مقاله پژوهشی

بررسی اثر پارامترهای هواشناسی بر رخدادهای بارشی شدید در اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از رگرسیون چندک

صدیقه برارخان‌پور احمدی[1*]، محمدعلی غلامی سفیدکوهی[2] و مجتبی خوش روش[3]

۱) دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۲) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: rbararkhan@gmail.com

شاپا چاپی: ۷۴۸۰-۲۲۵۱
شاپا الکترونیکی: ۷۴۰۰-۲۲۵۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

پست الکترونیک:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

سال دوازدهم
شماره سه (۴۷)
بهار ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۱/۰۹/۲۸

صفحات: ۴۹-۳۳

چکیده:

زمینه و هدف: تغییرات اقلیمی ناشی از پیشرفت و صنعتی شدن جوامع بشری موجب تغییر در شدت و فراوانی بارش‌های شدید و سیل آسا شده است که خسارت‌های غیرقابل جبرانی را به همراه داشته است. به منظور کاهش این خسارت‌ها لازم است تغییرات مقادیر حدی بارش و عوامل موثر بر آن در هر منطقه شناسایی شود. روش‌های رگرسیون چندک قادر هستند روندها را نه‌تنها در میانه، بلکه در دامنه‌های مختلف سری داده‌ها بررسی کنند. بنابراین هدف از این پژوهش، بررسی روند فصلی مقادیر مختلف از بارش و نیز بررسی رابطه‌ی پارامترهای اقلیمی کمینه دما، بیشینه دما، کمینه رطوبت نسبی، بیشینه رطوبت نسبی و بیشینه سرعت باد بر روی مقادیر مختلف بارش در اقلیم‌های مختلف ایران می‌باشد.

روش پژوهش: در گام اول، سری زمانی روزانه داده‌های اقلیمی شامل بارش، کمینه و بیشینه دما، کمینه و بیشینه رطوبت نسبی و بیشینه سرعت باد برای یک دوره‌ی ۴۵ ساله در فصل‌های مختلف برای ۵ ایستگاه سینوپتیک بابلسر، شیراز، بندرعباس، خرم آباد و تربت حیدریه تشکیل شد. در انتخاب ایستگاه‌های مطالعاتی سعی شد از ایستگاه‌های با اقلیم‌های متفاوت و با طول دوره‌ی آماری مناسب انتخاب گردد. سپس به بررسی روند تغییرات فصلی مقادیر مختلف بارش در چندک‌های مختلف (چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵ و ۰/۹۹) با استفاده از روش رگرسیون چندک در تمامی ایستگاه‌های مطالعاتی پرداخته شد. در گام بعدی، رابطه‌ی پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف بارش (مقادیر بارش کم تا بسیار بالا) در فصل‌های مختلف برای هر یک از ایستگاه‌ها، با استفاده از روش رگرسیون چندکی بررسی شد. سپس نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج بررسی روند تغییرات بارش روزانه نشان داد که مقادیر بالای بارش در فصل بهار، در ایستگاه‌های بندر عباس، شیراز و تربت حیدریه به صورت معنی‌دار کاهش یافته اما مقادیر بسیار بالای بارش (چندک‌های ۰/۹۵ و ۰/۹۹) در ایستگاه‌های بابلسر و خرم آباد افزایش یافته است. همچنین، مقادیر بارش‌های بسیار بالای روزانه در تابستان، در ایستگاه بندرعباس کاهش اما در ایستگاه‌های تربت حیدریه و خرم آباد به طور قابل توجهی افزایش یافته است. در حالی‌که در فصل زمستان، مقادیر مختلف بارش در تمامی فصل‌ها دارای روند کاهشی بوده و تنها یک شیب مثبت معنی‌دار در مقادیر بارش‌های بسیار بالا (چندک ۰/۹۹) در ایستگاه بابلسر وجود داشت. در بررسی پارامترهای موثر بر بارش‌های حدی نتایج نشان داد که مقدار تاثیر بر روی وقوع بارش‌های شدید به نسبت بیشتر از بارش‌های کم تا میانه بوده است. پارامترهای کمینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد تاثیر مثبت و پارامتر بیشینه دما تاثیر منفی را بر روی بارش‌های شدید در فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف داشته است. بیشترین ضرایب تاثیر مثبت در فصل بهار برای سرعت باد در بابلسر (۱/۸)، در فصل تابستان برای سرعت باد در بابلسر (۳/۸)، کمینه و بیشینه دما در بندرعباس (۴/۰۳- و ۱/۵۳)، برای فصل پاییز برای بیشینه رطوبت و سرعت باد در بابلسر (۲/۵۷ و ۲/۹۹) و سرعت باد در خرم‌آباد (۱/۵۴) و برای فصل زمستان، برای سرعت باد در بابلسر و بندرعباس (۱/۹۴ و ۲/۶)، و کمینه دما در تربت حیدریه (۰/۹۶) بوده است. همچنین، بیشترین ضرایب تاثیر منفی بیشینه دما در فصل‌های پاییز و زمستان (۰/۸۸- و ۰/۷۲-) در بابلسر و نیز فصل پاییز (۰/۶۳-) در شیراز بوده است.

نتایج: تغییرات معنی‌دار افزایشی و کاهشی بارش بیشتر مربوط به مقادیر بارش‌های شدید بوده که در فصل‌ها و اقلیم‌های مختلف متفاوت می‌باشد. همچنین بارش‌های ایستگاه‌های نزدیک سواحل شمالی و جنوبی به مقدار بیشتری تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی بوده‌اند. به طور کلی می‌توان بیان کرد که بارش‌های سیلابی تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی سرعت باد، رطوبت و دما به ترتیب اهمیت بوده و این تاثیر بسته به موقعیت‌های مکانی و زمانی و تحت تاثیر عوامل مختلف، متفاوت است. بنابراین، اعمال برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده‌ی درست از بارش دریافتی و مدیریت بهینه در منطقه مورد نظر با استفاده از نتایج چنین مطالعاتی ضرورت دارد.

کلید واژه‌ها: بارش، پارامترهای اقلیمی، رگرسیون چندک، روند، مقادیر حدی

10.30495/WSRCJ.2022.68792.11317

مقدمه

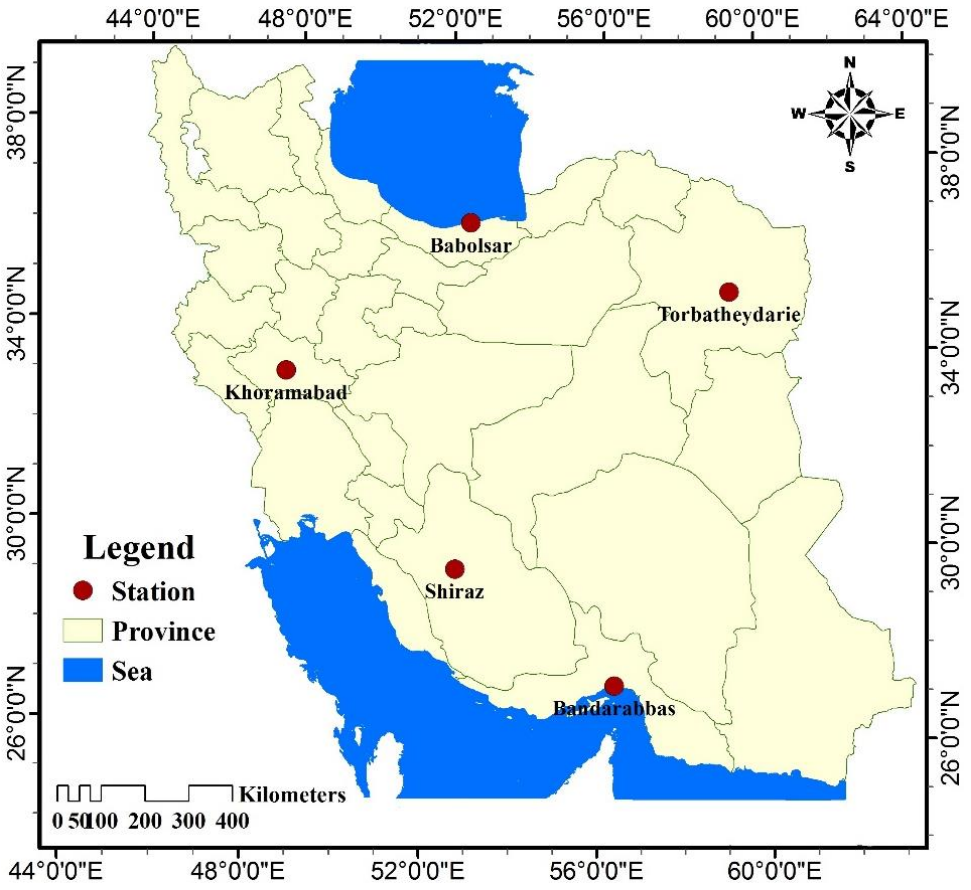
بارندگی یکی از عوامل مهم هواشناسی است که مقدار آن به نحو چشمگیری در نقاط مختلف کره زمین تغییر می‌یابد (Khosravi et al., 2018). شرایط اقلیمی در تمام دنیا در حال تغییر است که این امر موجب ایجاد نگرانی‌هایی در مورد تأثیرات این تغییرات به خصوص تغییر در شدت و فراوانی وقایع حدی شده است. به خوبی پذیرفته شده است که دمای بالاتر بخار آب را در جو افزایش می‌دهد و منجر به وقوع بارش شدیدتر می شود (Chen et al., 2021) و انتظار می‌رود وقوع بارش شدید در آب و هوای آینده از نظر فراوانی و شدت افزایش یابد، اما میزان این تغییرات نامشخص است (Pérez Bello et al., 2021). یکی از آثار مهم تغییر اقلیم، تغییر رفتار بارش‌های شدید است که پیش-بینی آن در آینده برای اتخاذ تدابیر مقابله با آثار زیان‌بار آن مهم و ضروری است. از طرفی، عنصر بارش با سایر عناصر آب و هوایی مانند متغیرهای دمایی، رطوبت موجود در جو، تشعشع خورشیدی، وزش باد و تبخیر و تعرق در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم می‌باشد. از این رو اطلاع از روند تغییرات بارش نیز بررسی رابطه‌ی آن‌ها بر روی مقادیر مختلف از بارش خصوصا وقوع بارش‌های شدید برای مدیریت منابع آب در هر منطقه یک پیش شرط اساسی می‌باشد.

