Technical Note

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. 4 (48)
Summer 2023

Received:
2023-05-20

Accepted:
2023-07-18

Pages: 127-134

Investigating the Effect of Changes in Frequency and Intensity of Daily Rainfall on its Annual and Seasonal Trends in Kurdistan province

Arash Ranjbar[1*], Niazali Ebrahimipak[2] and Arash Tafteh[3]

1) Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Moghan, Iran
2) Associate professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
3)Assistant Professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*Corresponding author email: arashranjbar@ut.ac.ir

Abstract:
Background and purpose: Most of the studies that have been conducted in order to investigate the pattern of temporal and spatial changes of rainfall in rainfed areas have finally resulted in determining the trend of total annual, seasonal, and monthly rainfall in the target areas. However, changes in the frequency and intensity of rainfall are among the important parameters that have a great impact on the trend of rainfall and the planning of rainfed areas. The purpose of this study is to investigate the effect of changes in the frequency and intensity of daily rainfall on the trend of annual and seasonal rainfall in Kurdistan province.
Research method: For this purpose, the rainfall data of 30 years (1988 to 2017) of four synoptic stations of Sanandaj, Bijar, Qorveh, and Saqez, located in Kurdistan province, were used. After the data homogeneity test, the trend of changes in time series of frequency and amount of rainfall was calculated through the non-parametric Mann-Kendall test and Sen's slope estimator.
Findings: The obtained results indicated a decreasing trend between 25 and 31% of total annual rainfall compared to the average of the studied period in four stations and this decrease was related to spring, summer, and winter seasons in most cases. The rainfall trend did not change significantly in the autumn season. Even though the trend of the rainy days in Sanandaj and Qorveh stations had a significant increase of 0.54 and 0.63 days per year, respectively, the results showed that this increase was related to spring rains which have had less intensity than five millimeters per day and cannot be very effective in providing water requirement. The noteworthy point was that the intensity of rainfall has decreased in all stations which is the main reason for the more than 40% decrease in the amount of rainfall during the spring and winter seasons of Sanandaj, Qorveh, and Saqez stations.
Results: In general, increasing the frequency of low-intensity rains and decreasing the intensity of rains in rainfed areas can be a serious threat to reducing yield. Therefore, it is necessary to investigate the changes in the frequency and intensity of rainfall, along with its values, in order to determine the distribution pattern of annual and seasonal rainfall in rainfed areas.
Keywords: rainfall intensity, rainfall frequency, rainfall trend, rainfed farming, Kurdistan province

10.30495/WSRCJ.2023.70827.11337

یادداشت فنی

بررسی اثر تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند سالانه و فصلی آن در استان کردستان

آرش رنجبر[1*]، نیازعلی ابراهیمی پاک[2] و آرش تافته[3]

۱) بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران.
۲) دانشیار بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳) استادیار بخش تحقیقات مدیریت آب در مزرعه، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول arashranjbar@ut.ac.ir

چکیده:

زمینه و هدف: اکثر مطالعاتی که به منظور بررسی الگوی تغییرات زمانی و مکانی بارش در مناطق مستعد دیم انجام گرفته است، در نهایت به تعیین روند بارش کل سالانه، فصلی و ماهانه در مناطق مورد نظر منتج شده‌اند. این در حالی است که تغییرات فراوانی و شدت بارش نیز جزو پارامترهای مهمی هستند که هم در روند مقدار بارش و هم در مکان‌یابی و برنامه‌ریزی مناسب این مناطق تاثیر زیادی دارند. هدف از این مطالعه بررسی اثر تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش سالانه و فصلی در استان کردستان است.

روش پژوهش: بدین منظور از داده‌های بارش سی ساله (۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶) چهار ایستگاه سینوپتیک سنندج، بیجار، قروه و سقز، واقع در استان کردستان استفاده شد. بعد از تست همگنی داده‌ها، روند تغییرات سری‌های زمانی فراوانی و مقدار بارش‌ها از طریق آزمون ناپارامتریک من -کندال و تخمینگر شیب Sen محاسبه شد.

یافته‌ها: نتایج بدست آمده حاکی از روند کاهشی بین ۲۵ تا ۳۱ درصد بارش کل سالانه نسبت به میانگین دوره مورد مطالعه در چهار ایستگاه بودند و این کاهش در اکثر موارد مربوط به فصل‌های بهار، تابستان و زمستان بود. روند بارش در فصل پاییز تغییر معنی داری را نداشت. با وجود اینکه، روند تغییرات تعداد روزهای بارانی در ایستگاه‌های سنندج و قروه به ترتیب افزایش معنی‌داری برابر ۰/۵۴ و ۰/۶۳ روز در سال داشته‌اند ولی نتایج نشان دادند که این افزایش مربوط به بارش‌های بهاری با شدت کمتر از پنج میلی‌متر بوده است که در تامین نیاز آبی گیاه نمی‌تواند چندان تاثیر گذار باشد. نکته قابل توجه این بود که، شدت بارش در همه ایستگاه‌ها کاهش داشته است و طبق این نتایج دلیل اصلی کاهش بیش از ۴۰ درصدی مقدار بارش فصل بهار و زمستان ایستگاه‌های سنندج، قروه و سقز در طول دوره مطالعاتی بوده است.

