ایستگاه های دارای روند معنی دار

نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن
اهواز	-۰.۰۱۲	اردبیل	-۰.۰٤۹	بجنورد	-۰.۰۳۲
گرگان	-۰.۰۳٦	کرمان	-۰.۰۳۸	سنندج	-۰.۰٦۸
شهرکرد	-۰.۰۳۹	تبریز	-۰.۰۳۷	یزد	-۰.۰۳۲
زاهدان	-۰.۰۳۷	زنجان	-۰.۰۲٤	رشت	-۰.۰۸۸
فردوس	-۰.۰٦۷	تربت حیدریه	-۰.۰٤۳	سقز	-۰.۰٤۹
جاسک	-۰.۰۱٤٦	سبزوار	-۰.۰۳۹	مراغه	-۰.۰۱۰۱

(منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

شکل۳. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش دو روزه در ایران



(منبع: یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

روند فراوانی و شدت بارش های سه روزه ایران

فروانی و شدت بارش های سه روزه در بخش اعظم سرزمین ایران روند کاهشی داشته است. اما این روند کاهشی در همه ی ایستگاه ها معنادار نبوده است. فراوانی بارش های سه روزه به ترتیب در ۱۳، ۲ درصد از ایستگاهها کاهش و افزایش معنادار داشته است. فراوانی بارش های سه روزه فقط در ایستگاه سمنان با شیب سن ۰.۰۷۹ افزایش معنادار (p <۰/۰۵) داشته است. ایستگاههای دارای روند کاهش معنی دار در جدول ۳ نشان داده شده اند.

جدول ۳. مقادیر شیب سن و ایستگاه های دارای روند معنی دار

نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن
آبادان	-۰.۰۷۵	بندر انزلی	-۰.۱۸۸	بوشهر	-۰.۲٤٥	اصفهان	-۰.۰۹٤
کرمانشاه	-۰.۱٦۷	بندر لنگه	۰	آباده	-۰.۱۱	جزیره کیش	۰

منبع: (یافته های پژوهش، ۱٤۰۰)

شدت بارش های سه روزه نیز به ترتیب در ۱٤.٥، ۲ درصد از ایستگاهها کاهش و افزایش معنادار داشته است. ایستگاههای دارای روند کاهش معنی دار در جدول ٤ نشان داده شده اند. مقایسه نتایج مربوط به روند فراوانی و شدت بارش های سه روزه ایران نشان داد که جهت تغییرات دو شاخص هماهنگ است. همانطور که فراوانی بارش های سه روزه در اکثر مناطق ایران کاهش یافته است، از میزان شدت بارش های سه روزه نیز کاسته شده است. شاخص فروانی بارش های سه روزه در اکثر ایستگاههای واقع در نواحی ساحلی دریای خزر، شمال شرق، جنوب شرق، سواحل جنوبی، جنوب غرب، غرب و نواحی مرکزی ایران روندهای کاهشی داشته است. شدت بارش های سه روزه در سواحل خزر، شمال شرق، شمال غرب، جنوب شرق، غرب، سواحل جنوبی، نواحی مرکزی وجنوب غرب ایران روندهای کاهشی داشته است(شکل۵ و ٦). مقایسه پراکندگی فضایی تغییرات دو شاخص به خوبی نشان می دهد که در مناطق شمال، شمال شرق، جنوب شرق، سواحل جنوبی، جنوب غرب، غرب و فلات مرکزی ایران فراوانی و شدت بارش های سه روزه هر دو شاخص کاهش یافته است. به طور متوسط فراوانی بارش های سه روزه

