Iranian Journal of
Rainwater Catchment Systems

مجله علمی سامانه های سطوح آبگیر باران

شاپا الکترونیکی: ۱۵۳۱-۲۷۸۳ شاپا چاپی: ۵۹۷۰-۲۴۲۲

بررسی تغییرات زمانی-مکانی مقادیر حدی بارش روزانه (ناحیه شمال و غرب ایران)

مجتبی نساجی زواره*[۱] و باقر قرمزچشمه[۲]

۱. استادیار موسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲. استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴

صفحات: ۴۰- ۲۷

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

چکیده:

فراوانی وقایع حدی بارش می‌تواند باعث سیل یا تغییر دوره خشکسالی شود. درک صحیح از این تغییرات برای اقدام جهت کاهش این اثرات لازم و ضروری است. در این پژوهش تغییرات زمانی و مکانی ۱۴ شاخص بارش برای هشت ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در شمال و غرب کشور بررسی شد. برای این منظور پس از بازسازی داده‌های بارش روزانه و انتخاب پایه زمانی مشترک شاخص‌های بارش تعریف‌شده توسط ETCCDI با استفاده از نرم‌افزار RClimdex مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور بررسی بارش-های سیل‌آسا، شاخص‌های روزهای خیلی مرطوب (R95p)، بیش‌ازاندازه مرطوب (R99p)، تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر (R10, R20, R25) و همچنین توزیع ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تا از بیشترین بارش‌ها در هر دهه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روند شاخص‌های روزهای بیش از اندازه مرطوب (R99p) و۲۰، ۴۰ و ۶۰ تا از بیشترین بارش (60 40 Top, 20 Top) Top, در ایستگاه‌های رشت، رامسر، بندر انزلی و خرم‌آباد مثبت و در بقیه ایستگاه‌ها منفی بود. شاخص مجموع بارش (PRCPTOT) در کلیه ایستگاه‌ها به‌جز بابلسر دارای روند منفی و معنی‌دار بود. روند شاخص‌های شدت بارش (SDII)، حداکثر بارش یک‌روزه (Rx1day) و حداکثر بارش ۵ روزه (Rx5day) در اغلب ایستگاه‌های شمال و غرب کشور مثبت و غیر معنی‌دار به-دست آمد. روند تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) در تمامی ایستگاه‌های شمال کشور مثبت بود که نشان‌دهنده افزایش طول دوره خشکی است. همچنین تعداد روزهای تر متوالی (CWD) در ناحیه غرب کشور دارای روند منفی بود که بیانگر کاهش تعداد روزهای تر می‌باشد. نتایج این پژوهش مشخص نمود که شاخص‌های بارش در یک ناحیه اقلیمی دارای عدم پیوستگی مکانی بوده و رفتار بارش‌ها به سمت حدی شدن پیش می‌رود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، روند، شاخص‌های حدی بارش، شمال و غرب کشور.

مقدمه

یک واقعه حدی اقلیمی، وقوع یک متغیر اقلیمی در بالا (پایین) یک مقدار آستانه در نزدیکی انتهای بالایی (پایینی) محدوده مقادیر مشاهده‌شده یک متغیر می‌باشد. معمولاً یک واقعه، زمانی نادر است که در صدک ۱۰ یا ۹۰ تابع چگالی احتمال مشاهده‌شده قرار گیرد (Field et al., 2012; Alexander et al., 2006). کارهای متعدد و گسترده‌ای در رابطه با بارش و مقادیر حدی آن در سطح جهان صورت گرفته است. این فعالیت‌ها در سطح منطقه‌ای (Zhang et al., 2017; Saidi et al., 2015; Lupikasza, 2010) و جهانی (Alexander et al., 2006; Donat et al., 2017) نتایج متفاوتی داشته است. یکی از نتایج جالب این فعالیت‌ها، مربوط به "گزارش‌های ارزیابی تغییرات اقلیم" است که در گزارش خود احتمال بیشتر وقوع بارش‌های حدی را به‌ویژه در عرض‌های

*[1]- E-mail: Nassaji.m.z@gmail.com نویسنده مسئول: مجتبی نساجی زواره

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

جغرافیایی متوسط و بالا در اثر پدیده گرمایش جهانی ذکر می‌کند. اگرچه یک روند مثبت قابل‌ملاحظه برای بارش جهانی وجود دارد لیکن رفتارهای متفاوتی ازنقطه‌نظر جمع بارش و مقادیر حدی آن در مقیاس‌های منطقه‌ای مشاهده‌شده است (IPCC., 2007, 2013).

Choi و همکاران (۲۰۰۹) الگوی تغییرات مکانی و زمانی وقایع حدی بارش و دما را برای ۱۴۳ ایستگاه در کشورهای شبکه آسیا-اقیانوسیه برای دوره ۲۰۰۷-۱۹۵۵ موردبررسی قراردادند. در دوره زمانی تحقیق هیچ روند منظم و منطقه‌ای در کل بارش یا در فراوانی و مدت وقایع بارش حدی وجود نداشت. برای کمتر از ۳۰ درصد ایستگاه‌ها، وقایع بارش حدی بدون الگوی مکانی منسجم روند معنی‌دار داشتند. درحالی‌که تغییرات معنی‌دار در وقایع حدی دما در بیش از ۷۰ درصد ایستگاه‌ها با الگوی منسجم مکانی مشاهده گردید.

Mass و همکاران (۲۰۱۱) روند بارش‌های سنگین را برای دوره زمانی ۲۰۰۹-۱۹۵۰ در ساحل غربی آمریکای شمالی بررسی نمودند. توزیع بارش‌های دو روزه به‌صورت دهه‌ای برای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ وقوع بارش برای ایستگاه‌های ساحلی ایالات‌متحده و بریتیش کلمبیا استخراج گردید. در طول ۶۰ سال گذشته افزایش کمی در وقوع بارش سنگین در سواحل مرکزی و جنوبی کالیفرنیا مشاهده گردید. وقایع بارش سنگین در کالیفرنیای شمالی تا سواحل اورگون مرکزی کاهشی بود. درحالی‌که افزایش قابل‌توجهی در وقوع بارش‌های سنگین در واشنگتن و افزایش کمی در سواحل بریتیش کلمبیا مشاهده گردید. Busuioc و همکاران (۲۰۱۴) ده شاخص مقادیر حدی دما و بارش را برای دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ در کشور رومانی موردبررسی قراردادند. بررسی مقادیر حدی بارش روند افزایش معنی‌داری در بخش‌های بزرگی برای فراوانی روزهای خیلی مرطوب و مقادیر روزانه ماکزیمم در فصل پائیز را نشان می‌دهد. برای حداکثر دوره خشکسالی تنها در فصل تابستان روند معنی‌داری مشاهده گردید. Stephenson و همکاران (۲۰۱۴) روند شاخص‌های حدی دما و بارش را برای منطقه کارائیب در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۶۱ و ۲۰۱۰-۱۹۸۶ بررسی نمودند. تغییرات در شاخص‌های بارش روندهای بسیار ضعیفی دارد. روندهای ضعیف مثبت در کل بارش سالانه، شدت بارش روزانه، تعداد روزهای خشک متوالی و وقوع بارش‌های سنگین در دوره زمانی ۲۰۱۰-۱۹۸۶ مشاهده گردید. Hong و Ying (۲۰۱۸) مشخصات شاخص‌های بارش و دما را برای کشور چین بررسی نمودند. برای شاخص‌های متوسط بارش حدی از ده شاخص، هفت شاخص دارای وضعیت نرمال بودند. Rahmani و Harrington (۲۰۱۹)، ۵ شاخص بارش سالانه را برای دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۸۹۰ در کانزاس ایالت متحده موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها شاخص‌های موردبررسی روند مثبت داشتند. شاخص تعداد روزهای متوالی در اکثر ایستگاه‌ها داری روند منفی بود. آنالیز الگوی مکانی تغییرات بزرگ‌تری را در فراوانی و بزرگی بارش در شرق کانزاس نشان داد. نتایج این مطالعه مشخص نمود که الگوهای بارش به سمت بارش‌های حدی بزرگ‌تر با فراوانی بیشتر در شرق کانزاس و وضعیت خشک‌تر در غرب کانزاس رفته‌اند. Wang و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات زمانی ۱۵ شاخص حدی دما و ۱۱ شاخص حدی بارش را بر اساس مشاهدات روزانه ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۶ را برای ۷۹۴ ایستگاه هواشناسی در چین بررسی نمودند. تعداد روزهای مرطوب متوالی ۰/۰۹ روز دردهه کاهش یافت و شاخص شدت بارش روزانه ۰/۰۹ میلی‌متر در دهه افزایش نشان می‌دهد. وقایع بارش حدی به‌طور معنی‌دار با افزایش عرض جغرافیایی کاهش و با طول جغرافیایی افزایش می‌یابد.

