



## بررسی روند برخی پارامترهای اقلیمی در سه استان ساحلی جنوب ایران و شناسایی مناطق دارای بیشترین تأثیرپذیری از تغییر اقلیم

هدا بلوکی<sup>۱</sup>، مهدی فاضلی<sup>۲\*</sup>، مهدی شریف‌زاده<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی عمران دانشگاه یاسوج

آستادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه یاسوج

آستادیار گروه ریاضی دانشگاه یاسوج

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۵

### چکیده

تغییر اقلیم و گرمایش جهانی به عنوان مهم‌ترین معضل زیست محیطی در حال وقوع است. بررسی روند متغیرهای هواشناسی با هدف آشکارسازی تغییر اقلیم در هر منطقه ضروری است. در این پژوهش، روند متغیرهای مربوط به دما (کمینه، کمینه مطلق، بیشینه، بیشینه مطلق و میانگین) و بارش (بارش کل، فراوانی روزهای همراه با بارش و بیشینه بارش روزانه) در مقیاس زمانی سالانه مورد بررسی قرار گرفت. بررسی روند با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و شیب سن در ۱۵ ایستگاه همدید استان‌های هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان که در بازه زمانی ۲۰۱۹-۱۹۸۷ دارای آمار کامل بودند، انجام شد. سپس نقشه‌های پهنه‌بندی روند تغییرات متغیرهای اقلیمی در نرم‌افزار Arc GIS تهیه شد. نتایج نشان داد ۳ متغیر دمایی شامل: کمینه، بیشینه و میانگین دما در بیش‌تر مساحت منطقه، روند افزایشی معنی‌دار داشته‌اند. فراوانی وقوع روند افزایشی معنی‌دار مربوط به متغیرهای دما برای هر ایستگاه نشان داد که ایستگاه‌های بندرعباس، جزیره کیش، زاهدان، زابل و ایرانشهر از ۵ روند دمایی مورد بررسی، در ۴ مورد روند افزایشی معنی‌دار داشته‌اند. بارش کل در منطقه بدون روند معنی‌دار، بیشینه بارش ۲۴ ساعته تنها در ایستگاه بوشهر-ساحلی روند افزایشی معنی‌دار و فراوانی روزهای همراه با بارش در بوشهر-ساحلی روند کاهش‌ی معنی‌دار داشته است. نتایج حاصل از آزمون شیب سن نشان داد که در طول ۳۳ سال بیش‌ترین میزان تغییر متغیرهای دمایی، مربوط به کمینه مطلق، به میزان ۳/۵۹ درجه سانتی‌گراد و در جزیره کیش بوده است. بیشینه بارش در بوشهر-ساحلی ۱۶/۵ میلی‌متر افزایش و فراوانی روزهای همراه با بارش ۱۱ روز کاهش داشته است.

**واژه‌های کلیدی:** تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، استان‌های ساحلی جنوب ایران، من-کندال، شیب سن

### مقدمه

جهانی بر طوفان، برف، تگرگ، بارش سنگین، سیل، شب‌نم شبانه، گرما و سرما، خشکسالی، محیط زیست، رفاه انسان، سامانه‌های اجتماعی و اقتصادی، برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب تأثیر زیادی دارد. شرایط اقلیمی در تمام دنیا در حال تغییر است که این خود باعث به وجود آوردن نگرانی‌هایی در مورد تأثیرات این تغییرات به ویژه تغییر در شدت و فراوانی وقایع حدی شده است. سازگاری موارد ذکر شده نیاز به تغییراتی در زیرساخت‌ها، راهکارها و فعالیت‌های مربوط به مدیریت

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین بحران‌های قرن بیست و یکم است که تمام جنبه‌های زندگی بشر را تحت تأثیر قرار داده است ( Fallahi Khoshji & Akbary, 2020:11). کارشناسان تغییرات اقلیمی چنین تغییراتی را به افزایش مداخلات انسانی در محیط طبیعی نسبت می‌دهند ( Atta-ur-Rahman & Dawood, 2017:783). تغییرات اقلیمی و گرمایش

\*نویسنده مسئول: fazeli@yu.ac.ir

که تغییرات اقلیم را سزاوار توجه مبرم و اصولی خود قرار می‌دهد، زیرا این امر در تأمین منابع غذایی تأثیر می‌گذارد (Singh et al., 2008:2982).

دو عنصر دما و بارش با سایر عناصر آب و هوایی مانند رطوبت موجود در جو، تشعشع خورشیدی، وزش باد، تبخیر و تعرق در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم می‌باشند و فرآیندهای آب و هوایی را کنترل می‌کنند. از این رو اطلاع از روند تغییرات این دو متغیر برای مدیریت منابع آب و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری محصولات باغی و زراعی در هر منطقه یک پیش شرط ضروری است (امیرزائییه و همکاران، ۱۳۹۵:۷۹۷). در راهکارهای کلان مدیریتی، طراحی تأسیسات زیربنایی و سازه‌های آبی و برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب، متغیرهای هیدرولوژیک به صورت ایستا و تصادفی که از یک توزیع احتمالاتی معین تبعیت می‌کنند، در نظر گرفته می‌شوند؛ در حالی که روند سری‌های هیدرولوژیکی به علت تغییرات اقلیمی ممکن است تغییر کند. در نتیجه با وجود چنین تغییراتی استفاده از روش‌های آماری برای طراحی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها با فرض ثابت بودن خصوصیات آماری سری‌ها، باعث عدم موفقیت پروژه خواهد شد (بردی شیخ و همکاران، ۱۳۸۸:۲۹).