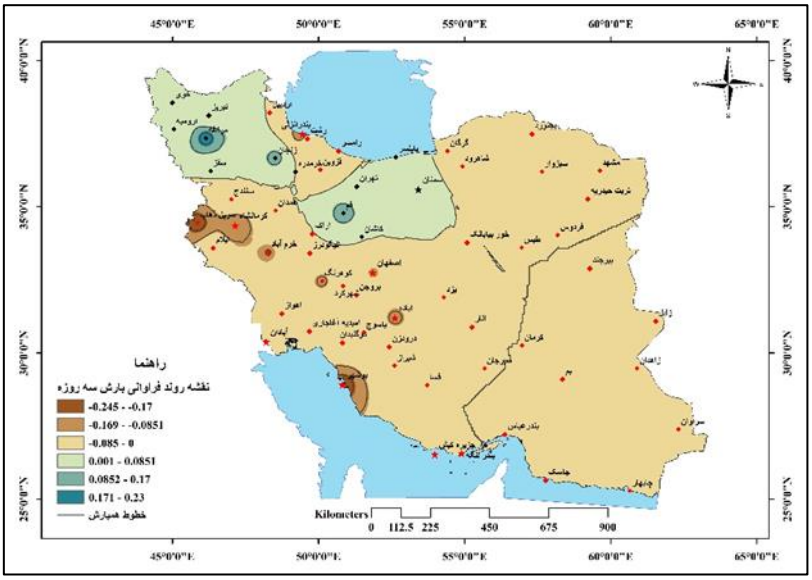
در مناطق نامبرده با آهنگی بین ۰.۰۰۷- تا ۰.۰۴۹- روز در هر دهه کاهش یافته است و شدت بارش های سه روزه نیز در همین مناطق با آهنگی بین ۰.۰۰۱- تا ۰.۰۵۱- میلیمتر در هر دهه کاهش یافته است.

جدول ٤. مقادیر شیب سن و ایستگاه های دارای روند معنی دار

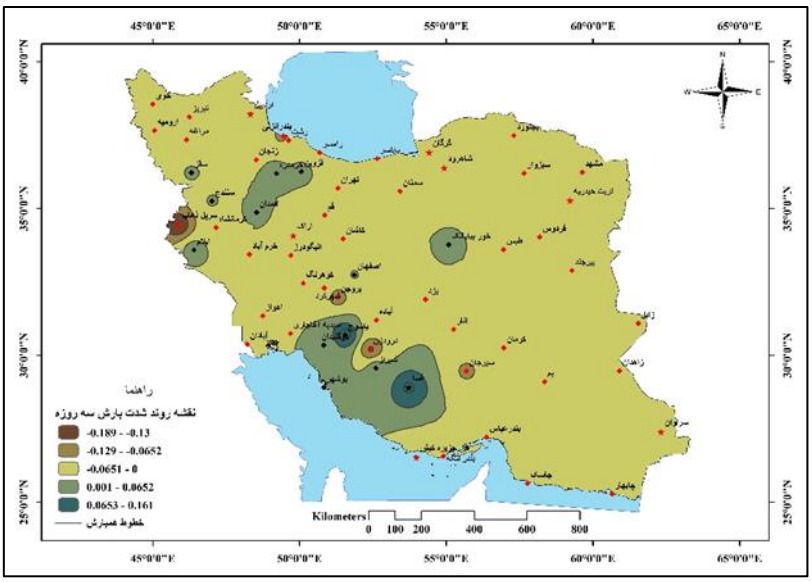
نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن	نام ایستگاه	شیب سن
اراک	-۰.۰٤۷	اردبیل	-۰.۰٤۰	بندرانزلی	-۰.۰۹۲
گرگان	-۰.۰٤۲	تربت حیدریه	-۰.۰۵۳	شاهرود	-۰.۰۲٦
سرپل ذهاب	-۰.۱۸۹	جزیره کیش	-۰.۰٦۷	سراوان	-۰.۰۲۳

منبع: (یافته های پژوهش، ۱٤۰۰)