عسگری و همکاران (۱۳۸۶) روند نمایه‌های بارش حدی را برای کشور موردبررسی قراردادند. در تعدادی از ایستگاه‌ها اکثر نمایه‌ها دارای روند مثبت و در بعضی دیگر دارای روند منفی بود. درنتیجه روند بارش‌های حدی متفاوت در سطح کشور گویای پیچیدگی رفتار شاخص بارش می‌باشد. جهانبخش و همکاران (۱۳۹۳) مقادیر حدی دما و بارش را در ایستگاه تبریز موردبررسی قراردادند. مقادیر بارش بیش از ۱۰ و ۱۵ میلی‌متر و روزهای تر متوالی، مجموع بارش‌های بیش از صدک ۹۵ و ۹۹ دارای روند نزولی معنی‌داری بودند. کوزه‌گران و موسوی (۱۳۹۴) شاخص‌های حدی دما و بارش را در شمال شرق ایران تحلیل نمودند. نتایج نشان داد تمامی شاخص‌های بارش دارای روند کاهشی و منفی بودند.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

از نگاه هیدرواقلیم[1] تغییرات مقادیر حدی بارش می‌تواند اثرات مهمی را بر روی جریان آب رودخانه‌ها در مناطق شمال و غرب کشور داشته باشد. مطالعات موردی تغییرات آبدهی در این دو منطقه را نشان داده است (نساجی زواره و همکاران، ۱۳۹۳؛ نساجی زواره و همکاران، ۱۴۰۰). این اثرات می‌تواند شامل کاهش جریان رودخانه‌ها یا ایجاد سیل در زمان رخدادهای بارش‌های حدی باشد. بنابراین لازم است تا تغییرات شاخص‌های مختلف مقادیر حدی بارش در این مناطق به‌طور دقیق موردبررسی قرار گیرد. با توجه به اهمیت ناحیه شمال و غرب کشور از دیدگاه کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین وابستگی این دو بخش به تغییرات بارش و دبی رودخانه ارزیابی تغییرات شاخص‌های حدی بارش لازم و ضروری است.

اغلب تحقیقات برخی از شاخص‌های بارش در یک اقلیم خاص را موردبررسی قرار داده‌اند. در این پژوهش سعی شده است، ارزیابی جامعی از شاخص‌های حدی بارش و روند آن در دو اقلیم مختلف با منابع سینوپتیکی متفاوت در دوره زمانی طولانی‌مدت موردبررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

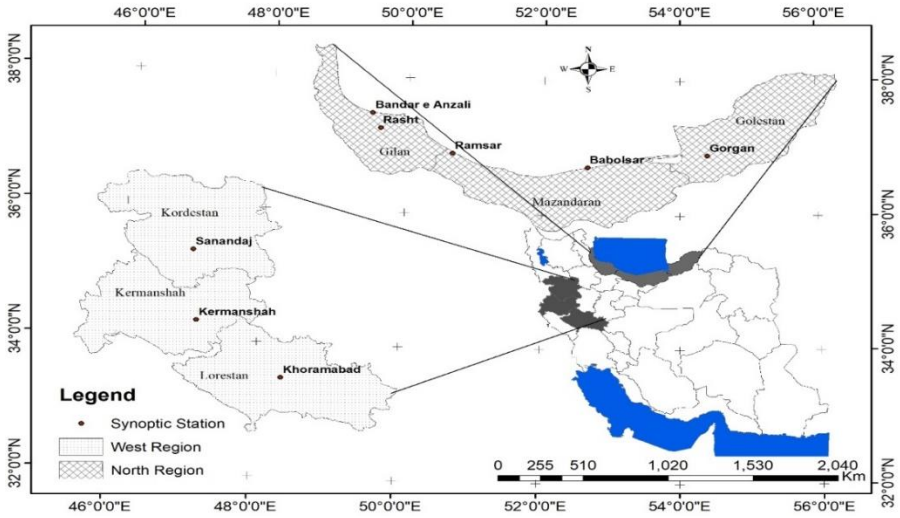
در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های همدیدی شمال و غرب کشور با دوره زمانی مشترک و طولانی‌مدت ۵۳ سال استفاده شد. نام، مختصات جغرافیایی و طول دوره آماری ایستگاه‌های منتخب در جدول (۱) ارائه‌شده است. همچنین موقعیت مکانی این ایستگاه‌ها در شکل (۱) آمده است. داده‌های این ایستگاه‌ها ازنظر نوع اندازه‌گیری، نسبت به سایر شبکه ایستگاهی کشور از کیفیت نسبتاً مناسبی برخوردار بوده و دوره بلندمدت بیش از ۵۰ سال را نیز پوشش داده‌اند. اما ازنظر تغییر شرایط محیطی باید به این امر اشاره شود که شاهد تغییر شرایط محیطی بوده‌اند. در کنار تعیین شبکه ایستگاه‌های همدیدی سعی شده به فراداده ایستگاه‌ها توجه گردد (Rahimzadeh & Nassaji Zavareh, 2014). دوره زمانی داده‌ها با توجه به پایه زمانی مشترک آماری ایستگاه‌های سینوپتیک تعیین شد. با توجه به هدف این تحقیق نیاز به پایه زمانی مشترک طولانی‌مدت است. بدین منظور سری‌های زمانی ماهانه از اول ژانویه ۱۹۶۰ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۲ مورداستفاده قرار گرفت.

جدول (۱): مشخصات ایستگاه‌های مورداستفاده

منطقه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	شروع دوره آماری	پایان
شمال	بندر انزلی	۴۹° ۲۸′	۳۷ ° ۲۸′	-۲۶	۱۹۵۱	۲۰۱۲
	رشت	۴۹ ° ۳۹′	۳۷ ° ۱۲′	۳۷	۱۹۵۶	۲۰۱۲
	رامسر	۵۰ ° ۴۰′	۳۶ ° ۵۴′	-۲۰	۱۹۵۵	۲۰۱۲
	بابلسر	۵۲ ° ۳۹′	۳۶ ° ۴۳′	-۲۱	۱۹۵۱	۲۰۱۲
	گرگان	۵۴ ° ۱۶′	۳۶ ° ۵۱′	۱۳	۱۹۵۲	۲۰۱۲
غرب	کرمانشاه	۴۷ ° ۷′	۳۴ ° ۱۹′	۱۳۲۲	۱۹۵۱	۲۰۱۲
	خرم‌آباد	۴۸ ° ۲۲′	۳۳ ° ۲۹′	۱۱۲۵/۰	۱۹۵۱	۲۰۱۲
	سنندج	۴۷ ° ۰′	۳۵ ° ۲۰′	۱۳۷۳	۱۹۵۹	۲۰۱۲

[1]- hydroclimate

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]



شکل (۱): موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه

کنترل کیفیت و بازسازی داده‌های مفقودشده

به دلیل اینکه سری‌های زمانی طولانی‌مدت اقلیمی از مسیر برداشت در ایستگاه‌های همدید تا دریافت آن توسط محققان تحت تأثیر فرآیندهای مختلف قرار می‌گیرد، در ابتدا لازم است داده‌ها کنترل کیفیت شوند. برای اطمینان کامل از صحت آمار ضمن رسم نمودار سالانه و فصلی ایستگاه‌های مجاور در یک دستگاه محور مختصات صحت داده‌ها کنترل اولیه شد. همچنین مقادیر داده‌های پرت[1] نیز بررسی شدند. مقادیر پرت مقادیری هستند که از یک مقدار آستانه برای هر سری زمانی بزرگ‌تر هستند (Hann, 2002) که توسط معادله (۱) تعریف و مقادیر اصلاحی آن به همراه داده‌های گم‌شده با استفاده از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی دارای ضریب همبستگی قابل‌قبول، بازسازی گردید.