اثبات وجود روند معنی‌دار در سری زمانی مربوط به یک منطقه، فرض رخداد تغییر اقلیم را در آن منطقه تقویت می‌کند (ابلاغیان و همکاران، ۱۳۹۸:۲۰۰). اگر یک رابطه معنی‌دار (مثبت یا منفی) بین مشاهدات و زمان وجود داشته باشد، یک سری زمانی دارای روند است (Isioma et al., 2018:17). کشف روند به طور گسترده برای ارزیابی پیامدهای احتمالی تغییر اقلیم و تغییرپذیری متغیرهای اقلیمی در مناطق مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته است. انواع مختلف روند در هر متغیر پیامدهای مختلفی را در مورد منابع آب تفسیر می‌کند (Alli et al., 2019:77). مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین یک متغیر از اهمیت بسیار بالایی در وقایع هیدرولوژیکی، هواشناسی و اقلیم‌شناسی برخوردار است. علاوه بر این، این مقادیر برای تصمیم‌گیری در

منابع آب دارد. بنابراین باید تأثیرات تغییرات اقلیمی شناخته و ارزیابی شود تا بتوان آن‌ها را در آینده تحت کنترل قرار داد (صبوحی و همکاران، ۱۳۹۸:۱۱۳). نگرانی در مورد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی توسط جوامع بین‌المللی، سازمان‌های دولتی و غیردولتی مورد توجه دانشمندان آب‌وهوایی قرار گرفته است که منجر به مطالعات متعددی در مورد آشکارسازی روند اقلیم در مقیاس‌های جهانی، نیمکره‌ای و منطقه‌ای شده است. امروزه مطالعه تغییرپذیری دما در طولانی مدت مورد توجه ویژه محققان قرار گرفته است، زیرا دما بر فعالیت‌های انسانی در همه حوزه‌ها تأثیر می‌گذارد. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، عمدتاً به دلیل فعالیت‌های انسانی مانند جنگل‌زدایی، سوزاندن سوخت‌های فسیلی و تبدیل کاربری زمین به مصارف شهری که عمدتاً با رشد سریع جمعیت همراه است یکی از دلایل گرم شدن آب و هوا و تغییر اقلیم است (Safari, 2012:538). افزایش دما سیستم هیدرولوژیکی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین منجر به وقوع امواج گرمایی، بروز بیماری و تلفات در بین جمعیت‌های آسیب‌پذیر، تسریع ذوب برف و یخچال‌های طبیعی در تابستان، ایجاد تغییر در الگوی بارندگی، افزایش تبخیر و تعرق و موارد دیگر می‌شود (Atta-ur-Rahman & Dawood, 2017:783). در دمای حدی نیز می‌تواند باعث افزایش مرگ و میر، افزایش تقاضا برای انرژی، کاهش تنوع زیستی و آسیب به محصولات شود (Fallahi Khoshji & Akbary, 2020:11). بارش در مطالعات مرتبط با هیدرولوژی و منابع آب از جنبه‌های مختلفی مانند تأثیر آن در تولید رواناب، تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی، ایجاد سیلاب‌ها با مکانیزم‌های مختلف، وقوع خشکسالی، مطالعات بیلان هیدرولوژیکی، تغییرات در ورودی مخازن و سدها و بسیاری از موارد دیگر مورد توجه می‌باشد (سالاری‌جری، ۱۳۹۶:۱۴۴). ترکیبی از افزایش بیشینه بارش و کاهش تعداد روزهای بارانی، احتمال افزایش شدت سیل را نشان می‌دهد. اگرچه موضوع تغییرات اقلیم بسیار گسترده است، تغییر الگوی بارش موضوعی است

باد و بارش دارای روند منفی و پارامترهای بیشینه دما و بیشینه سرعت باد دارای روند مثبت بوده‌اند. (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹:۱۵۵) به بررسی روند تغییرات بارش و دما در مقیاس سالانه، در یک دوره آماری ۳۰ ساله از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ در ایستگاه‌های همدید ایران و کشورهای منطقه که در دهه‌های اخیر با بحران خشک‌سالی و گردوغبار مواجه بوده‌اند، با استفاده از آزمون‌های من-کندال، شیب سن و رگرسیون خطی پرداختند. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه به‌طور کلی بارش دارای روند کاهشی و دما دارای روند افزایشی است که در تعدادی از ایستگاه‌ها این روندهای کاهشی و افزایشی معنی‌دار شده است. همچنین روند تغییرات بارش نسبت به تغییرات دما شدیدتر و مشخص‌تر بوده است.

(علیچانی و همکاران، ۱۳۹۱:۲۳) روند سری زمانی بارش ۴۴ ایستگاه هواشناسی ایران را در یک دوره آماری ۳۳ ساله (۱۹۷۶-۲۰۰۸)، در مقیاس فصلی و سالانه، با استفاده از آزمون شیب سن بررسی کردند. نتایج در سطح احتمالاتی ۰/۰۵ نشان داد برای بارش در مقیاس فصلی و برای فصل‌های تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب ۳ ایستگاه ۱ ایستگاه و ۵ ایستگاه دارای روند افزایشی معنی‌دار و در مقیاس سالانه ۱۱ ایستگاه دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده‌اند. (احمدی و رادمنش، ۱۳۹۳:۸۵۵) به بررسی روند متوسط دمای ۱۸ ایستگاه سینوپتیک در منطقه نیمه شمالی ایران، در مقیاس ماهانه و سالانه، از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰، با استفاده از دو آزمون من-کندال و تخمین‌گر شیب سن پرداختند. نتایج نشان داد در مقیاس ماهانه تعداد ماه‌های با روند افزایشی از تعداد ماه‌های با روند کاهشی بیش‌تر بوده است. همچنین در مقیاس سالانه ۱۱ ایستگاه روند افزایشی معنی‌دار و ۱ ایستگاه روند کاهشی معنی‌دار داشته و در کل دمای منطقه مورد مطالعه در ۵۰ سال اخیر ۱/۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. پژوهش‌های دیگری نیز وجود دارد که از هر دو آزمون من-کندال و شیب سن برای بررسی روند متغیرهای مختلف استفاده کرده‌اند. (آروین و همکاران،