شکل۵. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش سه روزه در ایران



شکل٦. نقشه پراکندگی شیب سن برای شدت بارش سه روزه در ایران

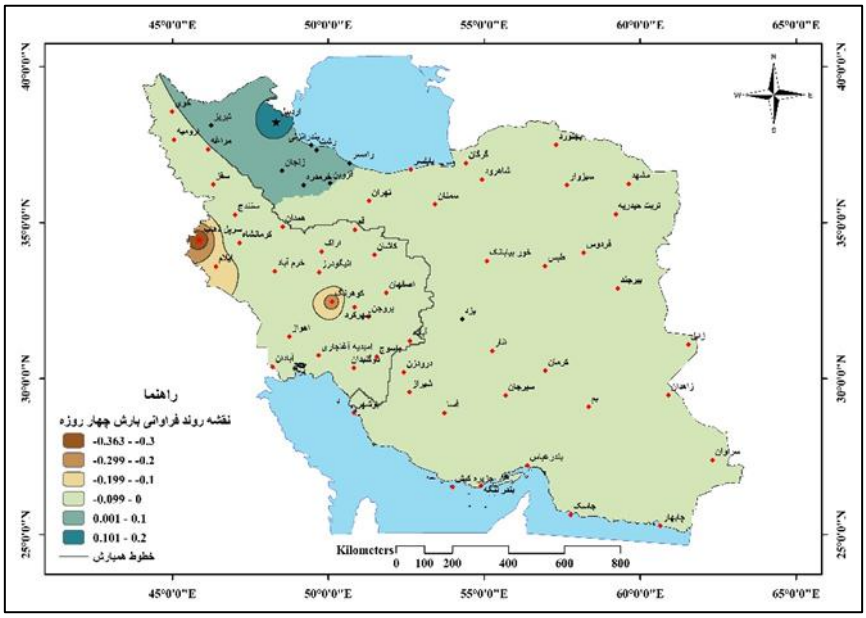


منبع: (یافته های پژوهش، ۱٤۰۰)

روند فراوانی و شدت بارش های چهار روزه ایران

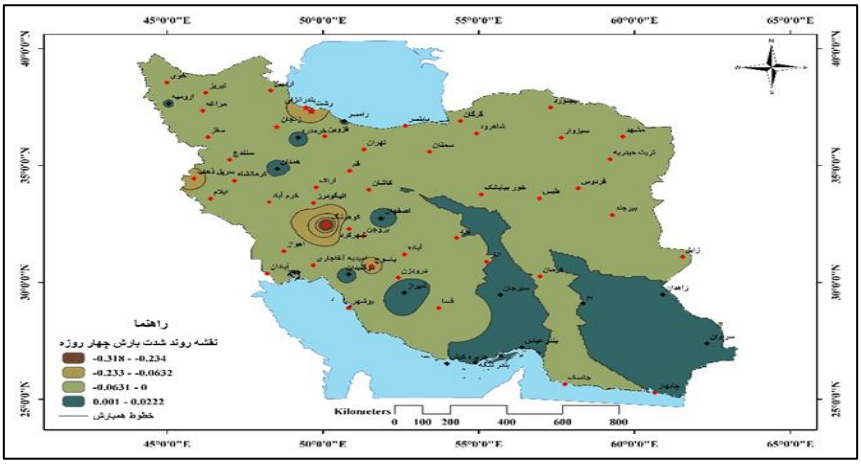
فراوانی بارش های چهار روزه روندهای آشکاری را نشان نمی دهد، اما شدت بارش های چهار روزه در بیشتر ایستگاههای مطالعه شده روند کاهشی ضعیف داشته است. فراوانی بارش های چهار روزه فقط در دو ایستگاه روند معنادار داشته است. این شاخص در ایستگاه اردبیل افزایش معنادار (p <۰/۰۵) و در ایستگاه سرپل ذهاب کاهش معنادار (p <۰/۰۵) داشته است. روندهای کاهشی شدت بارش های چهار روزه در همه ی ایستگاه ها معنادار نبوده است. فقط در ایستگاههای بندر انزلی، زنجان، رشت و کوهرنگ کاهش معنادار (p <۰/۰۵) داشته است. مقایسه پراکندگی فضایی تغییرات دو شاخص به خوبی نشان می دهد که برخی ایستگاههای واقع در شمال و شمال غرب ایران فراوانی بارش های چهار روزه افزایش یافته و برعکس از میزان شدت بارش های چهار روزه کاسته شده است(شکل۷ و ۸). به طور متوسط، فراوانی بارش های چهار روزه در مناطق نامبرده با آهنگی بین ۰ تا ۰.۰۳۳روز در هر دهه افزایش یافته است و شدت بارش های یک روزه در همین نواحی با آهنگی بین ۰.۰۲۰- تا ۰.۰۶۲- میلیمتر در هر دهه کاهش یافته است.