شدند.

$$p_{out} = q_{0.75} + 3IQR \qquad (۱)$$

pout مقدار داده پرت، $q_{0.75}$ چارک سوم و IQR دامنه میان چارک است.

دوره های استاندارد نرمال

دوره های استاندارد نرمال، دوره‌های ۳۰ ساله‌ای هستند که با یک سری مشخصات توسط سازمان هواشناسی جهانی تعریف و در بررسی‌های اقلیمی مورداستفاده می‌گیرد. در این تحقیق، دوره استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱، از ۱ ژانویه ۱۹۶۱ تا ۳۱ دسامبر ۱۹۹۰ را پوشش می‌دهد. نظر به اهمیت دوره آماری دوره استاندارد ۱۹۹۰-۱۹۶۱ و اینکه هنوز تعدادی از فعالیت‌ها و بررسی‌ها مبتنی بر استفاده از داده‌های این دوره هستند(IPCC, 2007) اولاً ایستگاه‌های همدیدی منتخب که دوره آماری آن‌ها دوره نرمال استاندارد را پوشش می‌دهد، موردتوجه قرارگرفته‌اند و ثانیاً مقایسه میانگین پارامترها نسبت به این دوره محاسبه گردیده است.

مقادیر حدی

اگر فقط با نگاه آماری تغییر در توزیع عناصر اقلیمی بررسی شود، ملاحظه خواهد شد که تغییر در میانگین و واریانس هر یک از این عناصر سبب تغییرات زیادی در فراوانی و احتمالات مقادیر حدی آن‌ها خواهد شد. شاخص‌های مقادیر حدی دما و بارش توسط محققین مختلف برای اهداف متفاوتی تعریف گردیده است. یکی از متداول‌ترین شاخص‌های مورداستفاده در اکثر تحقیقات،

1 - Outlier

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

شاخص‌های تعریف‌شده توسط تیم کارشناسی در زمینه آشکارسازی و پایش تغییر اقلیم و نمایه‌های آن (ETCCDI)[1] می‌باشد. این گروه در غالب پروژه‌های مشترک بین کمیسیون اقلیم‌شناسی (CCL)[2]، تغییرپذیری و پیش‌بینی‌پذیری اقلیم[3](CLIVAR) و برنامه تحقیقات اقلیم جهانی [4] (WCRP) ۲۷ شاخص دما و بارش را ارائه نمودند تا بدین‌وسیله علاوه بر مطالعات ملی، همکاری‌های بین‌المللی آسان‌تر شد. برای این منظور از نرم‌افزار RclimDex که توسط بخش تحقیقات اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط R1.84 تهیه گردیده استفاده‌شده است. این نرم‌افزار به‌گونه‌ای طراحی گردید که امکان محاسبه ۲۷ نمایه توصیه‌شده گروه کارشناسی CCL/CLIVAR را داشته باشد. برای استفاده از این نرم‌افزار نیاز به نصب و راه‌اندازی زبان برنامه‌نویسی R می‌باشد. نرم‌افزار RclimDex از طریق آدرس اینترنتی http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI قابل‌دسترس می‌باشد. برای محاسبه روند در این تحقیق از روش حداقل مربعات استفاده گردیده است. همچنین معادله خط روند با استفاده از روش رگرسیون وزنی و سطح معنی-داری با استفاده از آماره آزمون تی-استیودنت تعیین گردید. روند محاسبه‌شده در خروجی نرم‌افزار برحسب سالانه بوده که در این تحقیق مقادیر آن به دهه تبدیل‌شده است.

جدول (۲): شاخص‌های حدی بارش توصیه‌شده توسط ETCCDI

	شاخص	شرح شاخص	تعریف	واحد
Intensity	RX1day	ماکزیمم بارش یک روزه	ماکزیمم بارش یک روزه در مدت یک ماه	میلی‌متر
	RX5day	ماکزیمم بارش ۵ روزه	ماکزیمم بارش ۵ روز متوالی در مدت یک ماه	میلی‌متر
	SDII	شاخص ساده شدت بارش	مقدار کل بارش سالانه تقسیم بر تعداد روزهای مرطوب در طول یکسال	میلی‌متر/روز
	R95p	روزهای خیلی مرطوب	جمع بارش روزانه بزرگ‌تر از صدک ۹۵	میلی‌متر
	R99p	روزهای بیش از اندازه مرطوب	جمع بارش روزانه بزرگ‌تر از صدک ۹۹	میلی‌متر
	PRCPTOT	کل بارش روزهای مرطوب	مقدار کل بارش سالانه در روزهایی با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱ میلی‌متر	میلی‌متر
Frequency	R10mm	تعداد روزهای با بارش سنگین	تعداد روزهایی با بارش روزانه بزرگ‌تر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر	روز
	R20mm	تعداد روزهای با بارش خیلی سنگین	تعداد روزهایی با بارش روزانه بزرگ‌تر یا مساوی ۲۰ میلی‌متر	روز
	R25mm	تعداد روزهای با بارش بیش از ۲۵ میلی‌متر	تعداد روزهایی با بارش روزانه بزرگ‌تر یا مساوی ۲۵ میلی‌متر	روز
Duration	CDD	روزهای خشک متوالی	تعداد ماکزیمم روزهای خشک متوالی با بارش کمتر از ۱ میلی‌متر	روز
	CWD	روزهای مرطوب متوالی	تعداد ماکزیمم روزهای تر متوالی با بارش بزرگ‌تر یا مساوی ۱ میلی‌متر	روز

به‌جز شاخص‌های ارائه‌شده در جدول (۲)، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ واقعه از بیشترین بارش‌های با بیش از ۱ میلی‌متر در طول دوره آماری برای هر دهه در تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه استخراج گردید. این بارش‌ها پتانسیل ایجاد سیل در نواحی مربوطه را دارند.

نتایج و بحث

بررسی کیفیت داده‌ها نشان داد که داده پرتی در سری‌های زمانی نبود. همچنین داده‌های گمشده نیز بازسازی گردید. در جدول (۳) نتایج تغییرات روند مقادیر حدی بارش برای ایستگاه‌های منتخب شمال و غرب کشور در دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۶۰

1 Expert Team on Climate Change Detection and Indices
2 Commission for Climatology
3 Climate Variability and Predictability
4 World Climate Research Programme

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

آورده شده است. در بین ایستگاه‌های موردمطالعه در شمال و غرب، عدم همبستگی مکانی بین شاخص‌های بارش در ایستگاه‌های مختلف مشاهده شد. شاخص مقدار کل بارش سالانه در روزهای مرطوب (PRCPTOT) در تمامی ایستگاه‌ها به‌جز بابلسر روند یکنواخت منفی و معنی‌دار را نشان داد. دیگر شاخص‌های بارش در مکان‌های مختلف دارای تغییرات مکانی متفاوتی بودند. این عدم پیوستگی مربوط به تغییرات مکانی بارش بوده و تحقیقات Choi و همکاران (۲۰۰۹) و عسگری و همکاران (۱۳۸۶) نیز نشان‌دهنده عدم پیوستگی بارش در نقاط مختلف بود.