مورد پارامترهای مختلف طراحی بر اساس جنبه‌های علمی و کاربردهای واقعی در همه جای دنیا استفاده می‌شود (Ay & Özyıldırım, 2017:66). در این پژوهش به بررسی روند پارامترهای دما (کمینه، کمینه مطلق، بیشینه، بیشینه مطلق، میانگین) و بارش (بارش کل، بیشینه بارش روزانه، فراوانی روزهای همراه با بارش) در مقیاس زمانی سالانه پرداخته می‌شود. مطالعات اخیر حاکی از آن است که تجزیه و تحلیل متغیرهای آب و هوایی باید در مقیاس محلی انجام شود تا در مقیاس بزرگ یا جهانی، زیرا روند و تأثیرات آن‌ها ممکن است از یک مکان به مکان دیگر متفاوت باشد (Isioma et al., 2018:17). آگاهی از رفتار آب و هوایی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک برای بهینه‌سازی مدیریت منابع آب مورد نیاز است. برای بهینه‌سازی سازه‌های هیدرولیکی، باید از رفتار اقلیمی منطقه مورد نظر آگاهی پیدا کرد؛ زیرا نقش آن در مدیریت منابع آب در کوتاه مدت، میان مدت و بلند مدت بسیار مهم است (Da Silva et al., 2015:1206). منطقه مورد مطالعه در این پژوهش ایستگاه‌های همدید سه استان هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان است و مطالعه به صورت پهنه‌ای انجام می‌شود. در بیش‌تر پژوهش‌های انجام شده مطالعات به صورت نقطه‌ای (یک یا چند ایستگاه همدید) صورت گرفته و کمتر پژوهشی به صورت پهنه‌ای انجام شده است. مطالعات پهنه‌ای از قطعیت بالاتری برخوردار هستند (عساکره و همکاران ۱۳۹۸:۱۰۴). همچنین در این پژوهش سعی شده مناطقی که فراوانی وقوع روند معنی‌دار در آن‌ها بیش‌تر است، شناسایی شوند.

### بیشینه تحقیق

(فرج‌زاده و الهی، ۱۳۹۹:۵۲) روند میانگین، کمینه و بیشینه دما، سرعت و جهت باد و میانگین بارش ایستگاه سندنجد را، طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۷، با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد پارامترهای میانگین دما، کمینه دما، میانگین سرعت باد، کمینه سرعت باد، میانگین جهت

هیچ روند معنی‌داری در بارندگی‌های فصلی و سالانه در ۳۰ سال گذشته وجود ندارد، در حالی که میانگین و بیشینه دما در مقیاس سالانه روند افزایشی معنی‌دار داشته است. به‌علاوه، کمینه دمای سالانه از نظر آماری روند افزایشی معنی‌دار نشان نداده است. (Mondal et al., 2020:19) به تجزیه و تحلیل روند دما و بارش دو ایستگاه هواشناسی در منطقه تپه‌ای شمال شرقی بنگلادش طی دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۶ با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد که دما در فصل موسمی، در هر دو ایستگاه هواشناسی در سطح اطمینان ۹۹/۹ درصد دارای روند افزایشی معنی‌دار بوده است. در مقیاس زمانی ماهانه، روند در بیش‌تر ماه‌ها افزایشی معنی‌دار بوده است. در مورد بارش، روند در بیش‌تر ماه‌ها و فصل‌ها کاهش یافته اما معنی‌دار نبوده است. (Shin, 2020:125) روند بارش ماهانه و سالانه و بیشینه بارش ماهانه در حوضه سد آندونگ<sup>۳</sup> را برای ۴۲ سال از ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۸، با استفاده از آزمون من-کندال بررسی کرد. نتایج نشان داد که میزان بارش در ماه اکتبر و بیشینه بارش در ژوئیه با توجه به سطح معنی‌دار ۵٪ روند افزایشی دارد. علاوه بر این، بیشینه بارش در ماه اوت با توجه به سطح معنی‌دار ۱۰٪ روند کاهش یافته را نشان داده است. (Othman et al., 2016:63) روند وقوع بارندگی شدید در حوضه رودخانه پاهنگ<sup>۴</sup> (در قسمت شرقی شبه جزیره مالزی) و کلانتان<sup>۵</sup> (شمال شرق شبه جزیره مالزی) را بررسی کردند. نتایج نشان داد بیشینه بارش ۲۴ ساعته در سال برای هر دو حوضه طی ۴۵ سال افزایش یافته است؛ درصد ایستگاه‌های دارای روند آماری معنی‌دار در حوضه رودخانه کلانتان نسبت به حوضه رودخانه پاهنگ بیش‌تر بوده است. (Atta-ur-Rahman & Dawood, 2017:783) بررسی روند دمای ۷ ایستگاه هواشناسی در شرق هندوکش (شمال پاکستان) پرداختند. نتایج نشان داد میانگین بیشینه دما برای ۳ ایستگاه روند افزایشی و میانگین کمینه دما برای ۲ ایستگاه روند کاهش یافته داشته است.