شکل۷. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش چهار روزه در ایران



منبع: (یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

شکل۸. نقشه پراکندگی شیب سن برای شدت بارش چهار روزه در ایران

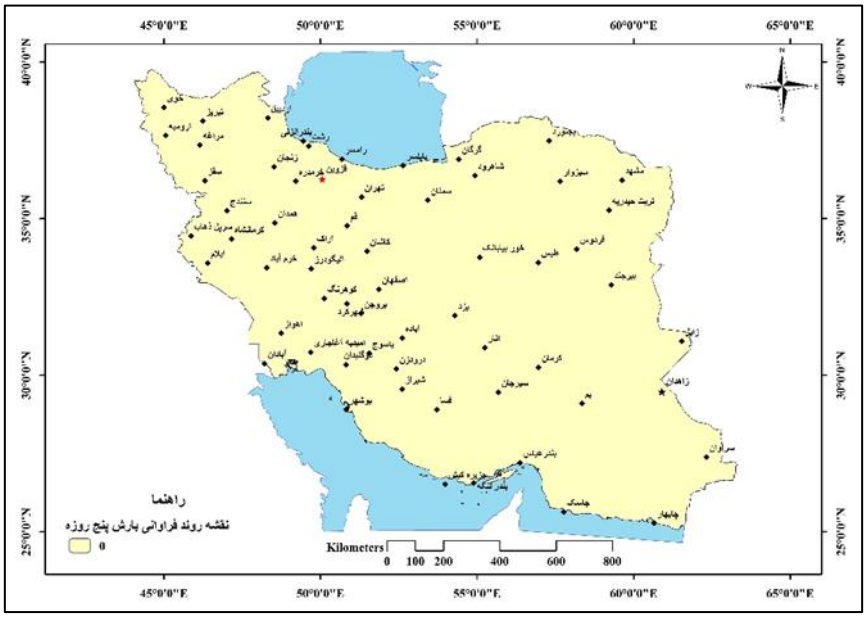


منبع: (یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

روند فراوانی و شدت بارش های پنج روزه ایران

مقایسه نتایج مربوط به روند فراوانی و شدت بارش های پنج روزه ایران نشان داد که تغییرات فضایی–زمانی این دو شاخص با یکدیگر متفاوت است. در حالیکه فراوانی بارش های پنج روزه در اکثر مناطق ایران بدون روند آشکار است، شدت بارش های ۵ روزه در بیشتر ایستگاهها روند کاهشی غیرمعنادار داشته است. فراوانی بارش های پنج روزه فقط در دو ایستگاه روند آشکار داشته است. فراوانی بارش های پنج روزه در ایستگاه زاهدان افزایش معنادار ($p < ۰/۰۵$) و در ایستگاه قزوین کاهش معنادار ($p < ۰/۰۵$) داشته است. با توجه به میانگین شیب سن بیشترین کاهش شدت بارش های پنج روزه در سواحل خزر، شمال غرب، غرب، شمال شرق ایران و کمترین مقدار آن در نواحی خشک مرکزی ایران رخ داده است.

شکل۹. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش پنج روزه در ایران



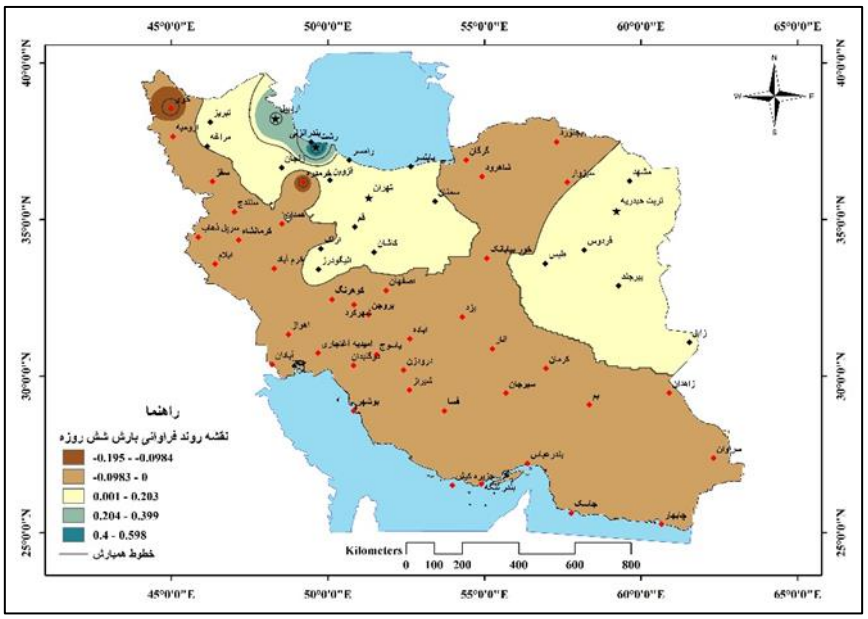
منبع: (یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