جدول (۳): روند شاخص‌های حدی بارش در ناحیه شمال و غرب کشور (واحد شاخص/دهه)

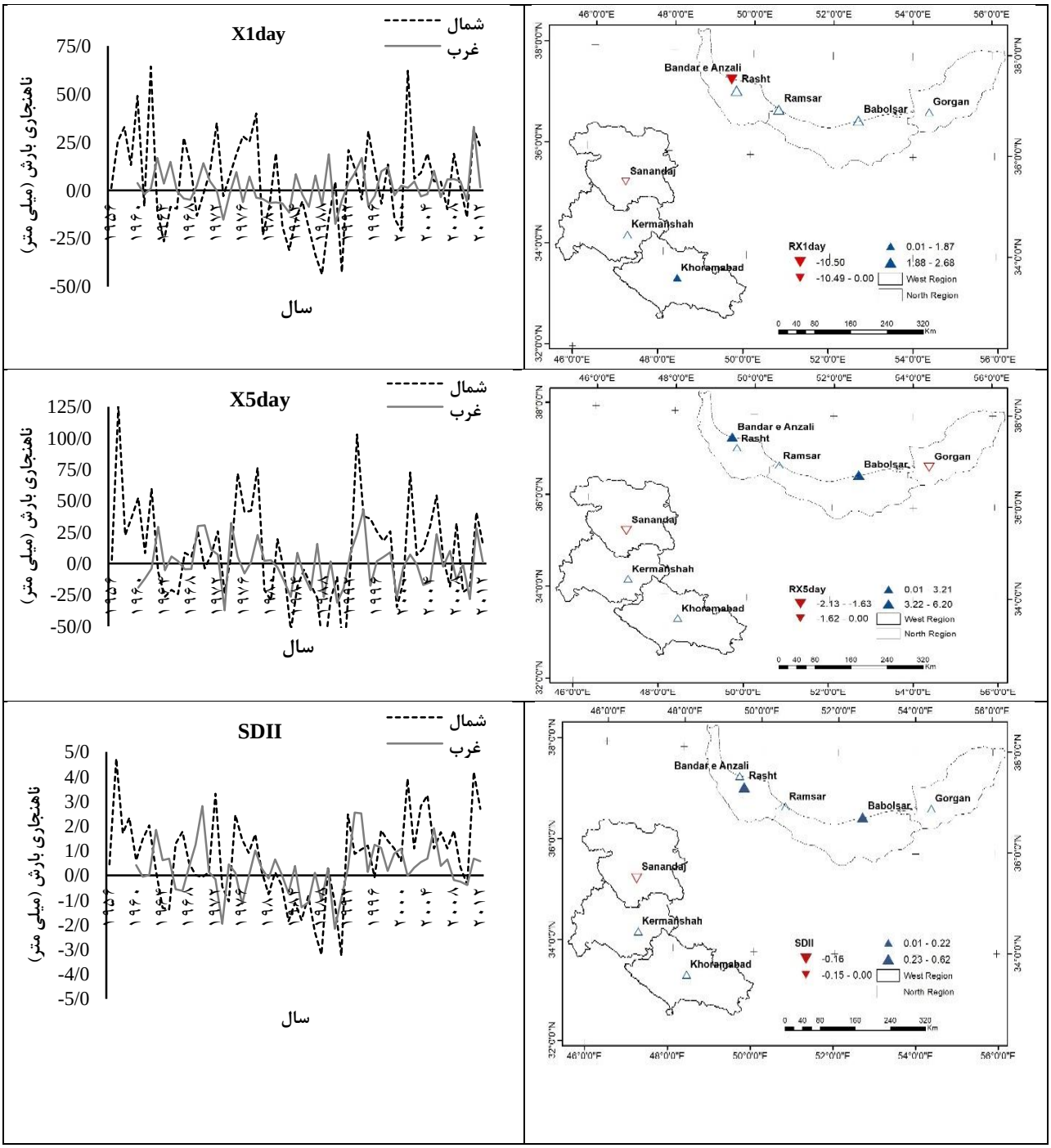
شاخص	شمال					غرب			واحد
	بندرانزلی	رشت	رامسر	بابلسر	گرگان	کرمانشاه	خرم‌آباد	سنندج	
RX1day	-۱۰/۵*	۲/۵۳	۲/۶۸	۲/۶۳	۰/۵۳	۰/۳۶	۱/۸۷*	-۰/۹۳	میلی‌متر
RX5day	-۶/۲*	۳/۲۱	۰/۹۴	۵/۹۶*	-۱/۶۳	-۱/۴	۰/۰۶	-۲/۱۳	میلی‌متر
SDII	۰/۰۹	۰/۴*	۰/۱۹	۰/۶۲*	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۲۲	-۰/۱۶	میلی‌متر/روز
R10mm	-۰/۲۸	-۰/۹۱	-۰/۱۱	۰/۵۲	-۱/۴۲*	-۰/۹۷*	-۰/۶۶	-۱*	میلی‌متر
R20mm	-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۲۹	۰/۸۹*	-۰/۱۵	-۰/۱۶	-۰/۳	-۰/۴۴	میلی‌متر
R25mm	۰/۲	۰/۰۸	-۰/۱۶	۰/۷۹*	-۰/۱۴	-۰/۰۱	-۰/۱	-۰/۳	میلی‌متر
CDD	۰/۹۶	۰/۳۷	۰/۷۵	۰/۶۶	۱/۸۳*	-۱/۹	۰/۱۵	-۰/۸۹	روز
CWD	۰/۲۳	-۰/۳	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۳۴*	-۰/۳۲*	-۰/۴۷*	-۰/۲۲	روز
R95p	-۴/۱	۱۲/۶*	-۲۳*	۱۷/۶*	-۴/۲	-۴/۲*	۰/۲۱	-۹/۶*	روز
R99p	-۲۴/۲*	۱۸/۱*	۷/۲۸*	۱۱/۳*	۱/۵	-۱/۷۳	۲/۳۵	-۰/۷۷	روز
PRCPTOT	-۱۱/۶*	-۴/۸۱	-۲۵/۲*	۲۹/۸*	-۳۲/۷*	-۱۹/۸*	-۱۸/۳*	-۳۱/۵*	روز