مطالعات متعددی در زمینه‌ی بررسی روند تغییرات بارش و عوامل موثر بر آن در بخش‌های مختلف ایران و جهان انجام شده است (Sharafi and Karim, 2020; Jyothy et al., 2021). بیشتر بررسی‌هایی که در زمینه روند تغییرات در چرخه‌ی هیدرولوژیکی، هواشناسی و منابع آب صورت گرفته است بر اساس آزمون‌های مبتنی بر میانگین داده‌ها مانند آزمون من‌کندال (Kendall, 1975 Mann, 1945;) بوده است. در حالی‌که وقایع حدی اقلیمی که اغلب با خسارت-های جبران ناپذیری همراه هستند، از آب و هوای حدی حاصل می‌شوند و تنها اکتفا کردن به بررسی میانگین داده‌ها ممکن است اطلاعات دقیقی به منظور مدیریت رویدادهای حدی به دست ندهد.

به منظور حل این مشکل و دستیابی به تغییرات در تمامی مقادیر داده‌ها خصوصا مقادیر حدی، روش رگرسیون چندک پیشنهاد شد. این روش تابع میانگین شرطی در رگرسیون خطی را با یک تابع چندک شرطی جایگزین می-کند (Koenker and Bassett, 1978) و با اعمال روش رگرسیون چندک، یک رابطه‌ی جامع بین متغیرهای توضیحی و بخش‌های مختلف از متغیر پاسخ تهیه می‌شود (Benoit and Poel, 2017). محسنی‌پور[1] و همکاران (۲۰۲۰) در مطالعه‌ی تغییرات در توزیع بارش در طول ماه‌های موسمی در بنگلادش نشان دادند که مقدار بارندگی در بسیاری از چندک‌ها از ژوئن تا آگوست کاهش و در ماه سپتامبر در بیش‌تر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. مطالعه‌ی کالیسا[2] و همکاران (۲۰۲۱) به منظور بررسی شرایط مرطوب و خشک در سراسر منطقه‌ی شرق آفریقا نشان داد که تغییرات قابل توجهی در شرایط خشک شدید (چندک‌های پایینی حدی) و مرطوب شدید (چندک‌های بالایی حدی) در آفریقا رخ داده است. چن[3] و همکاران (۲۰۲۱) در مطالعه‌ی وابستگی شدید بارندگی روزانه به دما با استفاده از داده‌های روزانه ۵۲۵ ایستگاه در چین نتیجه گرفتند که چارک بالایی بارش (P75) بیشتر به تغییرات دما حساس بوده و روابط منفی در بیشتر مناطق در تابستان غالب بود. یانگ[4] و همکاران (۲۰۲۱) حساسیت و وابستگی بارش شدید به دمای هوای سطحی و دمای نقطه‌ی شبنم را در ۷۸ ایستگاه در فلات تبت بررسی نمودند و نتایج بیانگر وجود یک رابطه‌ی قوی بین دمای نقطه‌ی شبنم و بارش شدید بوده است.

در این پژوهش، به منظور بررسی تغییرات فصلی در مقادیر مختلف از سری زمانی بارش روزانه تحت تاثیر تغییر اقلیم در تعدادی ایستگاه هواشناسی در ایران از روش رگرسیون چندک استفاده شد و سپس به بررسی فصلی نقش متغیرهای اقلیمی موثر بر بارش بر روی چندک‌های مختلف بارش پرداخته شد و مهم‌ترین پارامترهای موثر بر بارش در هر منطقه و در هر مقیاس زمانی اولویت‌بندی، بررسی و تحلیل گردید.

[1] Mohsenipour
[2] Kalisa
[3] Chen
[4] Yong



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

منطقه‌ی مطالعاتی در این پژوهش تعدادی از ایستگاه-های پراکنده در کشور ایران می‌باشد (شکل ۱). ایران در نیمکره شمالی بین ۲۵ تا ٤٠ درجه عرض شمالی از خط استوا و بین ٤٥ تا ٦٥ درجه طول شرقی واقع شده است و دارای اقلیم‌های مختلف از فراخشک تا بسیارمرطوب و بسیار گرم تا سرد می‌باشد. بخش کوچکی از ایران (شامل جلگه‌ی جنوب دریای خزر و جلگه‌ی خوزستان از جلگه های حاصلخیز تشکیل شده است. ایران از نظر بارندگی جزو مناطق آب و هوایی خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود و متوسط بارش سالانه در ایران حدود ۲۵۰ میلی-متر می‌باشد که نوار ساحلی و شمالی آن در کنار دریای خزر جزو مناطق پربارش، مناطق مرکزی آن در شرق کشور کم‌باران و کویری و مناطق جنوبی ایران جزو مناطق گرمسیری می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های روزانه بارش، کمینه و بیشینه دما، کمینه و بیشینه رطوبت نسبی و بیشینه بیشینه سرعت باد در تعدادی از ایستگاه‌های ایران استفاده شد. به منظور بررسی تغییرات در بخش‌های اقلیمی متفاوت از ایران بر اساس روش طبقه بندی تورنث‌ویت و میدر[1] (Abbasi et al., 2022) سعی شد از هر منطقه‌ی اقلیمی یک ایستگاه انتخاب گردد که در مجموع ۵ ایستگاه بابلسر، تربت حیدریه، بندرعباس، شیراز و خرم آباد انتخاب گردید. سری زمانی فصلی (۱۳۹۵-۱۳۵۱) داده‌ها تشکیل شد و سپس به بررسی روند تغییرات در مقادیر مختلف بارش و بررسی چگونگی رابطه‌ی پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه بر روی مقادیر حدی بارش پرداخته و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مشخصات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول (۱) ارائه گردید.

[1] Thornthwaite and Mather method

جدول ۱. اطلاعات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۷۶

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)	میانگین بارش سالانه (mm)	میانگین دمای سالانه (C^a)	شرایط اقلیمی
بابلسر	٥٢/٦٤	٣٦/٧	-٢١	٩٥٨	١٨	مرطوب
شیراز	٥٢/٦	٢٩/٥٦	١٤٨٨	٢٩٦/٩	١٨/٧	خشک
خرم آباد	٤٨/٢٨	٣٣/٤٤	١١٤٧/٨	٤٤٢/٨	١٧/٣	نیمه خشک
بندر عباس	٥٦/٣٧	٢٧/٢١	٩/٨	١٤١/٤	٢٧/٣	نیمه مرطوب خشک
تربت حیدریه	٥٩/٢	٣٥/٣٣	١٤٥١	٢٣٨/٩	١٤/٦	خشک

روش رگرسیون چندک

روش رگرسیون چندک (Koenker and Bassett, 1978) یک روش آماری برای مدل کردن چندک‌های متغیر پاسخ بر روی متغیرهای مستقل شرطی یا بر روی زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد که اطلاعات بیشتری نسبت به روش رگرسیون میانگین در اختیار قرار می‌دهد. همچنین یک روش تشخیص روند است که برای شناسایی هر مقدار صدک متغیر آب و هوا در طول زمان استفاده می شود (Wu et al., 2021) این روش امکان بررسی ارتباط بین متغیرهای مستقل با چندک‌های موردنظر متغیر وابسته را بدون نیاز به نرمال بودن باقیمانده‌ها، حتی در حضور نقاط پرت فراهم می‌کند (Koenker, 2005). مدل رگرسیون چندک به شکل رابطه (۱) می‌باشد (Koenker, 2005):

$$Y(\rho|x) = \beta_0(\rho) + \beta_1(\rho)x + \varepsilon \qquad (۱)$$

که در آن، $\beta_0(\rho)$ عرض از مبدأ و $\beta_1(\rho)$ ضریب شیب می‌باشد و هر دو بسته به مقدار ρامین چندک مورد بررسی تغییر می‌کنند. ε خطا با انتظار صفر و محدوده‌ی مقادیر ρ از ۰ تا ۱ می‌باشد. برای برآورد رگرسیون چندک از حداقل نمودن مجموع قدرمطلق باقیمانده‌ها استفاده می‌شود که روش حداقل قدرمطلق باقیمانده‌ها[1] نامیده می‌شود. رگرسیون چندک ρام، توسط حداقل کردن رابطه (۲) انجام می‌شود:

(۲)

$$\text{minimize}\left\{\sum_{\{i|y_i<y_p(x_i)\}}(1-\rho)|y_i - y_p(x_i)| + \sum_{\{i|y_i>y_p(x_i)\}}\rho|y_i - y_p(x_i)|\right\}$$

که $\{y_\rho(x_i) = \beta_0(\rho) + \beta_1(\rho)x_i \quad , \quad i = 1,2,\dots,n\}$ می‌باشد (Koenker, 2005). برای یک مجموعه از مشاهدات $(x_i, y_i), i = 1,2,\dots,n$، برآورد پارامترهای β_ρ به شکل رابطه (3) می‌باشد (Koenker, 2005):

$$\hat{\beta}_\rho = argmin \sum_{i=1}^{n} \rho_\rho(y_i - x_i^T\beta)$$

که تابع $\rho_\rho(.)$ به شکل رابطه (٤) تعریف می‌شود (Koenker, 2005):

$$\rho_\rho(u) = \begin{cases} u(\rho-1) & if\ u<0 \\ u\rho & if\ u \geq 0 \end{cases} \qquad (٤)$$

جزئیات این روش، و همچنین برآورد خطاهای استاندارد، آماره t و معنی‌داری برای ضرایب β، در کوئنکر و دی-اوری[2] (۱۹۸۷)، کوئنکر[3] (۲۰۰۵، ۲۰۰٦) بیان شده است.