نتایج : به طور کلی، افزایش فراوانی بارش‌های با شدت کم و کاهش شدت بارش‌ها در مناطق دیم می‌تواند تهدید جدی برای کاهش عملکرد باشد. بنابراین، بررسی روند تغییرات فراوانی و شدت بارش، در کنار مقادیر آن جهت تعیین الگوی توزیع بارش سالانه و فصلی در اراضی مستعد دیم ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: شدت بارش، فراوانی بارش، روند بارش، کشت دیم، استان کردستان

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 چهار (۴۸)
تابستان ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۲/۳۰

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۴/۲۷

صفحات: ۱۳۴-۱۲۷

10.30495/WSRCJ.2023.70827.11337

مقدمه

نتایج مطالعات متعددی نشان داده است که پارامترهای مرتبط با بارش طی قرن گذشته میلادی دچار تغییرات معنی داری شده‌اند و در عرض‌های میانی این تغییرات در مقیاس منطقه‌ای اتفاق افتاده‌اند (Masman et al., 2004). در اکثر این مطالعات تغییرات معنی‌داری در شدت‌های بارش در اثر تغییرات اقلیمی مشاهده شده است. برای مثال، در یک مطالعه روند کلی بارش در ایران کاهشی محاسبه شده است. در حالی که روند بارش‌های با شدت بسیار بالا افزایش یافته است (Jamali et al., 2022). در مطالعه‌ای دیگر در پاکستان، روند تغییر شدت و شکل بارش ماهانه از بارش برف به بارندگی در اثر تغییر اقلیم، یکی از عوامل اصلی خشکسالی در آینده مناطقی از این کشور گزارش شده است (Moazzam et al., 2022).

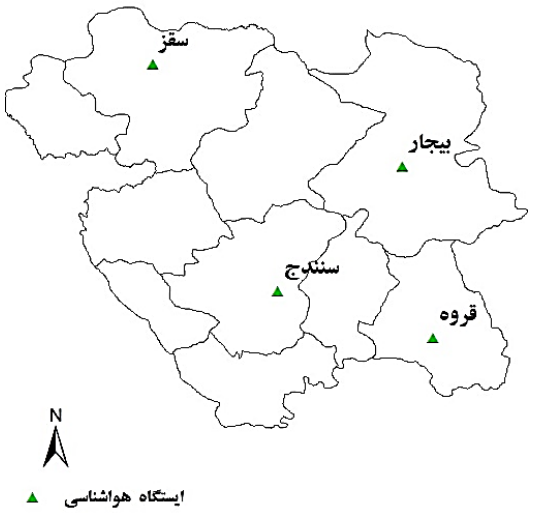
پارامترهای مرتبط با بارش از جمله تاثیرگذارترین پارامترها در عملکرد محصولات دیم در مناطق غربی ایران گزارش شده است (Qaderi et al., 2018). طی دو دهه گذشته، مطالعات متعددی در رابطه با بررسی روند تغییرات بارندگی و تعیین الگوی تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران صورت گرفته است. در اغلب این مطالعات همانند سایر مطالعات در دنیا روند بارش کل سالانه، فصلی و ماهانه در مناطق مختلف کشور بررسی شد (Nazeri Tahrudi et al, 2016; Dargahian and Lotfinasab Asl, 2020; Hanif et al., 2022). این مطالعات با ماهیت هیدرولوژیکی و به منظور شناخت و تحلیل الگوی بارش انجام شده است. بنابراین بارش‌ها با هر شدتی در این مطالعه بررسی شده‌اند. در اکثر این مطالعات مشخص نشده است که کدام مولفه بارش دلیل اصلی کاهش یا افزایش روند بارش در یک منطقه بوده است. اهمیت این موضوع زمانی است که برای مثال دلیل اصلی کاهش روند بارش در یک منطقه افزایش تعداد بارش‌های با شدت کم و خفیف باشد که عملا نمی‌تواند تاثیر چندانی در تامین نیاز آبی کشت دیم داشته باشند. از نقطه نظر کشاورزی، معمولا رخدادهای بارش با شدت کوچکتر از پنج میلیمتر در روز به عنوان بارش بسیار خفیف شناخته شده که نقش چندان موثری در تأمین نیاز آبی گیاه نخواهند داشت. به همین دلیل، در مطالعات تخمین عملکرد کشت دیم معمولا رخدادهای بارشی که کمتر از پنج میلیمتر در روز باشند، به عنوان بارش مؤثر (بارشی که در تامین بخشی از نیاز آبی گیاه موثر است) مد نظر قرار نمی‌گیرد (Goswami et al., 2006; Sohoulande et al., 2019). تا به حال در ایران مطالعات بسیار اندکی در مورد چگونگی تغییرات تعداد روزهای بارانی، شدت بارش و تأثیر آن بر روند بارش کل سالانه و فصلی صورت گرفته است. برای مثال، Katiraei et al. (2007) با استفاده از داده‌های ۳۸ ایستگاه در ایران، روند بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی و شدت بارش روزانه در سطح کشور را تحلیل کردند. این مطالعه نیز با هدف شناخت هیدرولوژیکی الگوی بارش‌های با شدت زیاد برای کنترل سیل و تخریب آن انجام گرفته است.