***در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.**

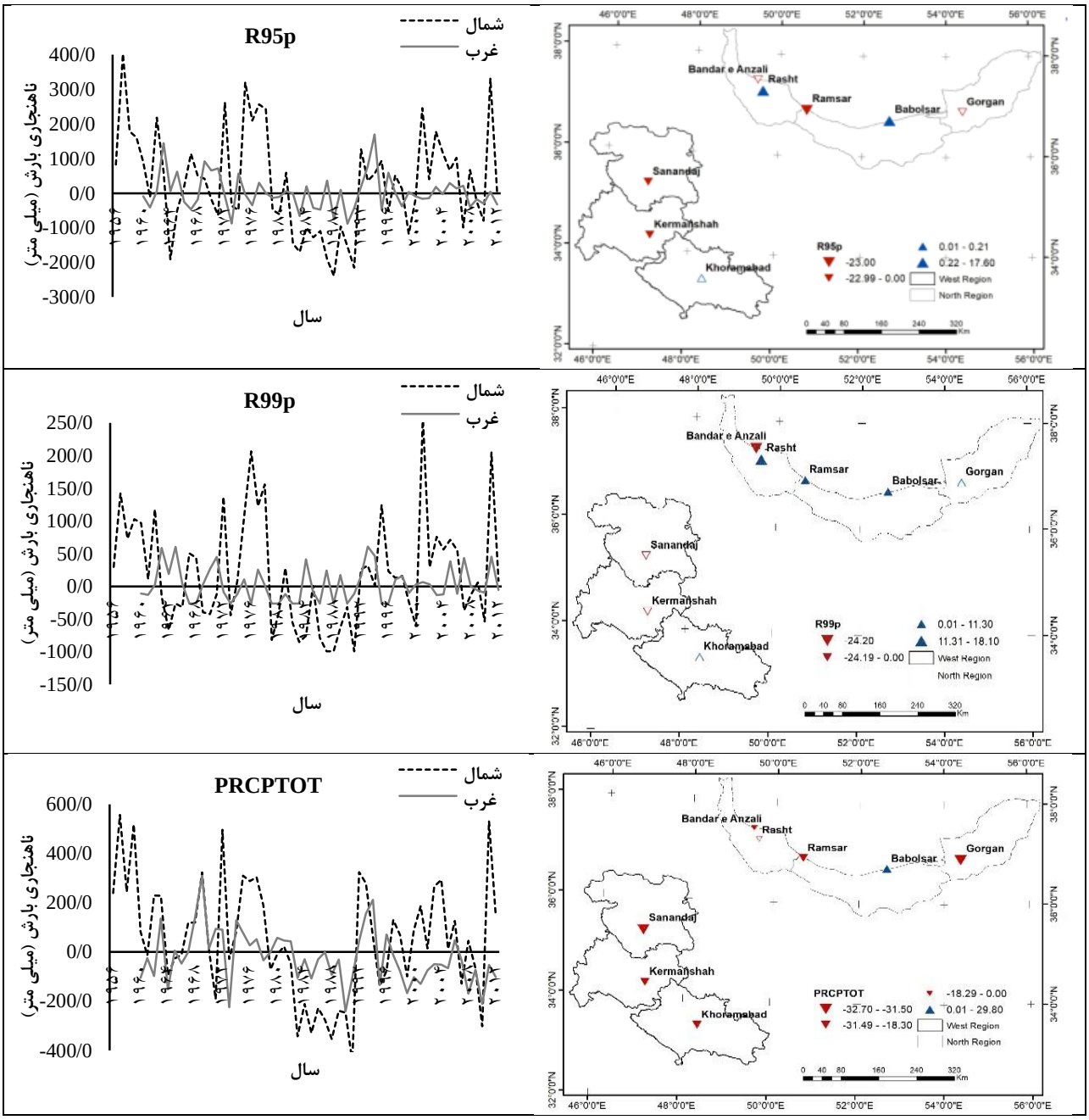
شاخص‌های شدت بارش

مطابق جدول (۳) و شکل (۲) روند شاخص‌های حداکثر بارش یک روزه (RX1day) و پنج روزه (RX5day) در اغلب ایستگاه-های شمال و غرب کشور، مثبت ولی غیر معنی‌داری به دست آمد. نتایج تحقیقات (Choi et al,. 2009 ؛ Stephenson et al,. 2014) نشان‌دهنده روند معنی‌داری تعداد کمی از ایستگاه‌های موردمطالعه بود. مقدار روند هر دو شاخص در ایستگاه‌های منتخب شمال بیشتر از ایستگاه‌های غرب کشور بود. روند حداکثر بارش پنج روزه در ناحیه شمال بیشتر از حداکثر بارش یک روزه بود. در ناحیه شمال بیشترین و کمترین روند بارش پنج روزه به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های بندر انزلی و ایستگاه گرگان با مقادیر ۶/۲ و ۱/۶۳- میلی‌متر در دهه می‌باشد. درصورتی‌که حداکثر و حداقل روند این شاخص برای ناحیه غرب مربوط به ایستگاه‌های کرمانشاه و سنندج با ۱/۵۳ و ۲/۱۳- میلی‌متر در دهه است. شاخص ساده شدت بارش (SDII) در تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه به‌جز سنندج روند مثبت و معنی‌داری داشت. مقدار این شاخص در ایستگاه رشت و بابلسر مثبت و معنی‌دار بود. روند شاخص ساده شدت بارش در شمال و غرب کشور از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۱۲ افزایش بیشتری داشته و برای ناحیه شمال بزرگ‌تر از غرب کشور به دست آمد (شکل ۲). شاخص‌های روزهای خیلی مرطوب (R95p) و روزهای بیش‌ازاندازه مرطوب (R99p) در بیشتر ایستگاه‌های شمالی کشور روند مثبت و معنی‌داری داشته را نشان داد. شاخص R99p برای ایستگاه‌های رشت، رامسر و بابلسر دارای روند مثبت و معنی‌داری بود. در ناحیه غرب این دو شاخص تنها در ایستگاه خرم‌آباد دارای روند مثبت داشت و بقیه ایستگاه‌ها دارای روند منفی بود. در تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه (به‌استثناء بابلسر) روند منفی و معنی‌دار کل بارش روزهای مرطوب (PRCPTOT) مشاهده گردید. بیشترین مقدار روند منفی مربوط به ایستگاه گرگان با مقدار ۳۲/۷- میلی‌متر در دهه بود. به‌عبارت‌دیگر در هر دهه مقدار بارندگی این ایستگاه به‌طور متوسط ۳۲/۷ میلی‌متر کاهش‌یافته است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]



[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]



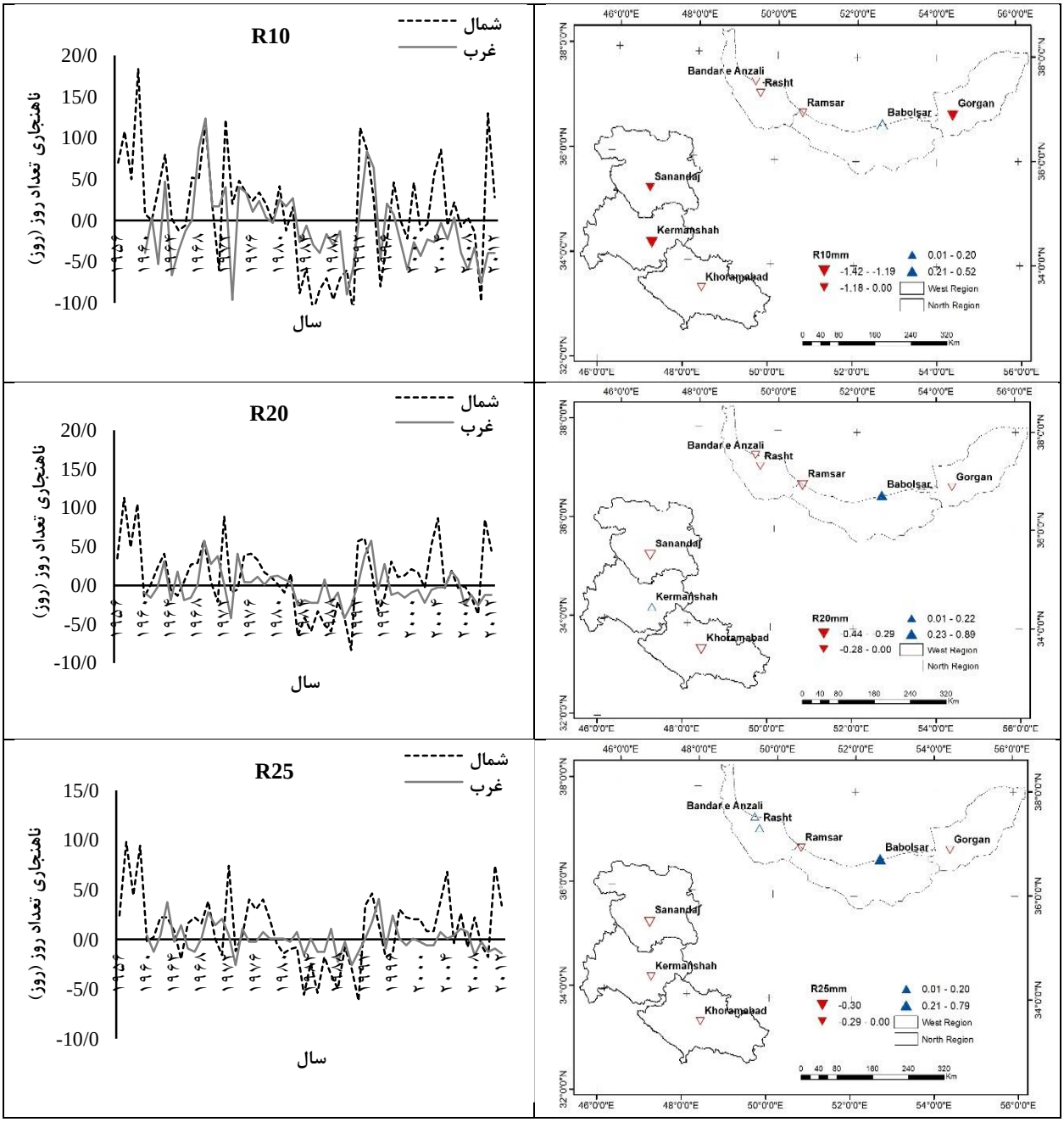
شکل (۲): روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های مقادیر حدی شدت بارش در ناحیه غرب و شمال کشور