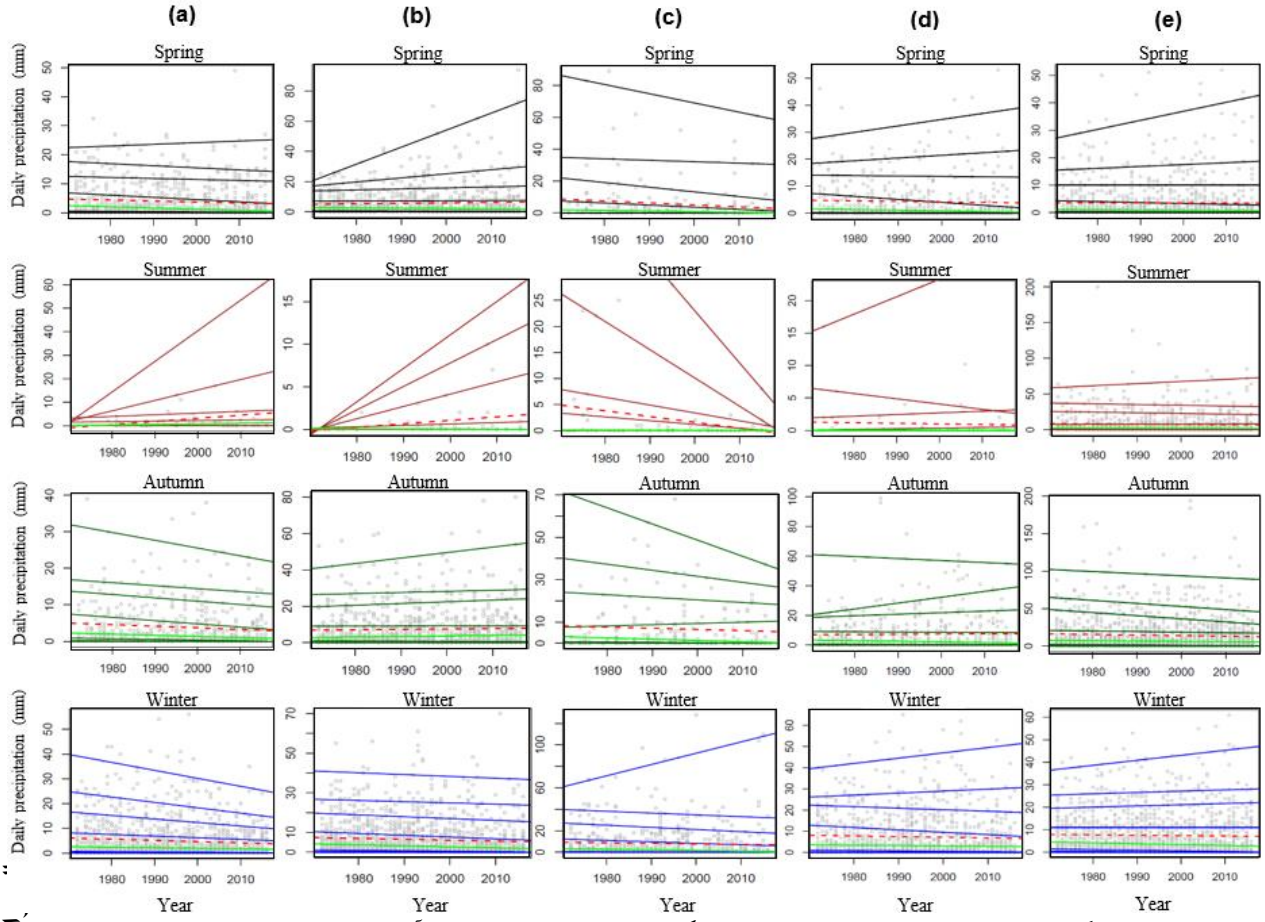
نتایج و بحث

روند تغییرات بر روی مقادیر مختلف از سری زمانی پارامتر بارش روزانه (چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵, ۰/۹۹) در ایستگاه‌های مورد مطالعه و برای فصل‌های مختلف سال انجام شد و نتایج برای هر فصل و ایستگاه، در نمودارهای مختلف در شکل (۲) و جدول (۲) ارائه شده است.

2 Least Absolute Deviation

[2] Koenker and D'Orey
[3] Koenker

خطوط شیب روند (شکل ۲) برای فصل‌های مختلف نشان داده است که شیب‌های روند در چندک‌های مختلف متفاوت بوده و تفاوت قابل ملاحظه‌ای با شیب میانه (چندک ۰/۵) و شیب رگرسیون میانگین دارند. بیشترین شیب خطوط روند، در چندک‌های بالاتر (چندک‌های ۰/۹، ۰/۹۵ و ۰/۹۹) دیده می‌شود که بیانگر تغییرات مقادیر بارش‌های بالا و بسیار بالا هستند، در حالی‌که، مقادیر پایین بارش (چندک‌های کمتر از ۰/۰۵)، شیب روند کمتری دارند یا در بعضی موارد، بدون روند (شیب صفر) می‌باشد. تفاوت خطوط شیب در چندک‌های مختلف بالا و پایین در فصل تابستان بیشتر می‌باشد. با توجه به اینکه تفاوت فاصله‌ی بین خطوط چندک در سال‌های ابتدایی (سمت راست نمودار) و انتهایی (سمت چپ نمودار) دوره‌ی مورد مطالعه بیانگر وجود چولگی در داده‌های بارش می‌باشد، لذا می‌توان بیان کرد که در بیشتر موارد، فاصله خطوط در سال-های ابتدایی کمتر از سال‌های انتهایی بوده که بیانگر چولگی منفی یا چوله به چپ می‌باشد. با این‌حال، توزیع بارش در ایستگاه بندرعباس در تمام فصل‌ها به جز فصل زمستان، دارای چولگی راست می‌باشد.



شکل ۲. خطوط رگرسیون چندک بر روی بارش روزانه برای ایستگاه‌های تربت حیدریه (a)، خرم آباد (b)، بندرعباس (c)، شیراز (d) و بابلسر (e) در فصل‌های مختلف در دوره‌ی ۱۳۹۵-۱۳۵۱ (دایره‌های کوچک مشکی بیانگر مقادیر داده‌های بارش روزانه و خطوط از پایین به بالا مربوط به چندک‌های به ترتیب ۰/۰۱، ۰/۰۵، ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵، ۰/۹۹ می‌باشند. همچنین خط تیره قرمز نیز شیب خط رگرسیون میانگین را نشان می‌دهد)

نتایج بررسی شیب روند چندک‌های مختلف بارش و معنی‌داری آن برای ایستگاه‌ها و فصل‌های مختلف (جدول ۳) با توجه به مقادیر بارش معادل در چندک‌های مختلف (جدول ۲) نشان داده است که در فصل بهار، مقادیر بالای بارش در ایستگاه‌های بابلسر (چندک ۰/۹۹) و خرم آباد (چندک‌های ۰/۹۵ و ۰/۹۹) دارای روند افزایشی معنی‌دار بوده است. به طوری‌که با توجه به بارش معادل هر چندک می‌توان بیان کرد که مقادیر بارش ۳٤/۷ میلی‌متر در بابلسر با شیب ۰/۳۳ و مقادیر بارش‌های ۲۳ و ٤۱ میلی‌متر در خرم آباد به ترتیب با شیب‌های ۰/۲۷ و ۱/۱۲ افزایش یافته است. اما در ایستگاه‌های بندرعباس، شیراز و تربت حیدریه روندهای کاهشی معنی‌دار برای چندک‌های میانی بارش (۰/۵ و ۰/۷۵) دیده می‌شود به طوری‌که مقادیر بارش‌های ۰/۹ و ۵ میلی‌متر در ایستگاه بندرعباس با شیب ۰/۰٤۱- و ۰/۱۳-، مقادیر بارش‌های ۱ و ۵ میلی‌متر در ایستگاه شیراز با شیب‌های ۰/۰۲۵- و ۰/۱۱- و مقادیر بارش‌های ۱/۳ , ۵ میلی‌متر در ایستگاه تربت حیدریه با شیب‌های ۰/۰٤- و ۰/۰۷٦- به صورت معنی‌دار کاهش یافته است. در فصل تابستان، مقادیر بارش ۱۳/٦ میلی‌متر (چندک ۰/۹۵) در بندرعباس با شیب ۰/۵٤- کاهش و مقادیر بارش ۳۱/٦ میلی‌متر (چندک ۰/۹۹) در تربت حیدریه با شیب ۱/۳ و نیز مقادیر بارش‌های ۳/۹ (چندک ۰/۹۵) و ۱۳/۷ (چندک ۰/۹۹) میلی‌متر در ایستگاه خرم آباد با شیب‌های به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۳۹ به صورت معنی‌دار (با سطح معنی‌داری ۵ درصد و کمتر) افزایش یافته است.

جدول ۲. مقادیر بارش معادل چندک برای فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف در دوره‌ی زمانی ۱۳۹۵-۱۳۵۱

ایستگاه	فصل	بارش معادل چندک (میلی‌متر)				
		۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
بابلسر	بهار	۱	۳/٦	۱۰	۱٦/۲	۳٤/۷
	تابستان	۲	۷/۸	۲۳/٤	۳٤/٦	٦٤
	پاییز	٦/٤	۱۸/۸	۳۷/۲	۵۵	۹۱/۹
	زمستان	٤	۱۱	۲۱	۲۷	٤۲
بندر عباس	بهار	۰/۹	۵	۱٤	۳۰/۵	٦۲/٤
	تابستان	۰/۰۱	۱	۳/۸	۱۳/٦	۲۵/۸
	پاییز	۱/۸	۸/٤	۲۰/۵	۳۱	٤۹/۹
	زمستان	۲	۹/۸	۲۲/۲	۳٦	٦۸/۸
شیراز	بهار	۱	۵	۱۳/٦	۲۱	۳٤/۳۳
	تابستان	۰/۰۱	۰/۳	۲/۷	٤	۱۷
	پاییز	۲/۲۵	۹	۲۱/۷	۳۰	۵۷
	زمستان	۳	۱۰/۳	۲۱	۲۸	٤٤
تربت حیدریه	بهار	۱/۳	۵	۱۱/٤	۱۵/۹	۲۳/۵
	تابستان	۰/۵	۲	٤/٤	۹/۵	۳۱/٦
	پاییز	۱/۸	۵	۱۱	۱٤/۹	۲٤/۳
	زمستان	۲	٦/۵	۱٤	۲۰	۳۳/۳
خرم آباد	بهار	۲	۷/٤	۱۵/٦	۲۳	٤۱
	تابستان	۰/۱	۰/۳۵	۲	۳/۹	۱۲/۷
	پاییز	۳/۳	۹/۲	۲۱	۲۸	٤۷/٤
	زمستان	۳	۸/۳	۱۷	۲۵/۳	۳۹