با توجه به نکات اشاره شده، تعداد زیادی از بارش‌های با شدت کم عملا تاثیر مستقیمی در تامین نیاز آبی کشت دیم نخواهند داشت. بنابراین، بسیاری از رخدادهای بارش را نمی-توان با قطعیت برای کشت دیم مفید به شمار آورد. چنانچه بررسی الگوی توزیع بارش به منظور استفاده در برنامه‌ریزی کشت دیم صورت می‌گیرد لازم است تا علاوه بر تحلیل تغییرات مقدار بارش، روند تغییرات پارامترهای شدت و فراوانی آن نیز مورد بررسی و واکاوی قرار گیرد. بدین ترتیب مشخص خواهد شد که افزایش یا کاهش مقدار بارش در یک منطقه به دلیل تغییرات تعداد بارش‌های با شدت خفیف بوده است یا شدید. علاوبر این، به دلیل اینکه متغیرهای اقلیمی مؤثر در نوسانات عملکرد محصول برای هر منطقه متفاوت است، لازم است تا ارزیابی توان هیدرولوژیکی برای هر گیاه به صورت مطالعات منطقه‌ای صورت پذیرد. در نهایت می‌توان این‌گونه جمع‌بندی کرد که هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش سالانه و فصلی در استان کردستان، به عنوان یکی از مناطق مهم کشت دیم، می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

استان کردستان، به دلیل تنوع اقلیمی، خاک و پوشش گیاهی، از جایگاه خاصی در کشاورزی ایران برخوردار است. این استان یکی از مناطق مستعد کشت دیم به شمار می‌رود. با این وجود تغییرات اقلیمی و افزایش روند خشک‌سالی در ایران روی پارامترهای بارش در این استان نیز تاثیر داشته است. به دلیل اهمیتی که این استان دارد، تحقیق حاضر با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در استان کردستان شامل سنندج، قروه و سقز و بیجار انجام گرفت. دلیل انتخاب ایستگاه‌ها، وجود داده‌های پیوسته و بلندمدت (حداقل ۳۰ ساله) بود. داده‌های هواشناسی مورد استفاده برای انجام پژوهش شامل بارش روزانه در بازه زمانی سال‌های ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ (۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ میلادی) بود و مقادیر آن‌ها از سامانه نیاز آبی گیاهان کشور که توسط موسسه تحقیقات خاک و آب توسعه داده شده است، اخذ شد. سری‌های بارش کل سالانه و فصلی ایستگاه‌های مورد بررسی، محاسبه شد و همگنی آنها با استفاده از روش Pettitt (۱۹۷۹) مورد آزمون قرار گرفت و برای این منظور نرم افزار XLSTAT به کار گرفته شد. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی در سطح استان نمایش داده شده است.



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی

مؤلفه‌های فراوانی و شدت بارش

برای هر ایستگاه، ابتدا سری بارش کل و تعداد روزهای بارانی سالانه و فصلی تهیه شد. تغییر مقدار کل بارش ممکن است مربوط به تغییر در تعداد روزهای بارانی یا تغییر در شدت بارش (در این بررسی منظور از شدت بارش، مقدار بارش روزانه است) یا ترکیبی از این دو باشد. در این مطالعه، ابتدا روند سری بارش کل و فراوانی بارش در مقیاس فصلی و سالانه برای هر ایستگاه محاسبه شد. سپس با استفاده از روش پیشنهادی Karl and Knight (1998) سهم تغییرات هریک از مولفه‌های فراوانی و شدت بارش در تغییر روند بارش کل مشخص شد. به عبارت دیگر مشخص شد که کدام مولفه نقش اصلی در تغییرات مقدار بارش کل را طی دوره مطالعاتی داشته است.