شاخص‌های فراوانی بارش

در جدول (۳) و شکل (۳) روند تغییرات تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر (R10, R20, R25) آمده است. شاخص‌های R10 و R20 در تمامی ایستگاه‌های شمال و غرب کشور به‌استثناء ایستگاه بابلسر از روند کاهشی برخوردار بود. برای تعداد روزهای با بارندگی مساوی یا بیشتر از ۲۵ میلی‌متر (R25) در اغلب ایستگاه‌های ناحیه شمال کشور روند مثبت مشاهده شد. این روند برای ایستگاه بابلسر مثبت و معنی‌دار با نرخ ۰/۷۹ روز در هر دهه بود. روند افزایشی تعداد بارش‌های بیش از ۲۵ میلی‌تر در تعدادی از ایستگاه‌های شمال به معنی افزایش بارش‌هایی است که می‌تواند خطر افزایش سیلاب را در این مناطق به همراه داشته باشد. در ناحیه غرب کشور روند شاخص R25 برای تمامی ایستگاه‌های موردمطالعه منفی به دست آمد. بنابراین می‌توان

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

نتیجه گرفت که تعداد روزهای با بارش‌های بیش از ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر بارش در ناحیه غرب کاهشی بوده و شرایط سیلابی در این مناطق کمتر شده است.



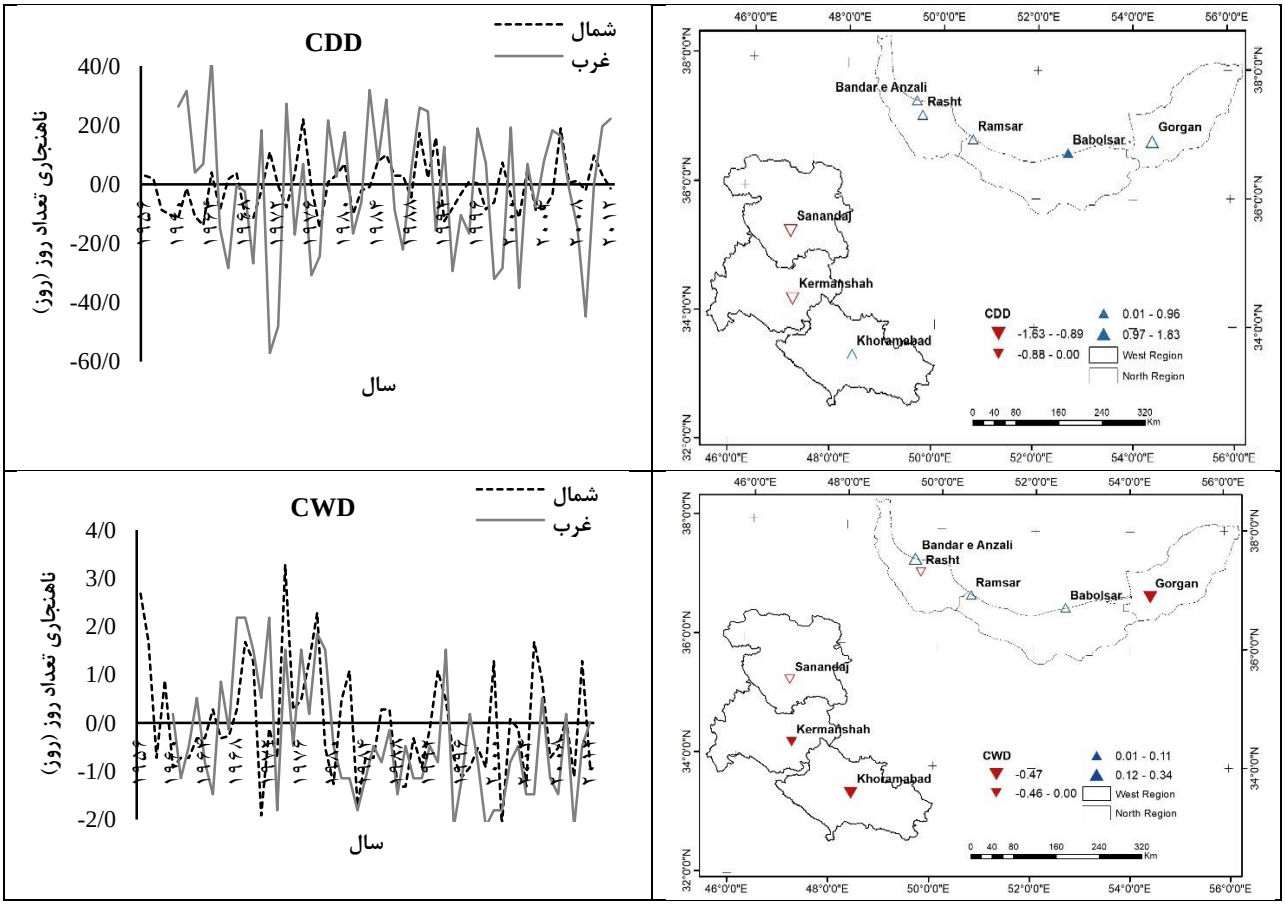
شکل (۳): روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های مقادیر حدی فراوانی بارش در ناحیه غرب و شمال کشور

شاخص‌های مدت بارش

در جدول (۳) و شکل (۴) شاخص‌های تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) و تعداد روزهای مرطوب متوالی (CWD) تعیین‌شده است. شاخص CDD در ناحیه شمال کشور در تمامی ایستگاه روند مثبت و تنها در ایستگاه گرگان معنی‌دار نیز به دست

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

آمد. که بیشترین مقدار آن متعلق به ایستگاه گرگان با نرخ ۱/۸۳ روز در هر دهه بوده که معنی‌دار نیز است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت فاصله زمانی بین بارندگی‌های بیش از ۱ میلی‌متر در این ناحیه کشور بیشتر شده است. بخش کشاورزی و منابع طبیعی در مناطق شرقی سواحل دریا خزر می‌تواند با تنش‌های کم‌آبی مواجه شود. تعداد روزهای مرطوب متوالی در اغلب ایستگاه‌های شمال و غرب کشور از روند منفی برخوردار بود. این شاخص در ناحیه غرب کشور نسبت به شمال از روند کاهشی بیشتری برخوردار بود. بیشترین مقدار روند منفی شاخص CWD در ناحیه غرب و شمال کشور به ترتیب متعلق به ایستگاه‌های خرم‌آباد و گرگان با نرخ ۰/۴۷- و ۰/۳۴- روز در دهه می‌باشد. درنتیجه تعداد روزهای با بارش بیش از ۱ میلی‌متر در روز به‌طور معنی‌داری در ناحیه غرب کشور روند کاهشی داشته است. این کاهش می‌تواند سبب آسیب به بخش کشاورزی دیم در این مناطق گردد.