روند فراوانی و شدت بارش های شش روزه ایران

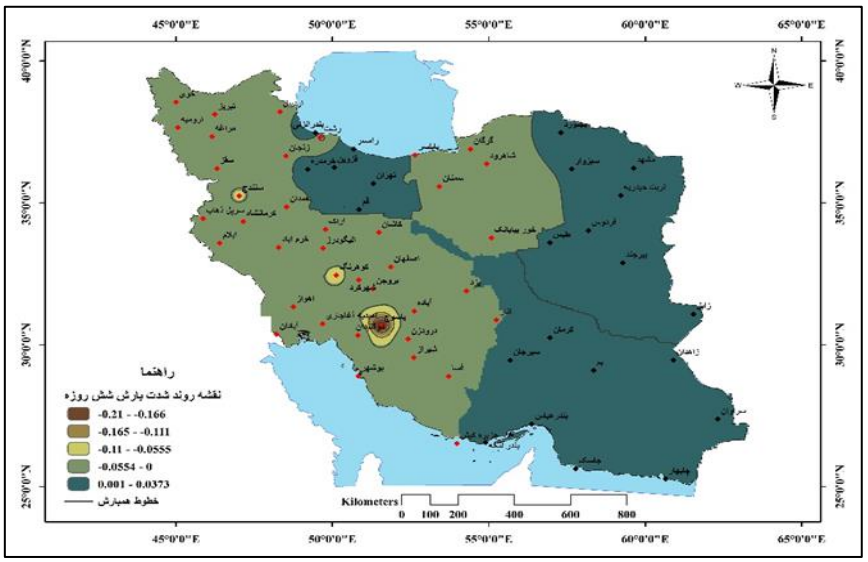
فروانی و شدت بارش های شش روزه در اکثر ایستگاهها روند کاهشی داشته است. فراوانی بارش های شش روزه در ایستگاههای اردبیل، تهران، رشت و تربت حیدریه افزایش معنادار ($p < ۰/۰۵$) داشته است. روند های کاهشی مشاهده شده ی شدت بارش شش روزه در هیچکدام از ایستگاهها معنادار نبوده است. با توجه به میانگین شیب سن بیشترین افزایش فروانی بارش های شش روزه در مناطق سواحل خزر، شمال غرب، بخشی از نواحی مرکزی و شمال شرق ایران به وقوع پیوسته است. مقایسه پراکندگی فضایی تغییرات دو شاخص به خوبی نشان می دهد که در مناطق شمال و شمال غرب ایران فراوانی بارش های شش روزه افزایش یافته و برعکس از میزان شدت بارش های شش روزه کاسته شده است (شکل ۱۱ و ۱۲). به طور متوسط، فراوانی بارش های شش روزه در مناطق نامبرده با آهنگی بین ۰.۱۹۲ تا ۰.۰۲۹ روز در هر دهه افزایش یافته است و شدت بارش های یک روزه در همین نواحی با آهنگی بین ۰.۰۰۷– تا ۰.۰۰۶– میلیمتر در هر دهه کاهش یافته است. باتوجه به میانگین ها، روندهای افزایش فراوانی

بارش های شش روزه در دو ناحیه یعنی سواحل دریای خزر و شمال غرب ایران روندهای متوسطی را تجربه کرده اند.

شکل۱۰. نقشه پراکندگی شیب سن برای فراوانی بارش شش روزه در ایران



شکل۱۱. نقشه پراکندگی شیب سن برای شدت بارش شش روزه در ایران



منبع: (یافته های پژوهش، ۱۴۰۰)

نتیجه گیری و دستاورد علمی پژوهشی

این پژوهش با هدف بررسی تغییرات رخ داده در سری های زمانی شاخص های فراوانی و شدت بارش یک تا شش روزه ایران در نیم قرن اخیر انجام شد. نتایج آزمون من کندال و شیب سن، شواهدی از تغییرات در دوره های بارشی ایران را طی ۵۰ سال اخیر نشان می دهد. مطالعه ما نشان داد که فراوانی بارش های یک روزه در بیشتر ایستگاهها افزایش یافته، اما فراوانی بارش های دو تا شش روزه در غالب ایستگاهها کاهش یافته است. بنابراین می توان نتیجه گرفت که تداوم بارش در ایران کاهش یافته است. یعنی بارش های یک روزه افزایش و چند روزه کاهش یافته است. به هر حال دوره های بارشی ایران کوتاه تر شده است. شدت بارش های یک تا شش روزه در بخش اعظم