طبق روش پیشنهادی Karl and Knight (1998)، اگر Pe متوسط مقدار بارش روزانه در طول دوره مطالعاتی و bf روند تغییرات تعداد روزهای بارانی باشد، سهم تغییرات تعداد روزهای بارانی در تغییر بارش کل برابر be است:

$$b_e = P_e . b_f \qquad (۱)$$

که در آن bf مثلاً برحسب روز در سال و Pe برحسب میلی متر در روز و be بر حسب میلی متر در سال است. اگر روندهای شدت بارش و تعداد روزهای بارانی همسو باشند، ممکن است باعث روند افزایشی یا کاهشی بزرگی در بارش کل شوند. ولی اگر این دو کمیت تغییراتی مخالف یکدیگر داشته باشند روند بارش کل ممکن است بسیار جزئی یا صفر باشد. در این روش برای محاسبهٔ سهم روند ناشی از تغییر شدت بارندگی bi از رابطهٔ زیر استفاده شده است:

$$b_i = b - b_e \qquad (۲)$$

که در آن، bi سهم تغییرات ناشی از روند شدت بارش روزانه در مقدار بارش (میلی‌متر در روز) و b روند بارش کل سالانه یا فصلی (میلی‌متر در روز) است.

نکته مهمی که وجود دارد این است که روابط (۱) و (۲) برای توصیف مناسب ماهیت مولفه‌های بارش لازم اما کافی نیستند. به عبارت دیگر، با استفاده از تنها این روابط نمی‌توان با قطعیت تغییرات روند بارش کل را به تغییر در تعداد روزهای با بارندگی بسیار شدید یا خفیف نسبت داد. از آن‌جایی که هدف این مطالعه بررسی تاثیر این مولفه‌ها در مقدار بارش مناسب اراضی دیم است و بارش‌های با شدت خفیف (کمتر از پنج میلیمتر) نقش موثری در تامین نیاز آبی گیاهان دیم ندارند، بنابراین، روند بارش برای بارش‌های با شدت کمتر از پنج میلیمتر نیز محاسبه شد. برای هر ایستگاه روزهای بارانی دورهٔ آماری به ترتیب صعودی مرتب و بخشی از داده‌های بارش روزانه با شدت کمتر از پنج میلیمتر تفکیک و روند آن‌ها در مقیاس بارش سالانه و فصلی بررسی گردید. سپس کلیه نتایج در کنار یکدیگر تحلیل و بررسی شدند تا دلیل اصلی تغییرات بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص شوند.

آزمون‌های روندیابی

برای تعیین وجود روند در هر یک از سری‌های بارش کل و فراوانی روزهای بارانی در هر ایستگاه و برای هر فصل و سال، از آزمون ناپارامتریک من-کندال و برای تعیین اندازه شیب روند از آزمون ناپارامتریک تخمینگر شیب Sen استفاده شد. آزمون من-کندال به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می‌شود. وابسته نبودن به توزیع آماری خاصی و اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی از مزایای استفاده از این روش است (Turgay and Ercan, 2005). در این روش، آماره Z از آزمون من- کندال بدست می‌آید و در آزمون دو طرفه روند، اگر قدر مطلق آن در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد به ترتیب کوچکتر از ۱/۶۵، ۱/۹۶ و ۲/۵۸ باشد باید فرضیه H0 (قبول تصادفی بودن سری داده‌ها) را پذیرفت و در غیر این صورت باید فرضیه H1 (وجود روند در داده‌ها) را قبول کرد. جزئیات بیشتر در مورد این آزمون و آماره‌های آن در منابع مختلف آمده است (Salmi et al., 2002).

آزمون ناپارامتریک تخمینگر شیب Sen از توسعه یک سری مطالعات آماری که Thiel (1950) به انجام رسانده بود جهت تحلیل سری‌های زمانی پیشنهاد شد. همانند روش من-کندال، این روش نیز از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می-گیرد و نقاط قوتی که در روش من-کندال ذکر گردید، در این روش نیز وجود دارد. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده

در سطوح اعتماد مختلف می‌باشد. شرح کامل آزمون و مراحل آن در مطالعات مشابه ارائه شده است (Da Silva et al., 2015).

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که سری‌های بارش کل سالانه و فصلی مورد استفاده در این مطالعه در هر چهار ایستگاه همگن بودند. نتایج بدست آمده از آزمون روندیابی، کاهش بارش کل سالانه در هر چهار ایستگاه مورد بررسی طی سال‌های مورد مطالعه در سطح اطمینان ۹۰٪ را نشان می‌دهد. روند کاهشی در چهار ایستگاه در حدود ۲۵ تا ۳۱ درصد بارش کل سالانه نسبت به میانگین دوره مورد مطالعه بود (جدول ۱). اعداد محاسبه شده برای آماره‌های آزمون Sen نشان می‌دهند که حداقل و حداکثر کاهش بارش کل سالانه در ایستگاه‌ها برابر ۲/۸۶ تا ۴/۵۵ میلی-متر در سال به ترتیب متعلق به قروه و سقز بود. شدت کاهش بارش در ایستگاه‌های سقز و سنندج بیشتر از قروه و بیجار بود.