۱۳۹۵:۱۵۳) روند تغییرات بارش، متوسط کمینه و بیشینه دما، در مقیاس ماهانه و سالانه، در ایستگاه‌های استان چهار محال و بختیاری را در دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۵)، مورد سنجش قرار دادند. نتایج نشان داد متوسط دمای کمینه و بیشینه در بیش‌تر نواحی منطقه در تمام ماه‌ها به جز ماه‌های نوامبر و دسامبر و همچنین در مقیاس سالانه دارای روند افزایشی معنی‌دار بوده است. بارش در منطقه در بیش‌تر ماه‌های سال از روند معنی‌دار پیروی نکرده اما مقدار بارش در ایستگاه کوه‌رنگ (پرباران‌ترین ایستگاه در مرکز کشور)، لردگان و یان‌چشمه در پرباران‌ترین ماه سال (مارس) در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند کاهش یافته بوده است. (Ekwueme & Agunwamba, 2021:816) تغییرات دمای هوا و بارندگی سالانه را در پنج ایالت منطقه جنوب شرقی نیجریه برای دوره آماری ۱۹۲۲ تا ۲۰۰۸، با استفاده از آزمون من-کندال در سطح معنی‌داری ۵ درصد، بررسی کردند. نتایج نشان داد که روند دما برای تمام منطقه مورد مطالعه افزایشی معنی‌دار بوده است. در مورد بارش، در تمام منطقه روند کاهش یافته بوده و در سه ایالت کاهش معنی‌دار بوده است. (Asgher et al, 2021:1021) به بررسی روند دما و بارش در منطقه بهادروا تحصیل<sup>۱</sup>، واقع در هیمالیای میانه، طی دوره آماری ۳۷ ساله از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۷ با استفاده از آزمون من-کندال و شیب سن در مقیاس ماهانه پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد پارامترهای میانگین بارش و میانگین بیشینه دما دارای روند کاهش یافته و پارامتر میانگین کمینه دما دارای روند افزایشی بوده است. روند کاهش معنی‌دار در میانگین بارش در ماه‌های مارس و مه و در میانگین بیشینه دما در ماه‌های ژوئن و اوت مشاهده شد، در حالی که در پارامتر کمینه دما به جز در ماه دسامبر در تمام ۱۱ ماه روند افزایشی معنی‌دار مشاهده شد. (Khyber et al, 2021:1) به بررسی روند دما و بارش دراماگا<sup>۲</sup> طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹ با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد

3. Andong  
4. Pahang  
5. Kelantan

1. Bhaderwah Tehsil  
2. Dramaga

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	استان	نام ایستگاه
۹/۸	۵۶/۳۷	۲۷/۲۱	هرمزگان	بندرعباس
۲۲/۷	۵۴/۸۳	۲۶/۵۳	هرمزگان	بندرلنگه
۵/۲	۵۷/۷۷	۲۵/۶۴	هرمزگان	جاسک
۶/۶	۵۵/۰۱	۲۵/۸۷	هرمزگان	جزیره ابوموسی
۴/۴	۵۴/۵۵	۲۵/۹۰	هرمزگان	جزیره سیری
۳۰	۵۳/۹۸	۲۶/۵۲	هرمزگان	جزیره کیش
۲۹/۶	۵۷/۰۹	۲۷/۱۱	هرمزگان	میناب
۹	۵۰/۸۲	۲۸/۹۶	بوشهر	بوشهر
۸/۴	۵۰/۸۲	۲۸/۹۰	بوشهر	بوشهر-ساحلی
۵۹۱/۱	۶۰/۷۲	۲۷/۲۳	سیستان و بلوچستان	ایران‌شهر
۸	۶۰/۶۵	۲۵/۲۸	سیستان و بلوچستان	چابهار
۱۴۲۷	۶۱/۱۹	۲۸/۲۳	سیستان و بلوچستان	خاش
۴۸۹/۲	۶۱/۵۴	۳۱/۰۹	سیستان و بلوچستان	زابل
۱۳۷۰	۶۰/۹۰	۲۹/۴۷	سیستان و بلوچستان	زاهدان
۱۱۸۲	۶۲/۳۲	۲۷/۳۹	سیستان و بلوچستان	سراوان

بررسی تغییرات زمانی بارش، در منطقه آگروکلیمایی<sup>۳</sup> مالوا<sup>۴</sup>، برای دوره زمانی ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۴ (۱۱۴ سال) پرداختند. نتایج در مقیاس سالانه روند کاهشی و غیر معنی‌دار در تمام منطقه به جز ایندور<sup>۵</sup> را نشان داد. در ایندور روند کاهشی معنی‌دار حاکم بوده است. (Alhaji et al., 2018:1) روند کمینه، بیشینه و میانگین دما در ایالت گمبه<sup>۶</sup> را در مقیاس زمانی سالانه تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد بیشینه و میانگین دما دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد هستند. آماره Z برای بیشینه دما ۴/۳۸ و برای میانگین دما ۴/۴۳ به دست آمده بود. آماره Z برای کمینه دما ۱/۵۹ به دست آمد که نشان می‌دهد روند مثبت بوده اما معنی‌دار نبوده است.

### روش کار (مواد و روش‌ها)

معرفی منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، سه استان ساحلی جنوب ایران شامل: هرمزگان، بوشهر و سیستان و بلوچستان بوده و از داده‌های

(Mondal et al, 2012:70) با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه ۴۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۱۰)، روند ماهانه بارش را در حوضه رودخانه اوریسا<sup>۱</sup> (هند) در نزدیکی منطقه ساحلی بررسی کردند. نتایج نشان داد میزان بارش در برخی ماه‌ها روند افزایشی و در برخی ماه‌ها روند کاهشی داشته و نتایج به‌طور کلی حاکی از تغییرات ناچیز بارش در منطقه بوده است (Shahid, 2011:489) روند بارش فصلی و سالانه برای ۹ ایستگاه در بنگلادش، در بازه زمانی ۱۹۵۸ تا ۲۰۰۷ را بررسی کرد. نتایج نشان داد میزان بارندگی سالانه در بنگلادش افزایش قابل توجهی داشته است. به‌طور کلی روند افزایشی در تعداد روزهای همراه با بارش سنگین و روند کاهشی در روزهای خشک متوالی دیده شده است. (Yadav et al, 2016:164) با استفاده از داده‌های بارندگی روزانه با طول آماری ۴۱ سال (۱۹۷۱-۲۰۱۱) و داده‌های کمینه و بیشینه دما با طول آماری ۳۷ سال (۱۹۷۱-۲۰۰۷)، به بررسی روند ۱۳ ناحیه ایالت اوتاراکنند<sup>۲</sup> (هند) پرداختند. نتایج حاکی از تغییرات ناچیز در منطقه بوده است. (Sharma et al, 2018:664) به