با این‌حال در فصل پاییز، بارش ۳۷/۲ میلی‌متر (چندک ۰/۹۵) در ایستگاه بابلسر با شیب ۰/٤۲-، مقادیر بارش ۱/۸ میلی‌متر (چندک ۰/۵) در ایستگاه بندرعباس با شیب ۰/۰٦- و نیز مقادیر بارش‌های ۱/۸ و ۵ میلی‌متر (به ترتیب چندک‌های ۰/۵ و ۰/۷۵) در ایستگاه تربت حیدریه با شیب ۰/۰۳- و ۰/۰۸۸- به صورت معنی‌دار کاهش یافته است. اما در ایستگاه‌های شیراز و خرم‌آباد هیچ روند معنی‌داری دیده نشده است. با این‌حال در فصل زمستان، روندهای کاهشی در بیشتر ایستگاه‌ها حاکم بوده است. به طوری‌که مقدار بارش‌های ٤، ۲ (چندک ۰/۵) و ۱۰/۳ (چندک ۰/۷۵) میلی‌متر به ترتیب در ایستگاه‌های بابلسر، بندرعباس و شیراز با شیب‌های ۰/۰۳۸-، ۰/۰۵۸- و ۰/۱۱- به صورت معنی‌دار کاهش یافته است. همچنین در ایستگاه تربت حیدریه مقادیر بارش ٦/۵، ۱٤، ۲۰ و ۳۳/۳ میلی‌متر (به ترتیب چندک‌های ۰/۷۵، ۰/۹، ۰/۹۵ و ۰/۹۹) با شیب‌های به ترتیب ۰/۰٦۷-، ۰/۱٤۳-، ۰/۲۲- و ۰/۳۲- و نیز در ایستگاه خرم‌آباد، مقادیر بارش‌های ۳ (چندک ۰/۹۵) و ۸/۳ (چندک ۰/۹۹) میلی‌متر با شیب‌های ۰/۰۵- و ۰/۰۹- به صورت معنی‌دار کاهش یافته است.

جدول ۳. شیب روند و معنی‌داری بارش در چندک‌های مختلف در فصل‌های مختلف

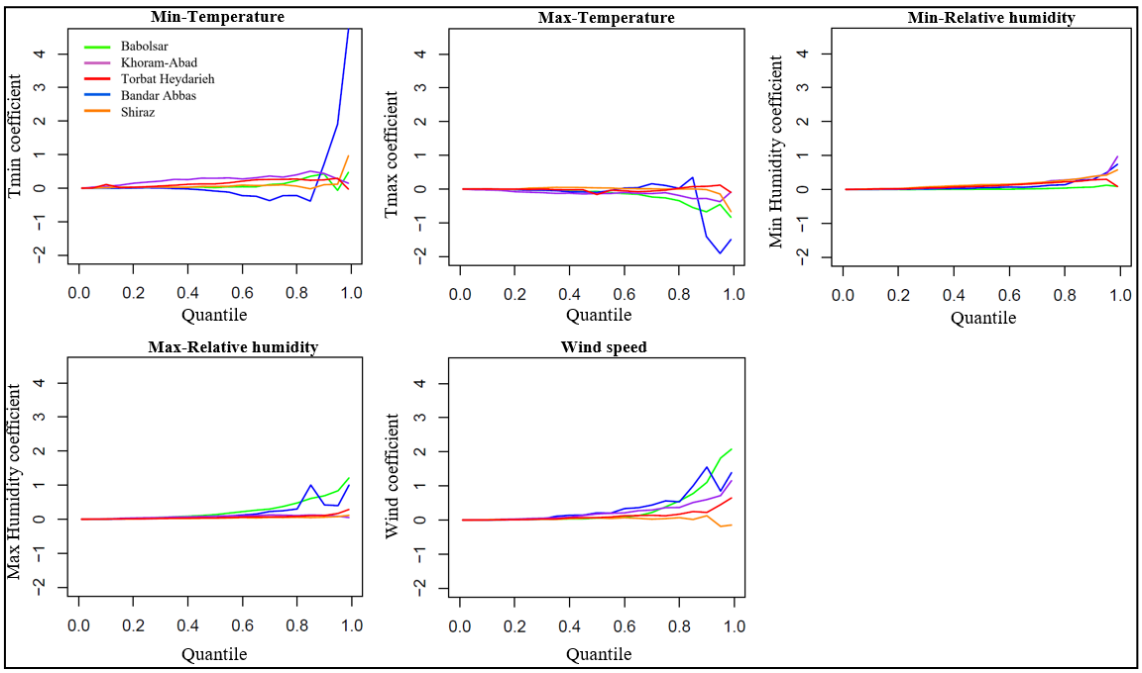
ایستگاه	فصل	شیب‌های روند در چندک‌های مختلف				
		۰/۵	۰/۷۵	۰/۹	۰/۹۵	۰/۹۹
بابلسر	بهار	-۰/۰۰۹۷	-۰/۰۳٤	۰	۰/۰٦۸	* ۰/۳۳
	تابستان	-۰/۰۱۳	۰/۰۱۷	-۰/۰۹۳	-۰/۱۰۵	۰/۲۹
	پاییز	-۰/۰۵۲	-۰/۰۷۷	*** -۰/٤۲	* ۰/٤	-۰/۲۸
	زمستان	** -۰/۰۳۸	۰	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸	* ۰/۲۲
بندر عباس	بهار	* -۰/۰٤۱	*** -۰/۱۳	-۰/۲۹	-۰/۰۹	-۰/۵۸
	تابستان	-۰/۰۰۳	* -۰/۰۷۲	-۰/۱۵	** -۰/۵٤	* -۱
	پاییز	** -۰/۰٦	-۰/۰۵۹	-۰/۱۲	-۰/۲۸	-۰/۷٦
	زمستان	*** -۰/۰۵۸	-۰/۱۳	-۰/۲	-۰/۱۷	۱
شیراز	بهار	* -۰/۰۲۵	** -۰/۱۱	-۰/۰۱٦	۰/۱	۰/۲٤
	تابستان	۰	۰/۰۱	۰/۰۲۵	-۰/۰۸	۰/۲۷
	پاییز	-۰/۰٤۳	-۰/۰۱٤	۰/۱	۰/۳۹	-۰/۱۳
	زمستان	-۰/۰۱۷	*** -۰/۱۱	-۰/۰۷۲	۰/۰۹٤	۰/۲۵
تربت حیدریه	بهار	*** -۰/۰٤	*** -۰/۰۷٦	-۰/۰۳٤	-۰/۰۷	۰/۰۵۷
	تابستان	۰/۰۲٦	۰/۰۲۲	۰/۰۷	۰/٤٤	** ۱/۳
	پاییز	*** -۰/۰۳	** -۰/۰۸۸	-۰/۰۹	-۰/۰۸۱	-۰/۲
	زمستان	-۰/۰۲۱	*** -۰/۰٦۷	** -۰/۱٤۳	*** -۰/۲۲	** -۰/۳۲
خرم آباد	بهار	-۰/۰۲٤	۰/۰۱	۰/۰٦۷	** ۰/۲۷	*** ۱/۱۲
	تابستان	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۰/۱٤	** ۰/۲۷	*** ۰/۳۹
	پاییز	۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۹٤	۰/۰٦	۰/۳
	زمستان	*** -۰/۰۵	** -۰/۰۹	-۰/۰۹	-۰/۰٦۲	-۰/۰۹

سطح معنی‌داری: *p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

اثر پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف بارش

رابطه‌ی پارامترهای اقلیمی کمینه دما، بیشینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد بر روی چندک‌های مختلف بارش (۰/۰۱ تا ۰/۹۹ با گام ۰/۰۱ که شامل چندک‌های ۰/۰۱، ۰/۰۲، ۰/۰۳ تا ۰/۹۹ می‌شود) در فصل‌های مختلف از سال و برای ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه، انجام شد و نتایج به تفکیک هر فصل، در شکل‌های (۳)، (٤)، (٥) و (٦) ارائه گردید. همچنین به منظور دستیابی به ضرایب مربوط به هر متغیر و معنی‌داری آن، مقدار ضریب مربوط به هر متغیر برای چندک پایینی ۰/۰۵، چندک میانه ۰/۵ و چندک بالایی ۰/۹۵ در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب در جدول‌های ٤، ٥، ٦ , ٧ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که پارامترهای اقلیمی در اغلب موارد، تاثیر زیادی بر روی چندک‌های پایینی (چندک‌های ۰/۵>) و میانه (چندک ۰/۵) نداشته و چه بسا که در بیشتر موارد، مقدار ضرایب تاثیر نزدیک به صفر بوده است. مقدار ضرایب تاثیر در اغلب ایستگاه‌ها برای چندک‌های بالایی بارش (چندک‌های ۰/۹>) بیشتر بوده که نشان می‌دهد مقادیر بالای بارش بیشتر از مقادیر پایین تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی بوده است.

در فصل بهار (شکل ۳ و جدول ٤)، برای ایستگاه بابلسر، متغیرهای بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد دارای تاثیر مثبت و معنی‌دار بر روی مقادیر میانه (چندک ۰/۵) و بالای (چندک ۰/۹۵) بارش بوده‌اند که بیشترین ضریب مربوط به بیشینه سرعت باد (۱/۸) می‌باشد. با این‌حال برای ایستگاه‌های بندرعباس و شیراز، کمینه و بیشینه رطوبت تاثیر مثبت بر روی بارش داشته که بیشترین ضریب مربوط به کمینه رطوبت (به ترتیب ایستگاه شامل ۰/٤۹ و ۰/٤۲) می‌باشد. در ایستگاه‌های تربت حیدریه و خرم‌آباد، اغلب متغیرهای مورد بررسی دارای تاثیر مثبت و منفی معنی‌دار بر روی مقادیر مختلف بارش می‌باشند. متغیرهای کمینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد دارای تاثیر مثبت بر روی بارش بوده به طوری‌که بیشترین ضریب مثبت و افزایشی بر روی مقادیر بالای بارش (چندک ۰/۹۵) مربوط به بیشینه سرعت باد در دو ایستگاه (با ضریب ۰/٤٥ و ۰/۷۲) می‌باشد. در حالی‌که بیشینه دما دارای تاثیر منفی و معنی‌دار بر روی چندک پایینی و میانه بارش (با ضریب ۰/۰۲- و ۰/۱٦-) بوده است.