جدول ۱. تغییر بارش سالانه برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

دوره	ایستگاه	تغییر بارش کل (b)	سهم ناشی از تغییر فراوانی (be)	سهم ناشی از تغییر شدت (bi)
سالانه	سنندج	-۲۸/۷۴*	۱۸/۸۳*	-۴۷/۵۷
	بیجار	-۲۵/۵۷*	-۱۰/۶۷	-۱۴/۸۹
	قروه	-۲۵/۲۷*	۲۱/۸۵*	-۴۷/۱۲
	سقز	-۳۱/۱۲*	-۲/۹۳	-۲۸/۱۹

*، ** و *** به ترتیب در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنی دار است.

جدول ۲. تغییر بارش فصلی برحسب درصدی از میانگین بارش طی دوره مورد مطالعه

دوره	ایستگاه	تغییر بارش کل (b)	سهم ناشی از تغییر فراوانی (be)	سهم ناشی از تغییر شدت (bi)
بهار	سنندج	-۴۰/۳۷*	۴۲/۵۱*	-۸۲/۸۷
	بیجار	-۴۶/۹۴*	-۳۱/۶۱*	-۱۵/۳۳
	قروه	-۴۴/۳۵*	۳۵/۳۴*	-۷۹/۶۹
	سقز	-۷۱/۸۶*	۰	-۷۱/۸۶
تابستان	سنندج	۱	۹۵/۷۴**	-۹۴/۷۴
	بیجار	-۱/۵۴	۰	-۱/۵۴
	قروه	-۳۸/۸۲*	۴۰/۷۶	-۷۹/۵۸
	سقز	-۵۷/۹۲×	۰	-۵۷/۹۲
پاییز	سنندج	۳۰/۰۵	۳۷/۸۹	-۷/۸۴
	بیجار	۲۴/۶۱	۳۴/۰۵*	-۹/۴۵
	قروه	۱۹/۱۱	۳۴/۶۷*	-۱۵/۱۱
	سقز	۱۱/۲۷	۳۲/۶۱*	-۲۱/۳۴
زمستان	سنندج	- ۵۲/۶۱***	-۱۷/۸۷*	-۳۴/۷۳
	بیجار	-۳۱/۶۳*	-۲۳/۸۳*	-۷/۸۰
	قروه	-۴۵/۳۰**	-۶/۶۸	-۳۸/۶۲
	سقز	- ۴۹/۶۹**	-۱۹/*	-۳۰/۴۲

*، ** و *** به ترتیب در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنی دار است.

مطالعات قبلی در طول سال‌های متفاوت نیز روند کاهشی بارش سالانه در منطقه غرب کشور را گزارش داده بودند (Nazeri Tahrudi et al, 2016; Maroufi et al., 2012; Alijani et al., 2012). علاوه بر این، روند تغییرات تعداد روزهای بارانی در ایستگاه‌های سنندج و قروه افزایش معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۰٪ داشته است. شیب خط بدست آمده از آزمون Sen حاکی از افزایش تعداد روزهای بارانی با شیب ۰/۵۴ و ۰/۶۳ روز در سال به ترتیب در ایستگاه‌های سنندج و قروه بود.

در جدول ۱و ۲ مقدار روند تغییرات بارش کل b، مقدار روند تغییر تعداد روزهای بارانی be و روند تغییر شدت بارش روزانه bi، برحسب درصدی از میانگین بارش کل سالانه و فصلی در طول دورهٔ آماری برای چهار ایستگاه مورد بررسی، ارائه شده است. مقادیر be و bi بر اساس روابط ۱ و ۲ محاسبه شده‌اند. به عنوان مثال، نتایج بررسی ردیف اول در جدول ۱ حاکی از آن هستند که بارش کل سنندج در طول دوره مطالعاتی ۲۸/۷۴- درصد کاهش داشته است که سهم عمده روند منفی بارش در ایستگاه سنندج به دلیل کاهش شدت بارش‌ها (بیش از ۴۷ درصد) طی سال‌های مورد مطالعه بوده است. به عبارت دیگر، چون روند ناشی از تعداد روزهای بارانی افزایشی (بیش از ۱۸ درصد) بوده است، سهم شدت بارش روزانه روند کاهشی با قدر مطلق بزرگ تر از بارش کل را نشان می‌دهد. برای درک بهتر، این تغییرات در شکل ۲ برای ایستگاه‌های مختلف نشان داده شده است. تاثیر کاهش شدت بارش در کاهش مقدار بارش سالانه ایستگاه قروه نیز مشخص است. از طرف دیگر، در ایستگاه-های بیجار و سقز کاهش تعداد و شدت بارش باهم اتفاق افتاده است. اما سهم هریک از آن‌ها در کاهش مقدار بارش متفاوت است. روند تغییرات تعداد روزهای بارانی در مطالعات قبلی در ایستگاه سنندج کاهشی گزارش شده بود (Katiraei et al., 2007). علی-رغم اینکه طی سه دهه اخیر فراوانی بارش در ایستگاه سنندج و قروه افزایش یافته است، اما چون مقدار بارش کل در این ایستگاه‌ها روندی کاهشی داشته است، می‌توان نتیجه گرفت که شدت بارش در این سال‌ها کم شده است. با این روش می‌توان تغییرات پارامترهای بارش برای سایر ایستگاه‌ها را تحلیل کرد. اما هنوز مشخص نیست که افزایش یا کاهش تعداد روزهای بارانی برای کدام گروه از بارش‌های شدید یا خفیف بوده است.