3. Agroclimatic  
4. Malwa  
5. Indore  
6. Gombe State

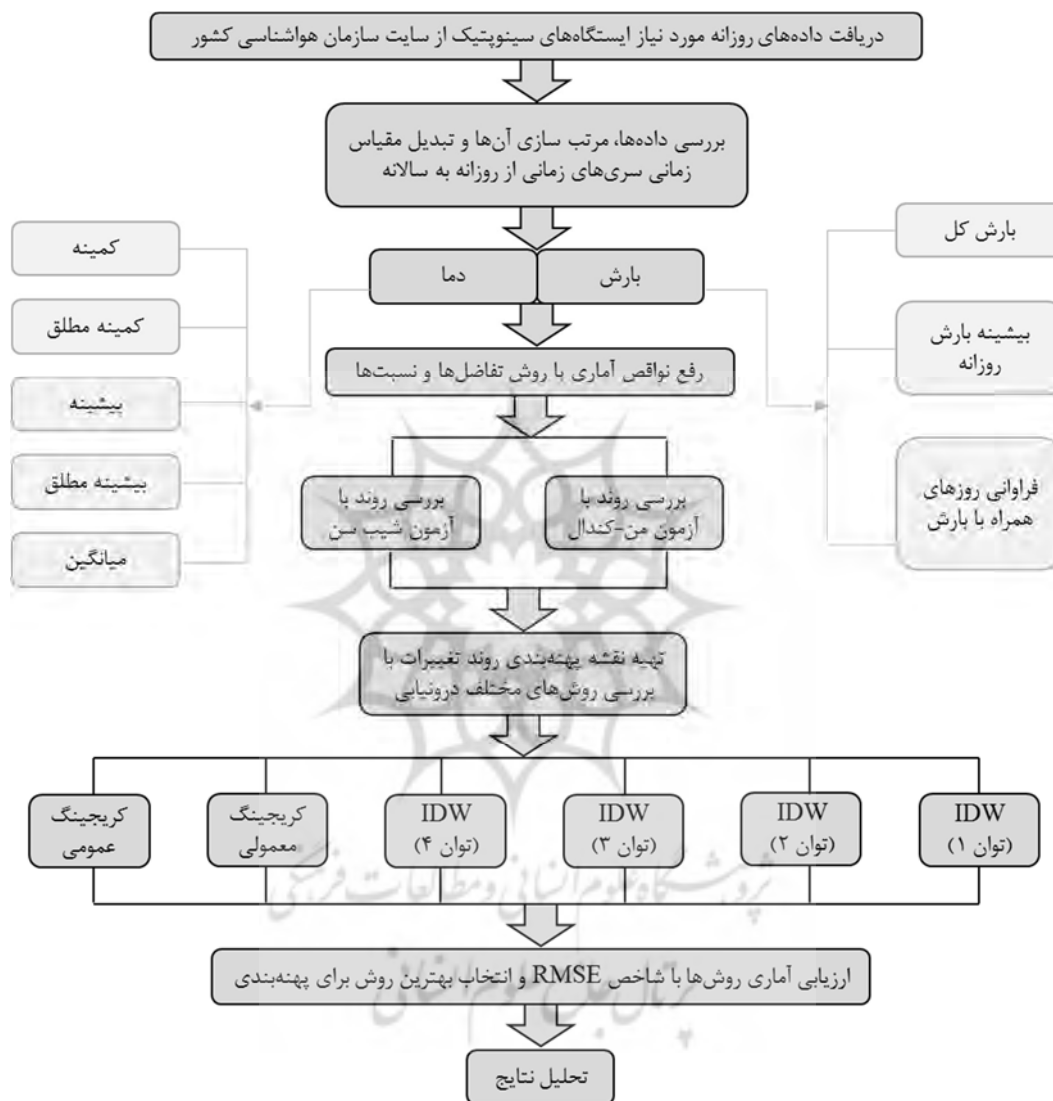
1. Orissa  
2. Uttarakhand

شدند. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها در جدول (۱) درج شده است.

### روش تحقیق

مراحل اجرای پژوهش در شکل (۱) نشان داده شده است.

ایستگاه‌هایی که طول دوره پایه حداقل ۳۰ سال (از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۹) داشته باشند، استفاده می‌شود. در مجموع ۱۵ ایستگاه همدید که علاوه بر دارا بودن طول آماری ۳۰ سال، به طور مشترک آمار ۳۳ سال کامل (از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹) را دارند، انتخاب



شکل ۱- مراحل اجرای پژوهش

هواشناسی و هیدرولوژیکی کاربرد دارد. از مزایای این روش این است که برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند مناسب است. همچنین این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌شود، اثرپذیری کمی دارد (بیابانی و

آزمون من-کندال: این آزمون ناپارامتری ابتدا توسط من<sup>۱</sup> در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط کندال<sup>۲</sup> در سال ۱۹۷۵ بسط و توسعه یافت (قره‌خانی و قهرمان، ۱۳۸۹:۶۳۸). این آزمون به صورت گسترده در مباحث

1. Mann  
2. Kendall

که  $Q$  شیب خط روند و  $B$  مقدار ثابت است. برای محاسبه شیب خط روند مراحل زیر طی می‌شود:

الف) محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad (6)$$

که  $j > k$  است. در این رابطه  $x_j$  داده مشاهده‌ای در زمان  $j$  و  $x_k$  داده مشاهده‌ای در زمان  $k$  است. با اعمال رابطه، برای هر جفت داده مشاهده‌ای یک شیب به‌دست خواهد آمد. با قرار دادن این شیب‌ها در کنار یکدیگر یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌شود. یعنی اگر  $n$  تعداد  $x_j$  در سری زمانی وجود داشته باشد، تعداد شیب‌های  $Q_i$  برابر  $N = n(n-1)/2$  خواهد بود.