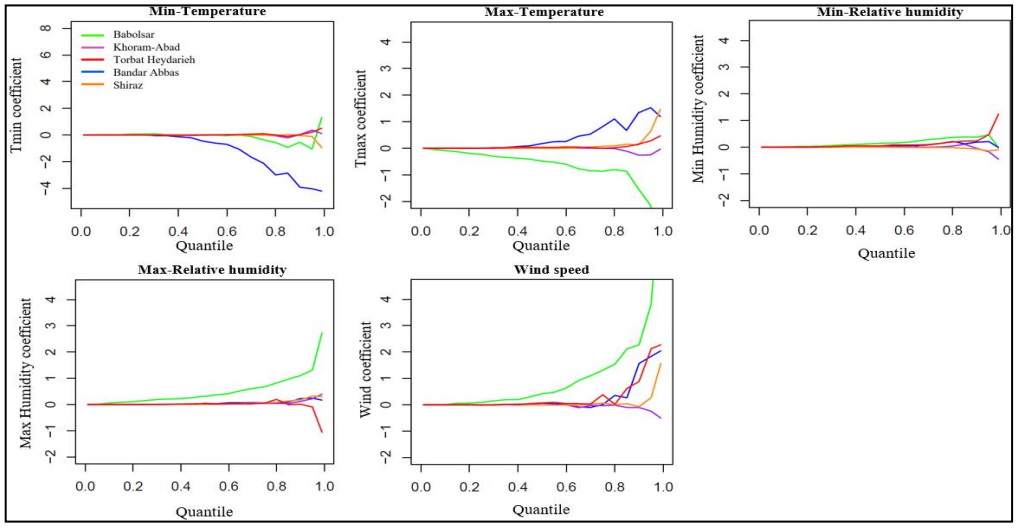
شکل ۳. نتایج تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف از بارش در فصل بهار

جدول ٤. ضرایب تاثیر متغیرهای اقلیمی بر روی چندک‌های مختلف بارش در فصل بهار

ایستگاه	سطح چندک	ضرایب تاثیر رگرسیون برای هر پارامتر				
		کمینه دما	بیشینه دما	کمینه رطوبت	بیشینه رطوبت	بیشینه سرعت باد
بابلسر	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	۰/۰۱۷	−۰/۰۷	۰/۰۱	**۰/۱۳	۰/۰۵۵
	۰/۹۵	−۰/۰٦۵	−۰/٤۵	۰/۱۲٤	** ۰/۸٤	** ۱/۸
بندر عباس	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	−۰/۰۸۵	−۰/۱	۰/۰۵	*۰/۰۹	۰/۲۱
	۰/۹۵	۱/۹	−۱/۹	** ۰/٤۹	۰/٤	۰/۸۵
شیراز	۰/۰۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۵	۰/۰۰٤	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱۵
	۰/۵	۰/۰۵۵	۰/۰۳٦	**۰/۱٤	**۰/۰۳	۰/۰۷
	۰/۹۵	۰/۱۲	−۰/۱٤۵	** ۰/٤۲	۰/۰۷۹	−۰/۱۸۵
تربت حیدریه	۰/۰۵	۰/۰۰٦	۰/۰۰۳	*۰/۰۰۵۵	۰/۰۰۲٤	۰/۰۰۱۳
	۰/۵	**۰/۱۳	−۰/۱٦	**۰/۰۹٤	**۰/۰٤۲	**۰/۰۷۲
	۰/۹۵	۰/۲۹	۰/۱۲	** ۰/۳	** ۰/۱۷	** ۰/٤۵
خرم آباد	۰/۰۵	**۰/۰۳	**−۰/۰۲	**۰/۰۱	**۰/۰۰۷	۰/۰۰۷
	۰/۵	**۰/۲۹	**−۰/۱٦	**۰/۱۱	**۰/۰۸٤	**۰/۱۸
	۰/۹۵	۰/۲۷	−۰/۳۷	** ۰/٤٤	۰/۰۹	** ۰/۷۲

سطح معنی‌داری: ** p<0.01, * p<0.05

در فصل تابستان (شکل ٤ و جدول ۵)، بیشترین تاثیر معنی‌دار مربوط به ایستگاه بابلسر می‌باشد. به طوری‌که متغیرهای کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد دارای تاثیر مثبت و بیشینه دما دارای تاثیر منفی (ضرایب ۰/۰٤− و ۰/٤۸− به ترتیب برای چندک‌های ۰/۰۵ و ۰/۵) بر روی بارش بوده که بیشترین تاثیر مربوط به بیشینه سرعت باد (۳/۸) بیشینه رطوبت (۱/۳) می‌باشد که بر روی مقادیر بالای بارش اثر داشته است. در حالی‌که در ایستگاه بندرعباس، تنها کمینه و بیشینه دما دارای تاثیر منفی و مثبت معنی‌دار (با ضرایب ٤/۰۳− و ۱/۵۳) بر روی مقادیر بالای بارش بوده است حال‌آنکه مقادیر بالای بارش در ایستگاه شیراز تنها از تاثیر مثبت بیشینه رطوبت (۰/۳۳) متاثر می‌باشد. با این وجود، وقوع بارش تابستانه در ایستگاه‌های تربت حیدریه و خرم‌آباد متاثر از هیچ‌یک از پارامترهای اقلیمی مورد بررسی در این مطالعه نمی‌باشد.



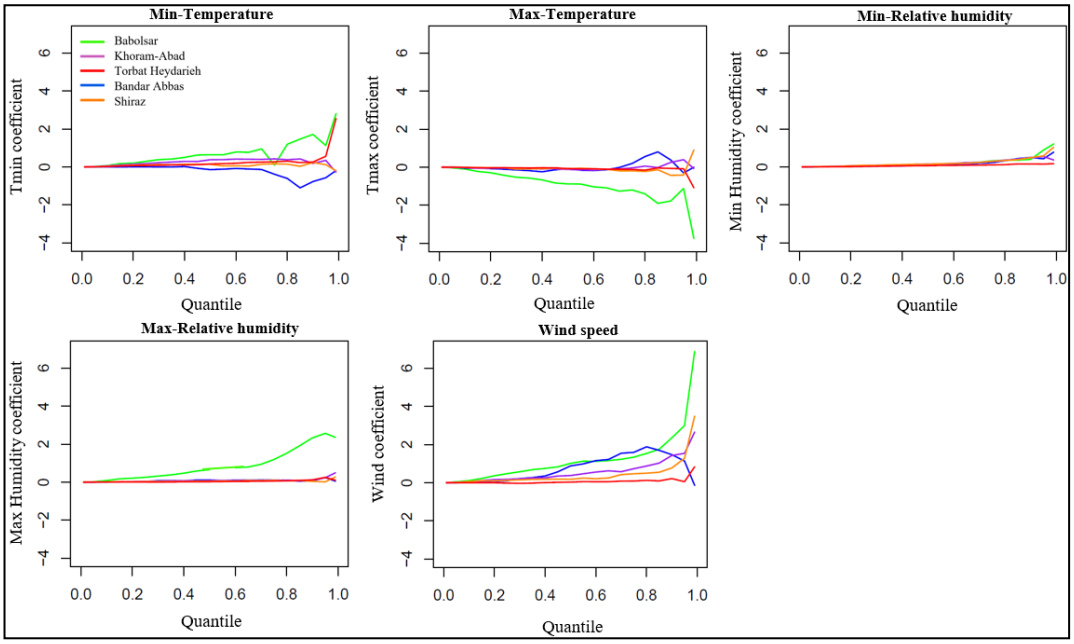
شکل ٤. نتایج تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف از بارش در فصل تابستان

جدول ۵. ضرایب تاثیر متغیرهای اقلیمی بر روی چندک‌های مختلف بارش در فصل تابستان

ایستگاه	سطح چندک	ضرایب تاثیر رگرسیون برای هر پارامتر				
		کمینه دما	بیشینه دما	کمینه رطوبت	بیشینه رطوبت	بیشینه سرعت باد
بابلسر	۰/۰۵	۰/۰۱	*-۰/۰٤	۰/۰۰٦	*۰/۰۱۵	۰/۰۰۵
	۰/۵	-۰/۰۲۵	**-۰/٤۸	**۰/۱۵	**۰/۳۱	**۰/٤۲
	۰/۹۵	-۱/۰۵	-۲/۱۵	** ۰/٤٦	** ۱/۳	** ۳/۸
بندر عباس	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	-۰/۰٤٦	۰/۱۸	۰/۰٤	۰/۰٤٤	۰/۰٦
	۰/۹۵	** -٤/۰۳	* ۱/۵۳	۰/۲	۰/۲٤۵	۱/۸۳
شیراز	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۰٦	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	-۰/۰۰٤
	۰/۹۵	-۰/۱۱	۰/٦٤	-۰/۱٤	** ۰/۳۳	۰/۲۷
تربت حیدریه	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	-۰/۰۰٦	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۷
	۰/۹۵	۰/۲	۰/۲۸	۰/٤۷	-۰/۰۹۵	۲/۱۳
خرم آباد	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۱٤	-۰/۰۰۳
	۰/۹۵	۰/۳٦	-۰/۲۵	-۰/۱۷٤	۰/۲۲	-۰/۲٤

سطح معنی‌داری: ** p<0.01, * p<0.05

مقادیر مختلف بارش در فصل پاییز (شکل ۵ و جدول ٦)، در ایستگاه بابلسر متاثر از تاثیر مثبت متغیرهای کمینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت، بیشینه سرعت باد و نیز تاثیر منفی بیشینه دما بوده است به طوری‌که بیشترین ضرایب مثبت مربوط به متغیرهای بیشینه رطوبت (۲/۵۷) و بیشینه سرعت باد (۲/۹۹) برای مقادیر بالای بارش می‌باشد. در حالی‌که مقدار تاثیر منفی بیشینه دما (۰/۸۸-) به نسبت کمتر می‌باشد. در ایستگاه بندرعباس، مقادیر میانه بارش، از متغیرهای کمینه رطوبت و بیشینه سرعت باد (با ضریب ۰/۱۳ و ۰/۹) اما مقادیر بالای بارش، تنها از متغیر کمینه رطوبت (با ضریب ۰/٤۳) متاثر می‌باشد. در حالی‌که در ایستگاه شیراز، متغیرهای کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد دارای تاثیر مثبت (به ترتیب با ضریب ۰/۱٤، ۰/۰۵ , ۰/۱۸) بر مقادیر میانه بارش و متغیر کمینه رطوبت دارای تاثیر مثبت (۰/٦) بر روی مقادیر بالای بارش (چندک ۰/۹۵) می‌باشد. همچنین مقادیر مختلف بارش در ایستگاه خرم‌آباد متاثر از تاثیر مثبت متغیرهای کمینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد می‌باشد و بیشترین تاثیر مثبت بر روی بارش‌های شدید (چندک ۰/۹۵) مربوط به بیشینه سرعت باد (با ضریب ۱/۵٤) می‌باشد. با این‌وجود در ایستگاه تربت حیدریه، تنها متغیرهای کمینه دما و کمینه رطوبت دارای تاثیر معنی‌دار و مثبت بر روی بارش‌های میانه بوده که مقدار ضرایب تاثیر (۰/۱۵ و ۰/٦۵) به نسبت کمتر از پارامترهای دیگر بوده است.