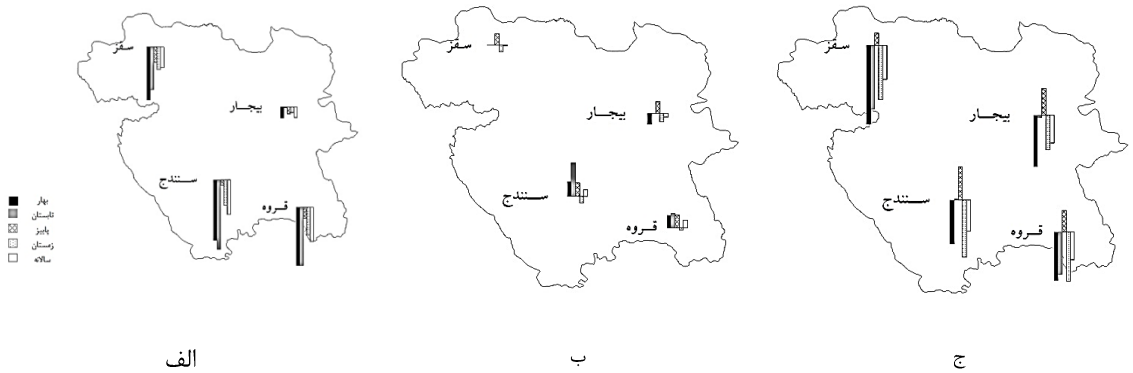
علاوه بر این، در جدول ۲ نیز پارامترهای بارش برای دوره فصلی در ایستگاه‌ها گزارش شده است. شیب تغییرات مقدار بارش در فصل‌های بهار، تابستان و زمستان برای اکثر ایستگاه-های مورد بررسی کاهشی بود که روند این تغییرات با استفاده از روش من-کندال معنی دار بود. از طرف دیگر شیب تغییرات مقدار بارش در فصل پاییز برای همه ایستگاه‌ها افزایشی بود اما این تغییرات بر اساس آزمون من-کندال معنی دار نبود. با

بررسی شیب تغییرات بارش کل و تعداد روزهای بارانی مشخص است که شدت بارش ایستگاه‌ها در همه فصل‌ها کاهش یافته است. در ایستگاه سنندج و قروه این کاهش شدت بارش عمدتا با افزایش تعداد بارش همراه بوده است. در این شرایط، شدت بارش سهم بیشتری در کاهش مقدار بارش این ایستگاه‌ها داشته است. این نتایج نشان می‌دهند که پارامترهای بارش در فصل بهار و زمستان نقش بیشتری در شکل‌گیری پارامترهای بارش سالانه داشته‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دلیل اصلی کاهش بیش از ۴۰ درصدی مقدار بارش فصل بهار و زمستان ایستگاه‌های سنندج، قروه و سقز در طول دوره مطالعاتی، کاهش شدت بارش بوده است. Alijani et al. (2012) نیز گزارش دادند که روند بارش زمستانه طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۷ در سنندج کاهشی بوده است و تاثیر مستقیمی در ایجاد روند کاهشی بارش سالانه در این ایستگاه داشته است. روند فراوانی بارش در فصل زمستان کاهشی و تقریبا در سایر فصول افزایشی یا صفر بود. شکل ۲ به طور مشخصی تغییرات مقداربارش سالانه و سهم تعداد و شدت بارش روزانه در این تغییرات را برای هر ایستگاه طی سال‌های مورد مطالعه نمایش می‌دهد.

چنانچه روند افزایشی تعداد بارش‌ها در ایستگاه سنندج و قروه، و فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مربوط به بارش‌های خفیف کمتر از پنج میلیمتر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مقدار بارش موثر برای اراضی دیم در این ایستگاه‌ها و فصول عملا کاهش داشته است. همچنین مشخص شده بود که شدت بارش در همه ایستگاه‌ها روندی کاهش داشته است. برای اطمینان از این موضوع، آماره‌های آزمون من- کندال و Sen این بار برای بارش‌های با شدت کمتر از پنج میلی‌متر در روز در مقیاس سالانه و فصلی محاسبه شدند که در جدول ۳ فقط نتایج در مقیاس سالانه آن ارائه شده‌اند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که مقدار بارش کل این گروه در ایستگاه‌های مورد بررسی تغییر معنی‌داری نداشته است. در حالی که، تعداد رخدادهای سالانه این گروه بارشی در دو ایستگاه سنندج و قروه افزایش معنی داری داشته است. به عبارت دیگر، بخشی از روند افزایشی فراوانی بارش در این ایستگاه‌ها مربوط به بارش‌های با شدت کمتر از پنج میلیمتر بوده است. با توجه به نتایج بخش قبلی می‌توان اینگونه تحلیل کرد که به طور کلی نه تنها مقداربارش سالانه در دو ایستگاه سنندج و قروه روند کاهشی داشته است بلکه تعداد بارش‌های با شدت کمتر از پنج میلی‌متر در این ایستگاه‌ها افزایش داشته است. به عبارت دیگر، در این ایستگاه‌ها سهم بارش با شدت کمتر از پنج میلی‌متر در روز افزایش داشته است.