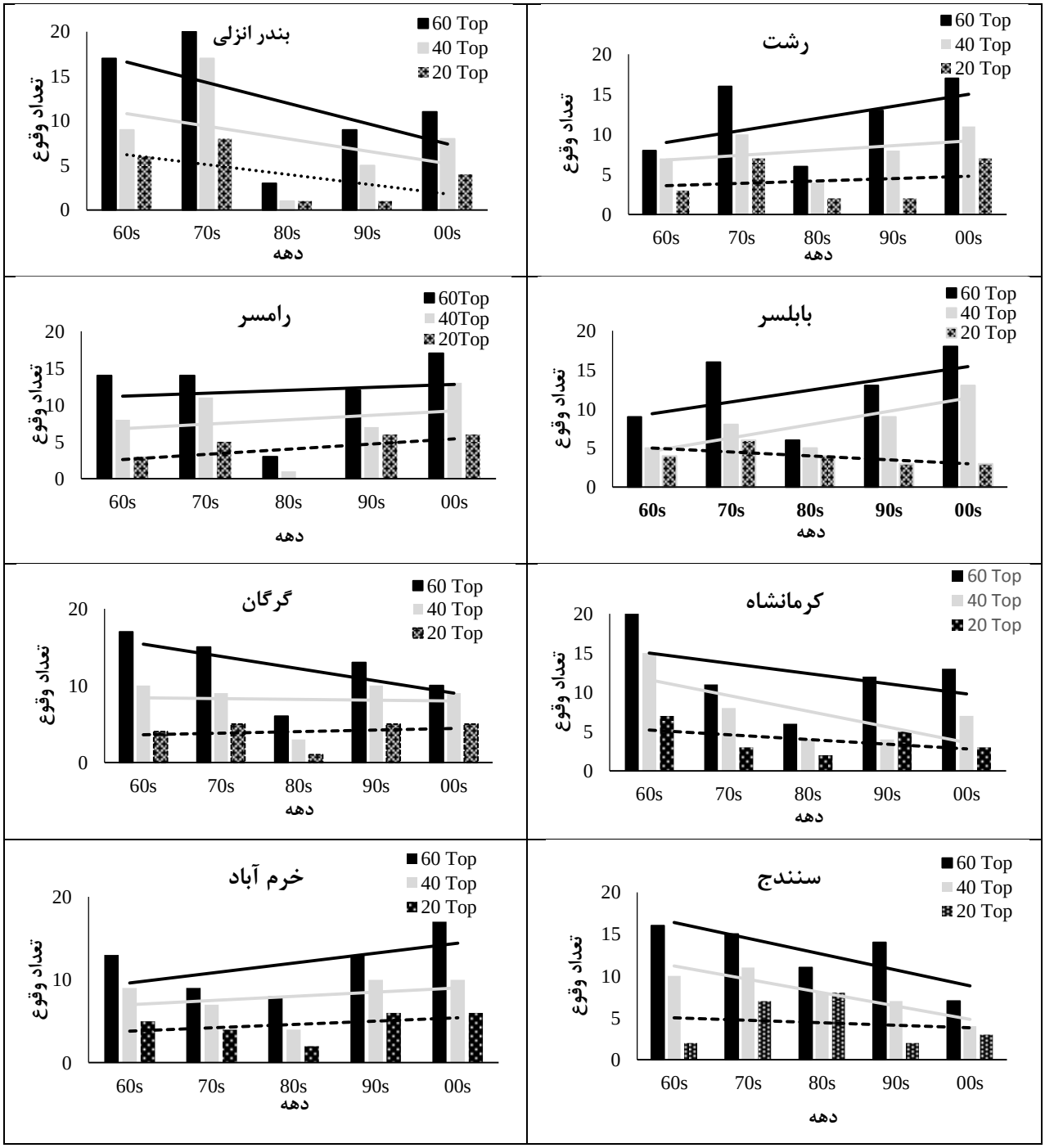
شکل (۴): روند تغییرات متوسط ناحیه‌ای شاخص‌های مقادیر حدی مدت بارش در ناحیه غرب و شمال کشور

شاخص مقادیر حدی بارش در دهه

شکل (۵) تغییرات فراوانی تعداد وقوع ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تا از بیشترین بارش‌های بیش از ۱ میلی‌متر برای هر دهه در ناحیه شمال و غرب کشور را نشان می‌دهد. استفاده از این شاخص‌ها مقایسه بین مناطق با بارش‌های متفاوت را ساده‌تر می‌نماید. همچنین توزیع دهه‌ای این وقایع روند تغییرات بارش دهه‌ای را تعیین می‌کند. در ناحیه شمال کشور تعداد ۲۰، ۴۰ و ۶۰ واقعه از بیشترین بارش‌ها در ایستگاه‌های بندر انزلی و گرگان دارای روند کاهشی و در ایستگاه‌های رشت، رامسر و بابلسر روند افزایشی دارد. برای ناحیه غرب کشور ایستگاه خرم‌آباد دارای روند مثبت برای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ واقعه بارش است. درحالی‌که ایستگاه‌های کرمانشاه و سنندج برای هر سه شاخص روند کاهشی را نشان داد. شاخص‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بارش، مقادیر بارش‌هایی هستند که در صورت

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

وقوع آن‌ها امکان ایجاد سیل می‌باشد. نتایج تحقیق Mass و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که روندهای متفاوت افزایشی و کاهشی در ایستگاه‌های مختلف مشاهده گردید. نتایج این تحقیق نیز نشان می‌دهد که در نواحی مرکزی ناحیه شمال کشور وقوع بارش‌های سیل‌آسا در دهه‌های اخیر افزایش‌یافته درحالی‌که در غرب کشور بارش‌های سیل‌آسا در دهه‌های اخیر دارای روند کاهشی بوده است.



شکل (۵): تعداد وقوع بارش برای ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تا از بیشترین مقادیر بارش در دوره زمانی ۵۰ ساله

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل شاخص‌های حدی بارش در این پژوهش می‌توان نتیجه‌گیری کرد که:

۱- در بین شاخص‌های شدت بارش، شاخص‌های RX1day، RX5day و SDII دارای روند مثبت بودند که در ناحیه شمال کشور روند بیشتری را نسبت به ناحیه غرب مشاهده گردید. همچنین شاخص‌های روزهای خیلی مرطوب (R95p) و بیش‌ازاندازه مرطوب (R99p) در غالب ایستگاه‌ها شمال دارای روند مثبت و معنی‌داری بود درصورتی‌که در ایستگاه‌های غرب دارای روند منفی بود.

۲- شاخص‌های فراوانی بارش شامل تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰، ۲۰ میلی‌متر در روز برای تمامی ایستگاه‌ها به‌استثناء بابلسر دارای روند منفی بود. درحالی‌که برای شاخص بارش بیش از ۲۵ میلی‌متر برای غالب ایستگاه‌های شمال روند مثبت و برای تمامی ایستگاه‌های غرب روند منفی به دست آمد.

۳- شاخص تعداد روزهای خشک متوالی (CDD) در ناحیه شمال کشور در تمامی ایستگاه دارای روند مثبت بود. بنابراین خطر خشکسالی کشاورزی در این منطقه وجود دارد. تعداد روزهای تر متوالی (CWD) در غالب ایستگاه‌های شمال و غرب کشور دارای روند منفی بود و در ناحیه غرب کشور بیشتر بود.

۴- تعداد وقوع ۲۰، ۴۰ و ۶۰ بارش در دهه تنها در ایستگاه‌های رشت، رامسر و بابلسر روند افزایشی داشت. درواقع بارش‌های حدی بیش از ۵۰ میلی‌متر در این سه ایستگاه روند افزایشی داشته و وقوع سیل در ناحیه شمال کشور در این مناطق بیشتر شده است.