شکل ۵. نتایج تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف از بارش در فصل پاییز

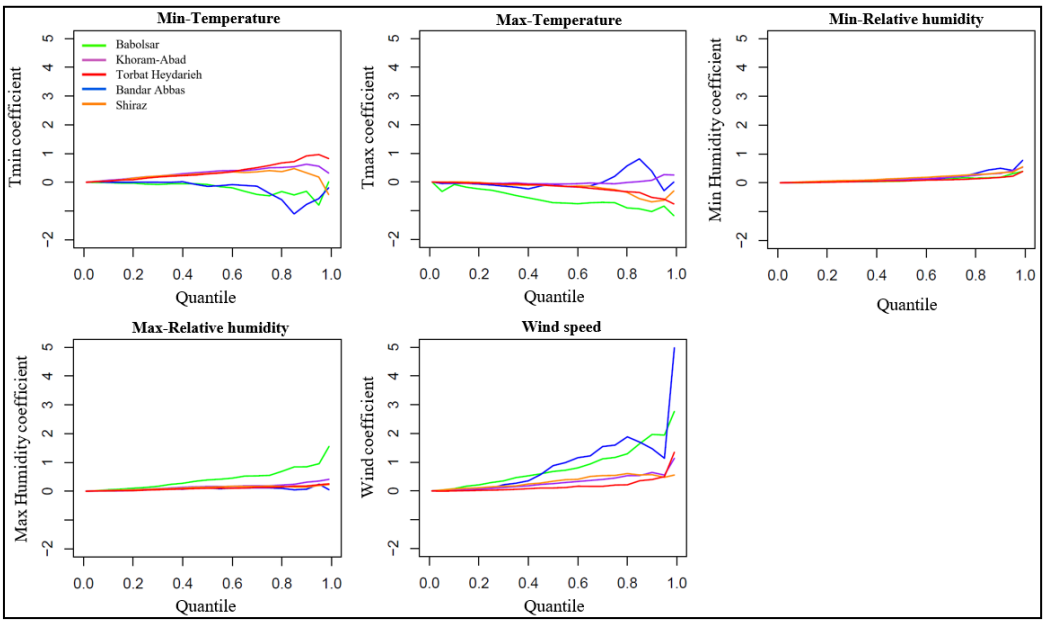
جدول ٦. ضرایب تاثیر متغیرهای اقلیمی بر روی چندک‌های مختلف بارش در فصل پاییز

ایستگاه	سطح چندک	ضرایب تاثیر رگرسیون برای هر پارامتر				
		کمینه دما	بیشینه دما	کمینه رطوبت	بیشینه رطوبت	بیشینه سرعت باد
بابلسر	۰/۰۵	۰/۰۲٦	*-۰/۰٤	**۰/۰۰۷	۰/۰۳	**۰/۰۵
	۰/۵	**۰/٦٤	**-۰/۸۸	**۰/۱	**۰/٦٦	**۱
	۰/۹۵	۱/۱۳	-۱/۱۲	** ۰/۸۹	** ۲/۵۷	** ۲/۹۹
بندر عباس	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	۰
	۰/۵	-۰/۱٤	-۰/۰۷٤	**۰/۱۳	۰/۱۱	*۰/۹
	۰/۹۵	-۰/۵۷	-۰/۳	** ۰/٤۳	۰/۲٤	۱/۱٤
شیراز	۰/۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱۵
	۰/۵	۰/۱٤	-۰/۰۹	**۰/۱٤	*۰/۰۵	*۰/۱۸
	۰/۹۵	۰/۱۲	-۰/٤	** ۰/٦	۰/۰۲	۱/۲۸
تربت حیدریه	۰/۰۵	۰/۰۰۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۱	-۰/۰۰۰٤
	۰/۵	*۰/۱۵	-۰/۰۷	**۰/۰٦۵	۰/۰۲۲	۰/۰۳۲
	۰/۹۵	۰/۵٦	-۰/۰۸۲	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۰۵٤
خرم آباد	۰/۰۵	۰/۰۱۵	۰/۰۰٦	*۰/۰۱٤	۰/۰۰۵٤	۰/۰۲
	۰/۵	**۰/۳۸	-۰/۱۲	**۰/۱۵	**۰/۰۸	**۰/۳۷
	۰/۹۵	۰/۳٤	۰/۳۹	** ۰/۵۵	** ۰/۲۳	** ۱/۵٤

سطح معنی‌داری: ** p<0.01, * p<0.05

اثرات معنی‌دار متغیرهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف بارش در فصل زمستان (شکل ٦ و جدول ۷)، نسبتا بیشتر از فصل‌های دیگر بوده است. در اغلب ایستگاه‌ها، متغیرهای کمینه دما، کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد دارای تاثیر مثبت اما بیشینه دما دارای تاثیر منفی بر روی وقوع بارش زمستانه می‌باشد.

بیشترین تاثیر مثبت بر روی مقادیر بالای بارش در ایستگاه بابلسر، مربوط به متغیرهای بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد (۰/۹۶ , ۱/۹٤) و در ایستگاه بندرعباس برای بیشینه سرعت باد (۰/۹) می‌باشد. اما برای ایستگاه‌های شیراز، تربت حیدریه و خرم‌آباد، مقادیر ضرایب کمتر از ایستگاه بابلسر می‌باشد. به طوری‌که رخداد بارش زمستانه در شیراز از تاثیر منفی بیشینه دما (۰/٦۳-)، در تربت حیدریه از تاثیر مثبت متغیر کمینه دما (۰/۹٦) و تاثیر منفی بیشینه دما (۰/٦-)، و در ایستگاه خرم‌آباد، از تاثیر مثبت متغیرهای کمینه دما، کمینه رطوبت و بیشینه سرعت باد اثر می‌گیرد.



شکل ٦. نتایج تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی مقادیر مختلف از بارش در فصل زمستان

جدول ۷. ضرایب تاثیر متغیرهای اقلیمی بر روی چندک‌های مختلف بارش در فصل زمستان

ایستگاه	سطح چندک	ضرایب تاثیر رگرسیون برای هر پارامتر				
		کمینه دما	بیشینه دما	کمینه رطوبت	بیشینه رطوبت	بیشینه سرعت باد
بابلسر	۰/۰۵	-۰/۰۰۸	-۰/۳۳**	۰/۰۰۱	۰/۰۲*	۰/۰۳*
	۰/۵	-۰/۰۸	-۰/۷۲**	۰/۰۵٤*	۰/۳۹**	۰/۷**
	۰/۹۵	-۰/۷۹	-۰/۸٤	۰/۳ **	۰/۹٦ **	۱/۹٤ **
بندر عباس	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۰۵٤	۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	۰/۰۲
	۰/۵	-۰/۱٤**	-۰/۰۷٤**	۰/۱۳**	۰/۱۱**	۰/۹**
	۰/۹۵	-۰/۵۷	-۱/۱۸	۰/٤۸ **	۰/۲٤	۲/٦ **
شیراز	۰/۰۵	۰/۰۳**	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۱**	۰/۰۱٤**	۰/۰۳**
	۰/۵	۰/۳**	-۰/۱۳	۰/۱۵**	۰/۱٤**	۰/۳٤**
	۰/۹۵	۰/۱۸	-۰/٦۳ *	۰/۳۷ **	۰/۲**	۰/٤۷
تربت حیدریه	۰/۰۵	۰/۰۲٤**	-۰/۰۱۲*	۰/۰۰۲۲	۰/۰۰۵*	-۰/۰۰۷
	۰/۵	۰/۳**	-۰/۱۳**	۰/۰٦٤**	۰/۱**	۰/۱**
	۰/۹۵	۰/۹٦ *	-۰/٦ *	۰/۲۳ **	۰/۲۲۵ **	۰/۵
خرم آباد	۰/۰۵	۰/۰۳*	-۰/۰۰۷	۰/۰۱**	۰/۰۱۳**	۰/۰۰۸
	۰/۵	۰/۳٦**	-۰/۰۷	۰/۱**	۰/۱٦**	۰/۲۵**
	۰/۹۵	۰/۵٦ *	۰/۲٦	۰/٤۲**	۰/۳۵**	۰/۵۵ **

سطح معنی‌داری: ** p<0.01, * p<0.05

به طورکلی می‌توان اظهار داشت که پارامتر بارش در بخش‌های مختلف از ایران روند تغییرات متفاوتی را تجربه کرده است و نرخ شیب روندها برای مقادیر مختلف از بارش خصوصا مقادیر حدی و در فصل‌های مختلف، متفاوت بوده است. روندهای معنی‌دار افزایشی بارش در فصل بهار در ایستگاه‌های بابلسر و خرم‌آباد برای مقادیر شدید بارش و روندهای معنی‌دار کاهشی در ایستگاه‌های بندرعباس، شیراز و تربت حیدریه برای مقادیر میانه از بارش وجود داشت. در حالی‌که روندهای کاهشی معنی‌دار برای بارش‌های شدید در فصل تابستان برای ایستگاه بندرعباس و روندهای معنی‌دار افزایشی در ایستگاه‌های تربت حیدریه و خرم‌آباد دیده شده است. در فصل پاییز، مقادیر بارش‌های میانه در ایستگاه‌های بندرعباس و تربت حیدریه و مقدار بارش‌های بالا در ایستگاه بابلسر کاهش یافته و در مقابل مقدار بارش‌های شدید در ایستگاه شیراز به صورت معنی‌دار افزایش یافته است. با این‌حال در فصل زمستان، مقدار بارش‌های میانه در ایستگاه‌های بابلسر، بندرعباس، شیراز و خرم‌آباد کاهش و مقدار بارش‌های شدید در بابلسر افزایش اما در تربت حیدریه کاهش یافته است. نتایج مطالعات انجام شده نیز بیانگر کاهش میانگین بارش در شیراز (Bahrami et al., 2015) و تربت حیدریه (Nouri et al., 2018) و افزایش مقادیر حدی پارامترهای هواشناسی در بابلسر (Solaimani, 2021) بوده است.