سرزمین ایران کاهش یافته است. شدت بارش های یک روزه و دو روزه نسبت به شدت بارش های سه روزه و چهار روزه خیلی قوی بوده است. روندهای کاهشی مشاهده شده برای شدت بارش های پنج روزه و شش روزه، ضعیف تر بوده است. بنابراین از تداوم و شدت بارش ها در ایران کاسته شده و ایران به سمت خشک تر شدن پیش رفته است. مقایسه شیب سن شاخص های فراوانی و شدت بارش های یک تا شش روزه نشان داد که روند های کاهشی شدت دوره های بارشی در مقایسه با روند های افزایشی فراوانی دوره های بارشی قوی تر بوده است. از لحاظ توزیع فضایی نیز تغیرات معنادار در شاخص شدت دوره های بارشی گستره فضایی بیشتری از شاخص فراوانی دوره های بارشی در ایران دارد. مقایسه میانگین شیب سن شاخص فراوانی دوره های بارشی در مناطق مختلف ایران نشان داد که در بین اغلب مناطق کشور بیشترین تغییرات فراوانی بارش های یک تا شش روزه در منطقه شمال غرب ایران رخ داده و روند همه آنها افزایشی است. همچنین در بخش اعظم سرزمین ایران فروانی بارش های پنج روزه روندهای آشکاری را نشان نمی دهد. مقایسه میانگین شیب سن شاخص شدت دوره های بارشی در مناطق مختلف ایران نشان داد که شدت بارش ها در بخش اعظم سرزمین ایران کاهش یافته و فقط در نواحی مرکزی و شمال شرق ایران شدت بارش های شش روزه روندهای افزایشی ضعیفی را در طول نیم قرن اخیر تجربه کرده اند.

نتایج این مطالعه تا حدودی یافته های مطالعات پیشین را تصدیق می کند(نظری پور و کریمی۱۳۹۱، حجازی زاده و همکاران۱۳۹۸، علیجانی و همکاران۱۳۹۱، خلیلی و بذرافشان۱۳۸۳، عزیزی و روشنی ۱۳۸۷، بختیار محمدی۱۳۹۰، نظری پور و همکاران۱۳۹۳، عساکره۱۳۸٦) به طور کلی، نتایج پژوهش های قبلی نشان می دهد که مشخصات بارش در بیشتر پهنه فلات ایران در دهه های اخیر روند کاهشی داشته است، اما میزان تغییرات کاهشی در مناطق مختلف یکسان نبوده است. نتایج پژوهش های قبلی به خاطر تفاوت در تعداد ایستگاههای مطالعه شده، دوره زمانی مورد مطالعه، نوع پایگاه داده های استفاده شده و روش مطالعه تفاوت های اندکی را نشان می دهند. نتایج این پژوهش به برنامه ریزان کمک می کند تا تاثیر تغییرات اقلیمی بارش را بر منابع آب ایران به صورت منطقه ای بشناسند و در زمینه کاهش و سازگاری با این تغییرات تصمیمات مناسب تری اتخاذ کنند.

منابع

حجازی زاده، زهرا، کربلائی علیرضا، طولابی نژاد، میثم و حسینی، سیدمحمد(۱۳۹۸). واکاوی روند بارش شش دهه گذشته ایران، چهاردهمین کنگره انجمن جغرافیایی، ایران، تهران، https://civilika.com/doc/876508

حلبیان، امیرحسین(۱۳۹۵) ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۱۳: ۱۰۱-۱۱٦.

سامعی، سمیرا، اخباری، محمد، حیدری، غلامحسین(۱۳۹۹). همکاری های منطقه ای ایران با همسایگان غربی بر مبنای دیپلماسی آب(مطالعه موردی: عراق و ترکیه)، فصلنامه علمی پژوهشی جغرافیا(برنامه ریزی منطقه ای)، شماره۳، ٦۱۹-٦۰۵.

علیجانی، بهلول(۱۳۹۰). تحلیل فضایی دماها و بارش های بحرانی روزانه در ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۰: ۳۰-۹.

علیجانی، بهلول، محمودی پیمان و چوگان، عبدالجبار(۱۳۹۱)، بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک(برآورد کننده شیب سنس)، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، ۹: ۲۳-۴۲.