ب) محاسبه میانه سری زمانی برای این کار  $N$  تعداد از  $Q_i$ ها از کوچک به بزرگ مرتب می‌شوند و سپس با استفاده از یکی از معادلات زیر اقدام به تعیین میانه سری زمانی می‌گردد. در صورتی که تعداد مشاهده‌های سری زمانی مورد مطالعه فرد باشد از معادله (۷) و اگر زوج باشد از معادله (۸) استفاده می‌شود:

$$Q_i = Q_{[(N+1)/2]} \quad (7)$$

$$Q_i = \frac{1}{2} [Q_{[N/2]} + Q_{[(N+2)/2]}] \quad (8)$$

نتیجه حاصل از معادله‌های بالا، به‌دست آمدن شیب خط روند ( $Q_{med}$ ) است.

پ) آزمون شیب به‌دست آمده در فاصله اطمینان مورد نظر

$$C_a = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{Var(S)} \quad (9)$$

که  $Z$ ، آماره توزیع نرمال استاندارد و  $Var(S)$  واریانس پارامتر  $S$  است. این پارامترها از روابط (۱) الی (۴) به‌دست می‌آیند.

ت) محاسبه حدود اعتماد بالا و پایین

$$\begin{cases} M_1 = \frac{n'+C_a}{2} \\ M_2 = \frac{n'-C_a}{2} \end{cases} \quad (10)$$

$n'$  تعداد شیب‌هایی است که از طریق معادله (۶) به‌دست آمده است.

سپس  $M_1$  امین و  $M_2 + 1$  امین شیب‌ها را از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می‌نمائیم. اگر عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده قرار بگیرد

همکاران، ۱۳۹۸:۱۴۲). مراحل بررسی روند به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهده‌ها

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n sgn(X = x_j - x_k) \quad (1)$$

که در رابطه بالا  $n$  طول دوره آماری،  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب داده‌های  $j$ ام و  $k$ ام سری و  $sgn(X)$  تابع علامت<sup>۱</sup> است که برابر است با:

$$sgn(X) = \begin{cases} +1 & X > 0 \\ 0 & X = 0 \\ -1 & X < 0 \end{cases} \quad (2)$$

ب) محاسبه واریانس (تمام ایستگاه‌ها طول آماری بیش‌تر از ۲۰ سال دارند)

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3)$$

که  $n$  تعداد داده‌های مشاهده‌ای،  $m$  تعداد سری‌هایی که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و  $t$  فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

پ) تعیین آماره توزیع نرمال استاندارد ( $Z$ )

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$\alpha$  سطح معنی‌داری و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار  $\alpha$  است که با توجه به دو دامنه بودن آزمون از  $\alpha/2$  استفاده شده است. اگر  $|Z| > Z_{\alpha/2}$  باشد، فرضیه عدم وجود روند رد می‌شود و سری داده‌ها دارای روند است (بیابانی و همکاران، ۱۳۹۸:۱۴۲).

**آزمون شیب سن:** آزمون تخمین‌گر شیب سن یک روش ناپارامتری است که ابتدا توسط تیل<sup>۲</sup> در سال ۱۹۵۰ ارائه و سپس توسط سن<sup>۳</sup> در سال ۱۹۶۸ بسط و گسترش داده شد. این روش بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استوار است (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۱:۲۵). زمانی که روند موجود در سری زمانی یک روند خطی باشد، از این روش استفاده می‌شود. یعنی  $f(t)$  برابر است با:

$$f(t) = Qt + B \quad (5)$$

1. Sign function
2. Theil
3. Sen

$Z(x_0)$  ارزش ارزیابی شده در نقطه  $x_0$ ،  $Z(x_i)$  ارزش در نقطه  $x_i$ ،  $d_{ij}$  فاصله بین نقطه برآورد شده و نقطه همسایه و  $m$  توان وزنی می‌باشد.

روش کریجینگ ابزاری جهت میانجی‌انواع داده‌ها است و به عنوان روشی برای پیش‌بینی ارزش یک فرایند تصادفی به کار می‌رود. این روش برای داده‌هایی که پراکنش نامنظم دارند، استفاده می‌شود. در این مدل، مقدار وزن تابعی از فاصله نقاط مشاهده شده و پیش‌بینی شده و ساختار فضایی نقاط است. این برآورد کننده به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (12)$$

$Z^*(x_0)$  ارزش ارزیابی شده در نقطه  $x_0$ ،  $Z(x_i)$  ارزش در نقطه  $x_i$  و  $\lambda_i$  وزن آماری اختصاص یافته به مقادیر  $Z$  در نقطه  $x_i$  است (حکیم دوست و همکاران، ۱۳۹۶:۱۹۴).

#### یافته‌ها

پس از رفع نواقص آماری با روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها، روند سری‌ها با طول مشترک آماری بررسی شد. سپس جهت تهیه نقشه پهنه‌بندی معنی‌داری روند، روش‌های مختلف بررسی شد و نتایج در جدول (۲) درج شده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده برای متغیر روند کمینه دما روش کریجینگ عمومی، برای روند کمینه مطلق دما روش IDW با توان ۳ و برای روند سایر متغیرها روش IDW با توان ۱ دقیق‌تر است. در مطالعات رسولی و جوان (۱۳۹۱)، قربانی (۱۳۹۳) و خوش‌روش و همکاران (۱۳۹۶)، از روش درونیایی IDW برای شناسایی محدوده‌های دارای روند استفاده شده است.