بررسی اثر پارامترهای اقلیمی بر مقادیر مختلف بارش نیز بیانگر تاثیرپذیری بیشتر مقادیر بارش شدید از پارامترهای اقلیمی می‌باشد. با این‌حال، مقدار شیب تاثیر در فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف، متفاوت با یکدیگر می‌باشند. بیشترین تاثیر مثبت مربوط به پارامترهای کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد، و بیشترین تاثیر منفی مربوط به بیشینه دما بوده است. بیشینه سرعت باد و بیشینه رطوبت نسبی بیشترین تاثیر مثبت و معنی‌دار را بر روی بارش شدید ایستگاه بابلسر (اقلیم مرطوب) در فصل‌های مختلف سال داشته است. بنابراین با توجه به افزایش روند بیشینه سرعت باد در نواحی شمالی ایران و حاشیه‌ی دریای خزر (Abbasi et al., 2020) و روند افزایشی معنی‌دار مقادیر حدی بارش در فصل‌های بهار و پاییز در ایستگاه بابلسر می‌توان بیان کرد که افزایش وقوع بارش‌های شدید ممکن است به دلیل افزایش شدید بیشینه سرعت باد باشد. اما برای ایستگاه بندرعباس (اقلیم نیمه-مرطوب خشک)، بیشترین تاثیر مثبت معنی‌دار در فصل-های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب مربوط به کمینه رطوبت نسبی، کمینه دما، بیشینه سرعت باد و بیشینه سرعت باد بوده است با این‌حال، یک تاثیر منفی بیشینه دما در فصل تابستان نیز وجود دارد. حال‌آن‌که مقادیر بارش حدی فصل تابستان در ایستگاه بندرعباس به صورت معنی‌دار کاهش یافته است. گزارش روند افزایشی بیشینه دما (Bolouki et al., 2021) و روند کاهشی رطوبت نسبی (Eblaghian et al., 2019) در مناطق جنوبی کشور می-تواند دلیل بر کاهش معنی‌دار بارش‌های حدی در ایستگاه بندرعباس باشد. برای ایستگاه شیراز (اقلیم خشک)، به ترتیب تاثیر مثبت متغیرهای کمینه رطوبت نسبی، بیشینه رطوبت نسبی، کمینه رطوبت نسبی و تاثیر منفی بیشینه دما، بالاترین اثر را بر وقوع بارش به ترتیب در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان داشته است. بنابراین روند کاهشی معنی‌دار در مقادیر بالای بارش در ایستگاه شیراز در فصل‌های بهار و زمستان می‌تواند به علت وقوع روند کاهشی رطوبت نسبی و روند افزایشی دما (Eblaghian et al., 2019; Abbasi et al., 2020) در ایستگاه شیراز باشد. در حالی‌که برای ایستگاه‌های تربت حیدریه (اقلیم خشک) و خرم‌آباد (اقلیم نیمه‌خشک) ، متغیرهای بیشینه سرعت باد و کمینه رطوبت نسبی دارای بیشترین تاثیر مثبت بر روی بارش در فصل بهار بوده حال آنکه در فصل تابستان، هیچ‌یک از متغیرهای مورد بررسی، نقش معنی‌داری بر وقوع مقادیر مختلف بارش نداشته است. با این‌حال، برای فصل‌های پاییز و زمستان، متغیر کمینه دما در ایستگاه تربت حیدریه و متغیرهای کمینه دما و بیشینه سرعت باد در ایستگاه خرم‌آباد، دارای بالاترین ضرایب تاثیر مثبت بر روی بارش بوده‌اند. از طرفی دیگر، در ایستگاه تربت

حیدریه، مقادیر شدید بارش زمستانه کاهش و در مقابل مقادیر شدید بارش تابستانه افزایش یافته و نیز مقادیر بارش‌های شدید در ایستگاه خرم‌آباد، دارای روند افزایشی معنی‌دار در فصل‌های بهار و تابستان بوده است. گزارش روند افزایش بیشینه سرعت باد در بخش‌های غربی کشور (Abbasi et al., 2020) می‌تواند دلیلی بر افزایش بارش-های شدید بهار و تابستان در ایستگاه خرم‌آباد و در مقابل، افزایش دمای حداقل در مناطق شرقی کشور (Eblaghian et al., 2019; Ghasemifar and Naserpour, 2017; Bolouki et al., 2021) می‌تواند علت کاهش بارش‌های زمستانه در ایستگاه تربت حیدریه باشد.

از نقطه نظر فصل‌های مختلف نیز بالاترین ضرایب تاثیر افزایشی بر وقوع بارش در فصل بهار برای بیشینه سرعت باد در ایستگاه بابلسر، در فصل تابستان برای بیشینه سرعت باد در ایستگاه بابلسر و بیشینه دما در بندرعباس، در فصل پاییز برای بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد در ایستگاه بابلسر و بیشینه سرعت باد در خرم‌آباد و نیز در فصل زمستان برای بیشینه سرعت باد در ایستگاه‌های بندرعباس و بابلسر و کمینه دما در ایستگاه تربت حیدریه بوده است.

به طور کلی می‌توان بیان کرد علت اصلی وقوع بارش باران، جابجایی هوای مرطوب به علت اختلاف دما و رطوبت است. لذا وجود رطوبت کافی و حرکت آن توسط باد به سمت بالا موجب رخداد بارش از ابرهای همرفتی خواهد شد. همچنین تنوع عوامل مکانی موجب تنوع مکانی عناصر اقلیمی از جمله بارش شده است (Asakereh et al., 2021) و مناطق مختلف کشور ایران به واسطه‌ی تفاوت در موقعیت جغرافیایی، دارای مشخصات بارشی متفاوت می‌باشد. به طوری‌که تفاوت در شرایط موجود (از جمله اقلیم) در هر موقعیت جغرافیایی باعث تفاوت در مقدار تاثیر این شرایط بر روی رخداد بارش در هر منطقه یا موقعیت جغرافیایی می‌شود. جایا[1] و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی رابطه‌ی بین میانگین ماهانه‌ی دما و بارش کل ماهانه در اندونزی نشان دادند که تابستان-های گرم در منطقه به خصوص در مناطق شمالی، تمایل به خشک شدن دارند. بنابراین می‌توان بیان کرد که تغییر در مقادیر شدید پارامترهای اقلیمی، تاثیرات زیادی بر وقوع بارش‌های سیل آسا دارد. لذا نتایج مطالعه حاضر حاکی از آن است کـــه بررسی متغیرهای آب و هوایی باید در مقیاس محلی انجام گردد تا در مقیاس بزرگ یا جهانی، زیرا روند و تأثیرات آنها احتمال دارد از یک مکان به مکان دیگر متفاوت باشد. بنابراین با توجه به افزایش رخدادهای مخرب بارشی ایران در سال‌های اخیر، لازم است تدابیری برای کنترل سیلاب‌ها و کاهش خسارت‌های زیان‌بار و نیز برنامه‌ریزی های دقیق و مفید جهت استفاده ی درست از مقادیر بارش دریافتی و مدیریت بهینه در منطقه با استفاده از نتایج چنین مطالعاتی لحاظ گردد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش به منظور بررسی روند تغییرات مقادیر مختلف بارش و بررسی رابطه‌ی وقوع بارش‌های حدی با پارامترهای اقلیمی، در تعدادی ایستگاه از اقلیم‌های مختلف ایران از روش رگرسیون چندک استفاده گردید. روند فصلی بارش‌ها در یک دوره‌ی ۴۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۵۱) بررسی و سپس مقدار تاثیر پارامترهای اقلیمی بر مقادیر بارش شدید در فصل‌ها و ایستگاه‌های مختلف برآورد گردید. مهم‌ترین نتایج به شرح زیر می‌باشد:

- روندهای معنی‌دار بارش بیشتر مربوط به بارش‌های حدی می‌باشند. لذا در بررسی روند تغییرات، توجه تنها به میانگین داده‌ها ممکن است نتایج دقیقی را به همراه نداشته باشد.
- وقوع رخدادهای شدید بارشی در فصل بهار در ایستگاه-های بابلسر و خرم‌آباد افزایش اما در فصل تابستان در ایستگاه بندرعباس کاهش و در ایستگاه‌های خرم‌آباد و تربت حیدریه افزایش یافته است. با این‌حال در فصل پاییز برای ایستگاه بابلسر کاهشی و برای ایستگاه شیراز افزایشی و در فصل زمستان، برای ایستگاه بابلسر افزایشی اما برای تربت حیدریه کاهشی بوده است.

[1] Jaya

- تاثیر پارامترهای اقلیمی بر روی وقوع بارش‌های شدید در مناطق مختلف ایران متفاوت بوده است به طوری‌که بیشترین تاثیرات معنی‌دار مثبت مربوط به کمینه رطوبت، بیشینه رطوبت و بیشینه سرعت باد اما بیشترین تاثیرات منفی معنی‌دار مربوط به بیشینه دما می‌باشد.
- وقوع بارش‌های شدید در مناطق نزدیک سواحل شمالی و جنوبی ایران (بندرعباس و بابلسر) بیشتر و در مناطق خشک و کوهستانی به مقدار کمتر تحت تاثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی می‌باشد.
- استفاده از روش رگرسیون چندک رویکردی کاربردی برای مطالعه‌ی بارش‌های حدی و عوامل موثر بر آن بوده لذا می‌تواند مزایای زیادی در تصمیم‌گیری و انتخاب بهترین روش مدیریتی در کنترل وقایع حدی بارشی را به همراه داشته باشد.

Reference:

Abbasi, F., Bazgeer, S., Kalehbasti, P. R., Oskoue, E. A., Haghighat, M., & Kalehbasti, P. R. (2022). New climatic zones in Iran: A comparative study of different empirical methods and clustering technique. Theoretical and Applied Climatology, 147(1), 47–61.