علیجانی، بهلول (۱۳۷٤)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور تهران.

علیجانی، بهلول (۱۳۹۳) مبانی آب و هواشناسی، انتشارات سمت.

عساکره، حسین (۱۳۸٦)، تغییرات زمانی- مکانی بارش ایران زمین طی دهه های اخیر، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۰: ۱٦٤-۱٤٥.

عساکره، حسین، یوسفی زاده، رحیم(۱۳۹٤)، بررسی روند و رفتار بارشی شهر شاهرود با استفاده از مدل های آماری و تحلیل طیفی، فصلنامه علمی – پژوهشی جغرافیا(برنامه ریزی منطقه ای)، شماره۳، ٦٦-۵۱.

فانی، ابولفضل، غازی ایران، ملکیان، آرش(۱۳۹۹)، تدوین راهبردهای مدیریت منابع آب با استفاده از تکنیک Delphi- SWOT جهت دستیابی به توسعه پایدار (مطالعه موردی: شهر بندر عباس)، فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیا(برنامه ریزی منطقه ای)، شماره۳، ٦۸۳-٦٦۷.

محمدی، بختیار (۱۳۹۰) تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳: ۱۰٦-۹۵.

مسعودیان ابوالفضل(۱۳۸۳)، روند بارش در نیم سده گذشته، نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه ای، شماره۲، ٦۳-۷۲.

مسعودیان، ابوالفضل(۱۳۹۰)، آب و هوای ایران، انتشارات شریعه توس.

نیک سخن، محمدحسین، طایفه، سید مسعود، علیمددی، مجتبی(۱۳۹۷)، تخصیص بهینه منابع آب با در نظر گرفتن اولویت های کاربران در استان قم، فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیا(برنامه ریزی منطقه ای)،شماره۲، ۲۹۳-۳۰۸.

نظری پور، حمید (۱۳۹۳)، نواحی تداوم بارش ایران. فصلنامه جغرافیا و توسعه، ۳٦ : ۲۰۸-۱۹۵.

نظری پور، حمید، خسروی، محمود و مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰) الگوهای فضایی اهمیت تداوم بارش ایران. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۳: ۵۸-۳۷.

نظری پور، حمید و زهرا کریمی(۱۳۹۱)، آشکارسازی تغییرات سهم دوام های روزانه ی بارش در تامین روزهای بارشی و بارش ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال دوازدهم، ۲۷: ۷۵-۵۳.

A.K. Mangaraj, L.N. Sahoo and M.K. Sukla (2013), A markov chain analysis of daily rainfall occurrence at western orissa of India, journal of Reliability and Statistical Studies, 6: 77-86.

Alijani, B., Brien, J. O, and Yarnal, B (2008), spatial analysis of precipitation intensity and ***concentration*** in Iran. Theoretical and Applied climatology; 94: 107-124.

C.M. Tfwala, L.D. van Rensburg, R. Schall, S.M. Mosia, P. Dlamini (2017), Precipitation intensity-duration-frequency curves and their uncertainties for Ghaap plateau, Climate Risk Management,16: 1-9.

Dao-Yi and Gong (2004) Daily precipitation changes in the semi-arid region over northern China, Journal of Arid Environments.59: 771-784.

Gemmer.M, S.Becker and T.Jiang (2004): Observed Monthly Precipitation Trends in China 1951-2002. Theor.Appl.Climatol. 77.

Karabulut, M., Gürbüz, M., & Korkmaz, H. (2008). Precipitation and temperature trend analysis in samsun. Journal International Environmental Application & Science, 3(5), 399-408.

Kendall, M., G., (1975), Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.

Paredes D, Trigo, R M, Garc ia- Herrera, R, and Franco-Trigo, I (2006) Understanding rainfall changes in Iberia in early spring: weather typing and storm-tracking approaches, j. Hydrometer, 7: 101-113.

Turgay, p. and Ercan K. 2005. Trend analysis in Turkish Precipitation data, Hydrological processes, vol. 20, Issue 9, PP.2011-2026.

Mamedov, RM., Safarov, S.G., Safarov, E.S., 2009. Current changes of the atmospheric precipitation regime on the territory of Azerbaijan, Geography and Natural resources, Volume 30, Issue 9, PP 403-407.