در مقیاس فصلی، مقدار بارش‌های با شدت کمتر از پنج میلی‌متر در روز فقط در فصل زمستان و در ایستگاه‌های سنندج و قروه کاهش معنی‌داری داشته است. با توجه به نتایج قبلی مشخص است که مقداری از کاهش مقدار بارش در فصل زمستان در این دو ایستگاه مربوط به کاهش مقدار این گروه بارشی است. با این وجود، تعداد رخدادهای این گروه در فصل بهار و تابستان برای دو ایستگاه سنندج و قروه افزایش معنی داری داشته است. علاوه بر این، تعداد رخدادهای این گروه، برای ایستگاه قروه در پاییز و ایستگاه بیجار در زمستان نیز افزایش داشته است. این نتایج حاکی از آن هستند که بخش قابل توجهی از افزایش تعداد بارش‌های مهم بهاری در دو ایستگاه سنندج و قروه، دارای شدت کمتر از پنج میلی‌متر بوده است که در تامین نیاز آبی گیاه نمی‌تواند چندان تاثیر گذار باشد. این پدیده برای بارش‌های پاییزی در ایستگاه قروه نیز اتفاق افتاده است.

جمع‌بندی نتایج این مطالعه و مطالعات پیشین نشان می‌دهند که در طول نیم قرن گذشته در منطقه غربی ایران روند بارش با کاهش مواجه بوده است و یکی از دلایل اصلی آن تغییرات اقلیمی می‌باشد. به همین ترتیب کاهش شدت بارش و افزایش بارش‌های خفیف نیز می‌تواند از اثرات جانبی همین تغییرات اقلیمی باشد. برای مثال، اینکه صرفا روند کاهشی یا افزایشی بارش در یک منطقه مشخص شود نمی‌تواند پارامتر کافی برای تصمیم‌گیری و مدیریت آب سبز در مناطق دیم باشد.



الف ب ج

شکل ۲. نقش تغییرات شدت (الف) و فراوانی (ب) در روند مقدار بارش سالانه و فصلی (ج) در هر ایستگاه طی دوره مورد مطالعه.

جدول ۳. آماره‌های آزمون من-کندال و سن در تحلیل روند مقدار و فراوانی بارش‌های سالانه با شدت کمتر از پنج میلی‌متر در روز

دوره	ایستگاه	مقدار Q (mm/year)	فراوانی Q (day/year)	مقدار B (mm)	فراوانی B (day)	مقدار Z	فراوانی Z
سالانه	سنندج	-۰/۲۴	۰/۶۰	۷۴/۷۰	۵۳/۶۰	-۰/۵۰	۲/۴۵**
	بیجار	-۰/۱۱	-۰/۱۴	۸۵/۰۳	۷۲/۸۶	-۰/۶۸	-۰/۷۷
	قروه	-۰/۲۵	۰/۸۰	۷۶/۵۹	۵۳/۲۰	-۰/۷۹	۲/۴۵**
	سقز	-۰/۰۲	۰/۱۱	۸۶/۸۸	۵۶/۲۸	۰/۰۰	۰/۵۹

*، ** و *** به ترتیب در سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنی دار است

ممکن است در این مناطق روند مقدار بارش سالانه تغییر معنی داری نداشته باشد اما فراوانی بارش‌های با شدت خفیف در طول فصل کشت افزایش یافته باشد. بنابراین به احتمال بسیار زیادی مقدار بارش موثر گیاهان دیم نیز کاهش یافته است. همانطور که نشان داده شد، روند تغییرات هر کدام از مولفه‌های بارش، شدت و زمان تغییرات می‌توانند در تصمیم-گیری و مدیریت این مناطق بسیار موثر باشند. بنابراین توصیه می‌گردد روند تغییرات این مولفه‌ها در کنار بارش کل مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، اثر تغییرات فراوانی و شدت بارش در روند تغییرات بارش سالانه و فصلی برای چهار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سنندج، بیجار، قروه و سقز در استان کردستان بررسی شد. نتایج روندیابی روند کاهشی بین ۲۵ تا ۳۱ درصد بارش کل سالانه نسبت به میانگین دوره مورد مطالعه در چهار ایستگاه را نشان دادند که این کاهش در اکثر موارد مربوط به فصل‌های بهار، تابستان و زمستان بود. همچنین، روند تغییرات تعداد روزهای بارانی در ایستگاه‌های سنندج و قروه افزایش معنی‌داری داشتند و این افزایش مربوط به بارش‌های بهاری با شدت کمتر از پنج میلی‌متر بوده است که در تامین نیاز آبی گیاه تاثیر چندانی نخواهد داشت. همچنین مشخص شد که شدت بارش نیز در همه ایستگاه‌ها با کاهش مواجه بوده است. در واقع، دلیل اصلی کاهش بیش از ۴۰ درصدی مقدار بارش فصل بهار و زمستان ایستگاه‌های سنندج، قروه و سقز در طول دوره مطالعاتی، کاهش شدت بارش بوده است. این نتایج ضرورت تحلیل مولفه‌های بارش در کنار بررسی روند مقادیر سالانه و فصلی در مناطق کشت دیم را نشان می‌دهد.