Abbasi, F., Kouhi, M., Javanshiri, Z., Malbousi, S., Habibi Nokhandan, M., Babaeian, I., & Falamarzi, Y. (2020). Climate change detection update over Iran during 1958-2017. Journal of Climate Research, 1399(42), 137–153. [In Persian]

Ahmadi, M., Lashkari, H., Azadi, M., & Keykhosravi, Gh. (2015). Detection of climate change with extreme precipitation indices in great Khorasan. Researches in Earth Sciences, 6(3), 34–52. [In Persian]

Asakereh, H., Masoodian, S., & Tarkarani, F. (2021). Variation in the Spatial Factors Affecting Precipitation in Relation to the Decadal Changes of Annual Precipitation in Iran. Geography and Environmental Planning, 32(3), 129–146. [In Persian]

Bahram, M., Tavakolsadrabadi, M., & Zarei, A. R. (2015). Analysis of Intensity- Duration and Frequency of Drought and Trend of Precipitation Changes in the Shiraz Synoptic Station (Iran). Irrigation and Water Engineering, 6(1), 59–74. [In Persian]

Benoit, D. F,. & Poel, D. V. (2018). BayesQR: a Bayesian approach to quantile regression. Journal of Statistical Software, 76(7), 2–32.

Bolouki, H., Fazeli, M., & Sharifzadeh, M. (2021). Investigating the trend of some climatic parameters in three south coast provinces of Iran, and identifying the areas most affected by climate change. Climate Change Research, 2(6), 47–62. [In Persian]

Chen, W., Cui, H., & Ge, Q. (2021). The spatial and seasonal dependency of daily precipitation extremes on the temperature in China from 1957 to 2017. International Journal of Climatology, 42(3), 1560–1575.

Eblaghian, A., Akhondali, A., Radmanesh, F., & Zarei, H. (2019). Trend Analysis of Temperature, Precipitation, and Relative Humidity Changes in Iran. Irrigation Sciences and Engineering, 42(3), 197–212. [In Persian]

Ghasemifar, E., & Naserpour, S. (2017). Synoptic analysis of heat and cold waves over southern coastal of Caspian Sea. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 26(103), 137–146. [In Persian]

Jaya, I. G. N. M., Ruchjana, B. N., Abdullah, A. S., & Toharudin, T. (2020). A relationship between temperature and precipitation over the contiguous Bandung city, Indonesia. Communications in Mathematical Biology and Neuroscience.

Jyothy, S. A., Murthy, D. S., & Mallikarjuna, P. (2021). Climate Change Impacts On Seasonal Rainfall Trends in the Regions of Andhra Pradesh and Telangana States, India. Journal of The Institution of Engineers (India): Series A, 1–13.

Kalisa, W., Igbawua, T., Ujoh, F., Aondoakaa, I. S., Namugize, J. N., & Zhang, J. (2021). Spatio-temporal variability of dry and wet conditions over East Africa from 1982 to 2015 using quantile regression model. Natural Hazards, 106, 2047–2076.

Kendall, M. G. (1975). Rank Auto-correlation Methods. Charles Griffin, London.

Khazaei, M., Khazaee, H., & Saghafian, B. (2020). Climate Change Impact on Extreme Rainfalls in Arid Region of Iran. Journal of Environmental Science and Technology, 22(9), 31–42. [In Persian]

Khosravi, U., Balyani, S., & Bayat, A. (2018). Temporal Survey of Annual Precipitation of Shiraz using Time Series Analysis. Water Resources Engineering, 11(38), 1–14. [In Persian]

Koenker, R. (2005). Quantile Regression. first ed, New York, Cambridge University Press, 1–25.

Koenker, R. (2006). Quantile regression in R: A vignette. [Available online at http://www.econ.uiuc.edu/~roger/research/rq/vig.pdf.]

Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression Quantils. Econometrica, 46, 33–50.
Koenker, R., & D'Orey, V. (1978). Algorithm AS 229: Computing regression quantiles. Journal of the Royal Statistical Society, 36, 383–393. https://doi.org/10.2307/2347802.
Lausier, A. M., & Jain, S. (2018). Overlooked trends in observed global annual precipitation reveal underestimated risks. Scientific Reports, 8, 16746.
Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend, Econometrica. Journal of the Econometric Society, 245–259.
Mirhashemi, H. (2021). Identification of structural breaks and change points of rainfall time series in mountainous areas (Case study: Khorramabad Synoptic Station). JGSMA, 1(4), 1–16. [In Persian]
Mohsenipour, M., Shahid, S., Ziarh, G. F., & Yaseen Z. M. (2020). Changes in monsoon rainfall distribution of Bangladesh using quantile regression model. Theoretical and Applied Climatology, 142(3), 1329–1342.
Nouri, M., Homaee, M., & Bannayan, M. (2018). Analyzing the Trends of Precipitation and Drought in Some Semi-Arid toHumid Regions of Iran. JWSS, 22(1), 45–60. [In Persian]
Pérez Bello, A., Mailhot, A., & Paquin, D. (2021). The Response of Daily and Sub-Daily Extreme Precipitations to Changes in Surface and Dew-Point Temperatures. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 126(16), e2021JD034972.
Sharafi, S., & Karim, N. M. (2020). Investigating trend changes of annual mean temperature and precipitation in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 13(16), 1–11.
Solaimani, K. (2021). Analysis of the Trend of Changes in Some Synoptic Parameters Using Quantile Regression in Babolsar. Irrigation and Water Engineering, 11(3), 236–252. [In Persian]
Wu, X., Meng, F., Liu, P., Zhou, J., Liu, D., Xie, Liu, D., Xie, K., Zhu, Q., Hu, J., Sun, H., & Xing, F. (2021). Contribution of the Northeast Cold Vortex Index and Multiscale Synergistic Indices to Extreme Precipitation Over Northeast China. Earth and Space Science, 8(1), e2020EA001435.
Yong, Z., Xiong, J., Wang, Z., Cheng, W., Yang, J., & Pang, Q. (2021). Relationship of extreme precipitation, surface air temperature, and dew point temperature across the Tibetan Plateau. Climatic Change, 165(1), 1–22.

Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil Resources Conservation (WSRCJ)

Web site:
https://wsrcj.srbiau.ac.ir

Email:
iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 3 (47)
Spring 2023

Received:
2022-07-31

Accepted:
2022-12-19

Pages: 33-49

Investigating the Effect of Meteorological Parameters on Heavy Rainfall Events in Different Climates of Iran using Quantile Regression

Sedigheh Bararkhanpour Ahmadi [1*], Mohammad Ail Gholami Sefidkouhi [2] and Mojtaba Khoshravesh [2]

1) PhD student of Agricultural Meteorology, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
2) Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
3) Associate Professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran.
*Corresponding author email: rbararkhan@gmail.com

Abstract:

Background and Aim: Climate changes caused by the progress and industrialization of human societies have caused changes in the intensity and frequency of heavy precipitation and floods, which have caused irreparable damages. In order to reduce these damages, it is necessary to identify the changes in the threshold values of precipitation and factors affecting it each region. Quantile regression methods are able to examine the trends not only in the median, but also in different ranges of the data series. Therefore, the purpose of this research is to investigate the seasonal trend of different amounts of precipitation and also to investigate the relationship between the climatic parameters of minimum temperature, maximum temperature, minimum relative humidity, maximum relative humidity and wind speed on different amounts of precipitation in different climates of Iran.

Method: In the first step, the daily time series of climate data including precipitation, minimum and maximum temperature, minimum and maximum relative humidity and wind speed for a period of 45 years in different seasons for 5 synoptic stations of Babolsar, Shiraz, Bandar Abbas, Khorram Abad and Torbat Heydarieh were formed. In the selection of study stations, we tried to select stations with different climates and with appropriate statistical period. Then, to investigate the trend of seasonal changes of different amounts of precipitation in different quantiles (quantiles 0.01, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 0.75, 0.9, 0.95 and 0.99) was analyzed using the quantile regression method in all study stations. In the next step, the relationship between the climatic parameters on different amounts of precipitation (low to very high amounts of precipitation) in different seasons was investigated for each of the stations using the quantile regression method. Then the results were analyzed.

Results: The results of examining the changes trend of daily precipitation are showed that the high amounts of precipitation in the spring season in Bandar Abbas, Shiraz, and Torbat Heydarieh stations were reduced significantly, but very high amounts of precipitation (0.95 and 0.99 troughs) in the station Babolsar and Khorramabad have increased. Also, very high daily precipitation amounts in summer have decreased in Bandar Abbas station but increased in Torbat Heydarieh and Khorram Abad stations, significantly. While in the winter season, different amounts of precipitation in all seasons have a decreasing trend and there was only a significant positive slope in very high amounts of precipitation (slope of 0.99) in Babolsar station. In the investigation of the parameters affecting the extreme precipitation, the results showed that the amount of impact on the occurrence of heavy rainfall was relatively higher than low to median rainfall. The parameters of minimum temperature, minimum humidity, maximum humidity and wind speed have a positive effect and the maximum temperature parameter has a negative effect on heavy rainfall in different seasons and stations.

The highest positive effect coefficients were in spring for wind speed in Babolsar (1.8), in summer for wind speed in Babolsar (3.8), minimum and maximum temperature in Bandar Abbas (-4.03 and 1.53), in Autumn season for maximum humidity and wind speed in Babolsar (2.57 and 2.99) and wind speed in Khorram Abad (1.54) and in winter, for wind speed in Babolsar and Bandar Abbas (1.94 and 6. 2), and minimum temperature in Torbat Heydarieh (0.96). Also, the highest negative effect coefficients of maximum temperature were in autumn and winter seasons (-0.88 and -0.72) in Babolsar and autumn season (-0.63) in Shiraz.

Conclusion: The significant changes in increasing and decreasing precipitation are mostly related to the amounts of heavy precipitation, which are different in different seasons and climates. Also, the precipitation of the stations near the north and south coasts have been influenced by climatic parameters to a greater extent. In general, it can be said that flood precipitations are influenced by climatic parameters such as wind speed, humidity and temperature in order of importance and this effect is different depending on the location and time and the influence of different factors. Therefore, it is necessary to apply accurate planning for the correct use of received rainfall and optimal management in the target area using the results of such studies.

Keywords: Climatic Parameters, Extreme Values, Precipitation, Quantile Regression, Trend

10.30495/WSRCJ.2022.68792.11317