فرض صفر پذیرفته و عدم وجود روند در سری داده‌ها تأیید می‌شود. در غیر این صورت فرض صفر رد می‌شود و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون پذیرفته می‌گردد. در نهایت جهت به‌دست آوردن مقدار B در معادله شماره (۵)، n تعداد تفاضل  $x_i - Q_i t_i$  محاسبه می‌شود. سپس میانه این مقادیر، برآورد B را در اختیار می‌گذارد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۱۴-۳۱۱).

**تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات اقلیمی:** برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات اقلیمی یا به عبارتی نقشه‌های پهنه‌بندی معنی‌داری روند متغیرهای اقلیمی، روندهای حاصل شده به نرم‌افزار سامانه اطلاعات جغرافیایی Arc GIS انتقال داده شد. روش‌های مورد استفاده در پهنه‌بندی در این مطالعه شامل روش‌های درونیایی معکوس فاصله ( $IDW^2$ ) (با چهار توان ۱، ۲، ۳ و ۴)، کریجینگ معمولی<sup>۳</sup> و کریجینگ عمومی<sup>۴</sup> است. جهت مقایسه آماری روش‌ها از شاخص ریشه میانگین مربعات خطا ( $RMSE^5$ ) استفاده شد.

IDW در مطالعات جغرافیایی، یکی از روش‌های پرکاربرد است. این روش بر اساس این فرض استوار است که با افزایش فاصله مقدار تأثیر پارامترها در برآورد واحد سطح کم می‌شود. برای تخمین در نواحی فاقد داده از مقادیر اندازه‌گیری شده اطراف محل استفاده می‌شود. عامل وزنی نیز بر اساس فاصله‌ی نقطه‌ها از هم تعیین می‌شود، به این صورت که هر چه نقطه‌ها به محل نزدیک‌تر باشند، وزن بیش‌تری به آن‌ها اختصاص داده می‌شود و برعکس. از رابطه زیر می‌توان مقادیر مربوط به نقاط مختلف را به‌دست آورد (ابلاغیان و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰۳).

$$Z^*(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \cdot d_{ij}^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-m}} \quad (11)$$

1. Geographic Information System
2. Inverse Distance Weighting
3. Ordinary Kriging
4. Universal Kriging
5. Root Mean Square Error

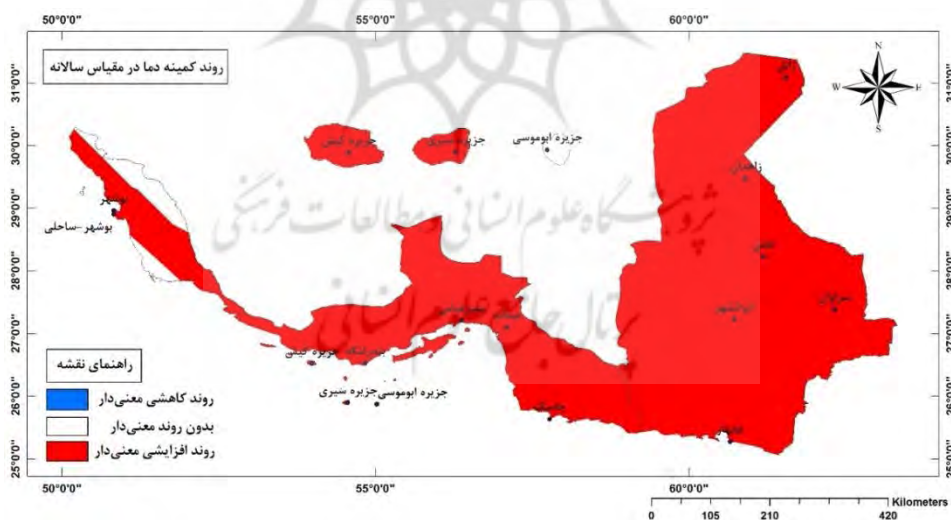


جدول ۲- نتایج ارزیابی روش‌های درونیابی با شاخص RMSE

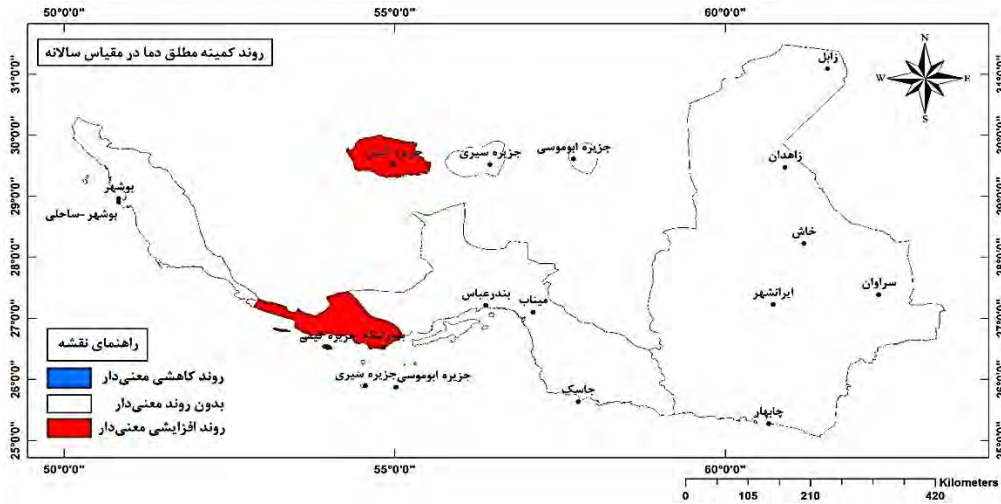
Kriging		IDW				متغیر/ روش
عمومی	معمولی	توان ۴	توان ۳	توان ۲	توان ۱	
۰/۹۷۴	۱/۲۵۸	۱/۱۷۹	۱/۱۷۳	۱/۱۶۹	۱/۱۷۴	روند کمینه دما
۲/۱۴۱	۱/۶۰۴	۱/۵۸۷	۱/۵۸۳	۱/۵۷۵	۱/۵۱۵	روند بیشینه دما
۳/۱۹۸	۲/۲۷۱	۲/۲۷۴	۲/۲۲۹	۲/۱۵۶	۲/۰۵۳	روند میانگین دما
۱/۷۸۲	۱/۵۰۴	۱/۱۲۷	۱/۱۲۵	۱/۱۳۶	۱/۱۴۱	روند کمینه مطلق دما
۱/۴۴۱	۱/۶۱۲	۱/۴۹۵	۱/۴۸۹	۱/۴۸۲	۱/۴۳۸	روند بیشینه مطلق دما
۱/۴۱۳	۱/۱۱۸	۰/۸۵۹	۰/۸۳۶	۰/۸۰۱	۰/۷۶۵	روند بارش کل
۱/۱۳۷	۰/۷۵۰	۰/۷۳۴	۰/۷۰۱	۰/۶۵۸	۰/۶۰۹	روند بیشینه بارش ۲۴ ساعته
۲/۱۰۶	۱/۳۳۸	۱/۲۳۱	۱/۱۴۴	۱/۰۳۹	۰/۹۳۸	روند فراوانی روزهای همراه با بارش