Reference:

Alijani, B., Mahmoudi, P., & Chogan, AJ. (2012). Investigating the trend of annual and seasonal rainfall changes in Iran using the non-parametric method "Sense slope estimator". Climatology Research, 3(9), 23-42 [In Persian].

Dargahian, F., & Lotfinasab Asl, S. (2020). Temporal and spatial variations of precipitation trend in basins leading to Khuzestan province dust sources. Iran Nature, 5(3), 59-67. doi: 10.22092/irn.2020.122115 [In Persian].

Da Silva, R.M., Santos, C.A., Moreira, M., Corte-Real, J., Silva, V.C. and Medeiros, I.C., 2015. Rainfall and river flow trends using Mann–Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. Natural Hazards, 77, pp.1205-1221.

Gong, D. Y., Shi, P. J., and Wang, J. A., 2004, Daily precipitation changes in the semi-arid region over northern China , J. Arid Environ., 59, 771-784.

Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodanan, M.S., Xavier, P.K., (2006). Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment. Science 314 (5804), 1442–1445.

Hanif, M.F., Mustafa, M.R.U., Liaqat, M.U., Hashim, A.M. and Yusof, K.W., 2022. Evaluation of Long-Term Trends of Rainfall in Perak, Malaysia. Climate, 10(3), p.44.

Jamali, M., Gohari, A., Motamedi, A. and Haghighi, A.T., 2022. Spatiotemporal Changes in Air Temperature and Precipitation Extremes over Iran. Water, 14(21), p.3465.

Karl, T.R. and Knight, R.W., (1998). Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. Bulletin of the American Meteorological society, 79(2), pp.231-242.

Katiraei, PS., Hejam, S .& Irann ejad, P. (2007). The contribution of changes in the frequency and intensity of daily precipitation in the precipitation trend in Iran during the period from 1960 to 2001. Journal of Earth and Space Physics, 33(1), 67-83 [In Persian].

Lanzante, J. R., (1996), Resistant, roubust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examples including applications to historical radiosond station data, Int. J. Climatol., 16, 1197-1226.

Maroufi, S., Tabari, H., Aeeni, A., & Marofi, H. (2012). Investigating Temporal Trends and Spatial Characteristics of Rainfall and Meteorological Drought in the West of Iran during the Last Few Decades. Journal of Water Science & Engineering, 1(3), 55-72 [In Persian].

Masman, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J. D., Sanchez, J. L., 2004, Detection of statistically significant trends in the summer precipitation of main land Spain, Atmos. Res., 70, 43-53.

Moazzam, M.F.U., Rahman, G., Munawar, S., Tariq, A., Safdar, Q. and Lee, B.G., 2022. Trends of rainfall variability and drought monitoring using standardized precipitation index in a scarcely gauged basin of northern Pakistan. Water, 14(7), p.1132.

Nazeri Tahrudi, M., Khalili, K., & Ahmadi, F. (2016). Spatial and Regional Analysis of Precipitation Trend over Iran in the Last Half of Century. Water and Soil, 30(2), 643-654. doi: 10.22067/jsw.v30i2.39130 [In Persian].

Qaderi N, Alijani B, hejazizadeh Z, saligheh M. (2018). Spatial modeling of rainfed wheat yield using agroclimaticmicrozonation in Kurdistan. Journal title; 18 (48) :1-19 [In Persian].

Pettit, A.N. (1979). A non-parametric approach to the change-point detection. Applied Statistics, 28(2): 126-135.

Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P. & Ruoho, T, Amnell, T (2002). Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel template application MAKESENS. Publications on Air Quality No. 31: Report code FMI-AQ-31.

Sohoulande, C.D., Stone, K., Szogi, A. and Bauer, P., (2019). An investigation of seasonal precipitation patterns for rainfed agriculture in the Southeastern region of the United States. Agricultural Water Management, 223, p.105728.

Thiel, H (1950). A Rank-invariant Method of Linear and Polynomial Regression Analysis, Part 3. Proceedings of Koninalijke Nederlandse Academic van Weinenschatpen A. 53:1397-1412.

Turgay, P. & Ercan K (2005). Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological processes published online in Wiley Interscience (www.Interscience.wiley.com).