با توجه به افزایش وقوع بارش‌های سیل‌آسا و افزایش تعداد روزهای خشک متوالی در ناحیه شمال کشور و همچنین روند کاهشی بارندگی و تعداد روزهای تر متوالی در ناحیه غرب پیشنهاد می‌گردد تقویت منابع آب زیرزمینی با استفاده از فعالیت‌های آبخیزداری و استحصال آب باران به‌عنوان سیاست‌های اصلی مدیریت منابع آب موردتوجه قرار گیرد. همچنین در برنامه‌ریزی‌های مربوط به بخش کشاورزی به دلیل کاهش تعداد روزهای تر متوالی و افزایش تعداد روزهای خشک متوالی، اتکا به نزولات جوی باید مدنظر قرار گیرد.

منابع

۱. جهانبخش اصل، س.، ع.م. خورشیددوست، ی. دین‌پژوه و ف. سرافروزه (۱۳۹۳) تحلیل روند و تخمین دوره‌های بازگشت دما و بارش‌های حدی در تبریز. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. سال ۱۸، شماره ۵۰، ص ۱۳۳-۱۰۷.

۲. کوزه‌گران، س. و م. موسوی بایگی (۱۳۹۴) بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی در شمال شرق ایران. نشریه آب‌وخاک. جلد۹، شماره ۳، ص ۷۶۴-۷۵۰.

۳. عسگری، ا.، ف. رحیم‌زاده، ن. محمدیان و ا. فتاحی (۱۳۸۶) تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران. تحقیقات منابع آب ایران. سال سوم، شماره ۳، ص ۵۵-۴۲.

۴. نساجی زواره، م.، ع.م. خورشیددوست، ع.ا. رسولی و ع. سلاجقه (۱۳۹۳) بررسی روند آبدهی رودخانه کسیلیان. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوره ۸، شماره ۲۴، ص ۸-۱.

۵. نساجی زواره، م.، ب. قرمزچشمه و م. محمدپور (۱۴۰۰). بررسی تغییرات مکانی و زمانی آبدهی فصلی و سالانه حوزه کرخه. نشریه مرتع و آبخیزداری (مجله منابع طبیعی ایران). دوره ۷۴، شماره ۱، ۲۲۱-۲۰۷.

6. Alexander L.V., Zhang X., Peterson T.C., Caesar J., Gleason B., Klein Tank A.M.G., Haylock M., Collins D., Trewin B., Rahimzadeh F., Tagipour A., Rupa Kumar K., Revadekar J., Griffiths G., Vincent L., Stephenson D.B., Burn J., Aguilar E., Brunet M., Taylor M., New M., Zhai P., Rusticucci M. and Vazquez-Aguirre J.L. *(2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 111: (D5).

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

7. Busuioc A., Dobrinescu A., Birsan M. V., Dumitrescu A. and Orzan A. *(2014). Spatial and temporal variability of climate extremes in Romania and associated large scale mechanisms.* International Journal of Climatology, 35(7): 1278-1300.
8. Choi G., Collins D., Ren G., Trewin B., Baldi M., Fukuda Y., Afzaal M., Pianmana T., Gomboluudev P., Huong P. T. T., Lias N., Kwon W. T., Boo K., Cha Y. and Zhouc Y. *(2009). Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007,* International Journal of Climatology, *29(13): 1906–1925*.
9. Donat M.G., Lowry A.L., Alexander L.V., O'Gorman P.A. and Maher N. *(2017). Addendum: more extreme precipitation in the world's dry and wet regions*, Nature Climate Change, *7: 154–158.*
10. Field C.B., Barros V., Stocker T.F. and Dahe Q. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the IPCC; Cambridge University Press: Cambridge*, UK.
11. Hann Charles T. *(2002). Statistical Methods in Hydrology.Iowa State Press*, A Blackwell Publishing Company.
12. Hong Y. and Ying S. *(2018). Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 ased on ETCCDI indices,* Advances in Climate Change Research, *9(4): 218-226.*
13. IPCC. *(2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups*. I to the forth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Solomon and the Core Writing Team (eds). Cambridge University press, Cambridge United Kingdom and New York, USA.
14. IPCC. *(2013). Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group*, I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge and New York, NY: Cambridge University Press, 1535 pp.
15. Lupikasza E. *(2010). Spatial and temporal variability of extreme precipitation in Poland in the period 1951-2006,* International Journal of Climatology, *30(7): 991-1007.*
16. Mass C., Skalenakis A. and Warner M. *(2011). Extreme precipitation over the west coast of North America: Is there a trend?,* Journal of Hydrometeorology, *12(2): 310-318.*
17. Rahmani V. and Harrington Jr. J. *(2019). Assessment of climate change for extreme precipitation indices: A case study from the central United States,* International Journal of Climatology, *39(2): 1013-1025*.
18. Rahimzadeh F. and Nassaji Zavareh M. *(2014). Effects of adjustment for nonclimatic discontinuities on determination of temperature trends and variability over Iran*. International Journal of Climatology, *34(6), 2079-2096.*
19. Saidi H., Ciampittiello M., Dresti C. and Ghiglieri G. *(2015). Assessment of trends in extreme precipitation events: a case study in Piedmont (north-west Italy),* Water Resources Management, *29(1): 63–80.*
20. Stephenson S. T., Vincent L. A., Allen T., Van Meerbeeck C. J., McLean N., Peterson T. C., Taylor M. A. Aaron-Morrison A. P., Auguste T., Bernard D., Boekhoudt J. R. I., Blenman R. C., Braithwaite G. C., Brown G., Butler M., Cumberbatch C. J. M., Etienne-Leblanc S., Lake D. E., Martin D. E., McDonald J. L., Zaruela M. O., Porter A. O., Ramire M. S., Tamar G. A., Roberts B. A., Mitro S. S., Shaw A., Spence J. M., Winter A. and Trotman A. R. *(2014). Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010.* International Journal of Climatology, *34(9), 2957–2971*.
21. Zhang X., Zwiers F.W., Li G., Wan H. and Cannon A.J. *(2017). Complexity in estimating past and future extreme short-duration rainfall,* Nature Geoscience, *10: 255–259.*
22. Wang X., Li Y., Wang M., Li Y., Gong X., Chen Y., Chen Y. and Cao W. *(2021). Changes in daily extreme temperature and precipitation events in mainland China from 1960 to 2016 under global warming International*. Journal of Climatology, *41(2), 1465-1483.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]

Assessment of Spatial and Temporal Variability of Extreme Precipitation Indices (North and West of Iran)

Mojtaba Nassaji Zavareh[1*] and Bagher Ghermezcheshmeh[2]

[1]Assist. Professor, Institute of Agricultural Education & Extension, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

[2]Assist. Professor, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received:2022/02
Accepted:2022/06

Abstract

The frequency of precipitation extreme event can cause flood or change the drought period. Accurate understanding of these changes is necessary to take action to reduce these effects. In this research, temporal and spatial changes of 14 precipitation indices for eight synoptic stations in the North and West of the country were investigated. For this purpose, after reconstructing the daily precipitation indices defined by ETCCDI were evaluated using RClimdex software. To evaluate heavy precipitation, indices of very wet days, extremely wet days, number of days with precipitation of more than 10, 20, and 25 mm and distribution of the top 60, 40, and 20 daily precipitations were evaluated. The result showed that the trend indices of extremely wet days (R99p) and 20, 40, and 60 precipitation events in Rasht, Ramsar, Bandar Anzali and Khoramabad stations were positive and it was negative at the other stations. Total precipitation index (PRCPTOT) in all stations expect Babolsar had a negative and significant trend. The trend of simple daily intensity, Max. 1-day precipitation and Max. 5-day precipitation indices in the most stations in the North and West of the country were positive and insignificant. The trend of the number of consecutive dry days (CDD) in all stations in the North of the country was positive, which indicates increase in the length of the dry season. Also, the number of consecutive wet (CWD) in the western part the country had a negative trend, which indicates a decrease in the number of wet days. The result of this study showed that precipitation indices in a climatic zone have a spatial discontinuity and the behavior of precipitation is towards extreme value.

Keyword: Climate change, Extreme precipitation indices, North and West Iran, Trend.

1 *Corresponding Author E-mail: Nassaji.m.z@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1401.10.1.2.1]