سال است که در سه سطح غیرمعنی‌دار (داده‌های سفید)، معنی‌دار کاهشی (داده‌های آبی) و معنی‌دار افزایشی (داده‌های قرمز) نشان داده شده است. جدول (۴) خلاصه‌ای از جدول (۳) بوده و اعداد بیانگر کم‌ترین و بیش‌ترین تغییرات مربوط به روند کاهشی و افزایشی هر پارامتر در ۳۳ سال طول آماری مشترک است.

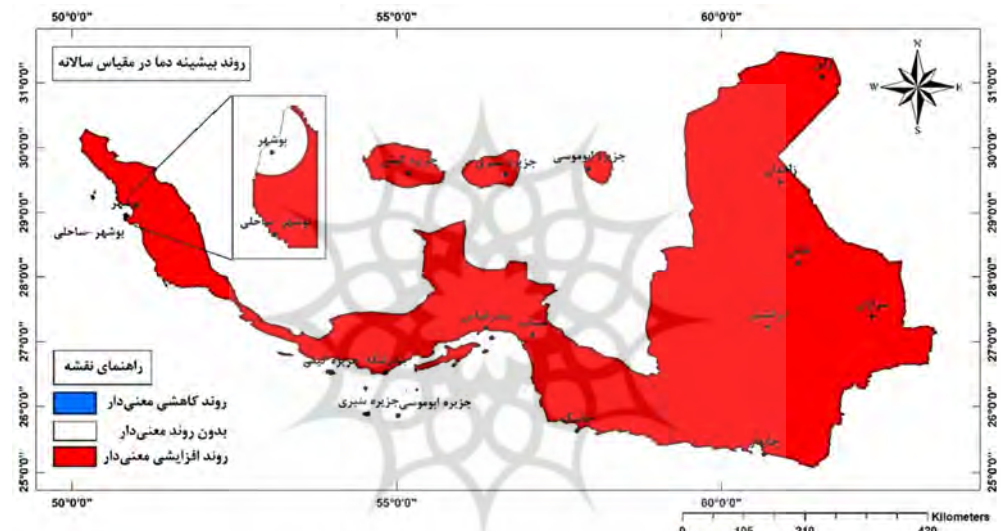
شکل‌های (۲) الی (۱۰) نتایج حاصل از آزمون من-کندال در قالب نقشه‌های پهنه‌بندی روند تغییرات متغیرهای مختلف را نشان می‌دهد. هر شکل روند تغییر یک متغیر را نشان می‌دهد، به جز شکل (۷) که فراوانی وقوع روند افزایشی معنی‌دار مربوط به متغیرهای دمایی در هر ایستگاه است. جدول (۳) نتایج حاصل از آزمون شیب سن را نشان می‌دهد. اعداد جدول نشان‌دهنده میزان تغییرات هر پارامتر در



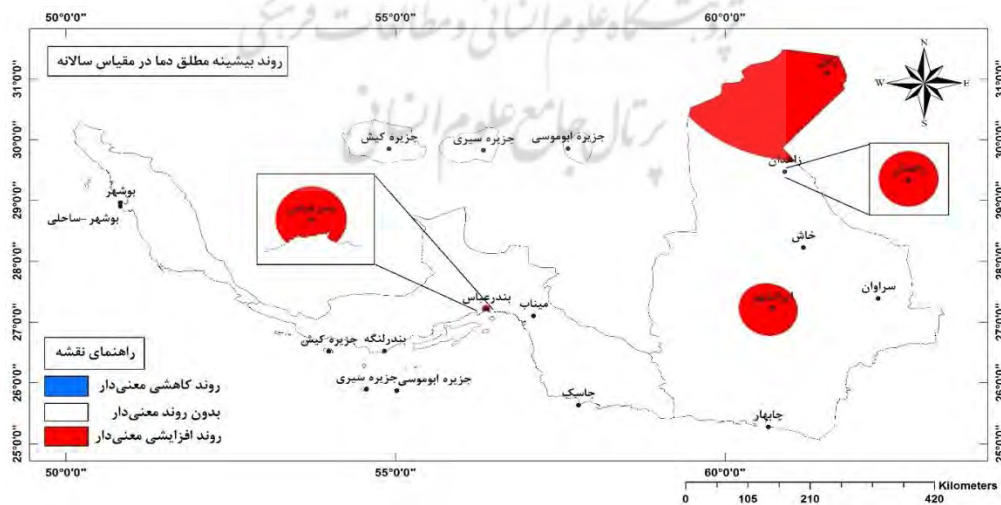
شکل ۲- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات کمینه دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



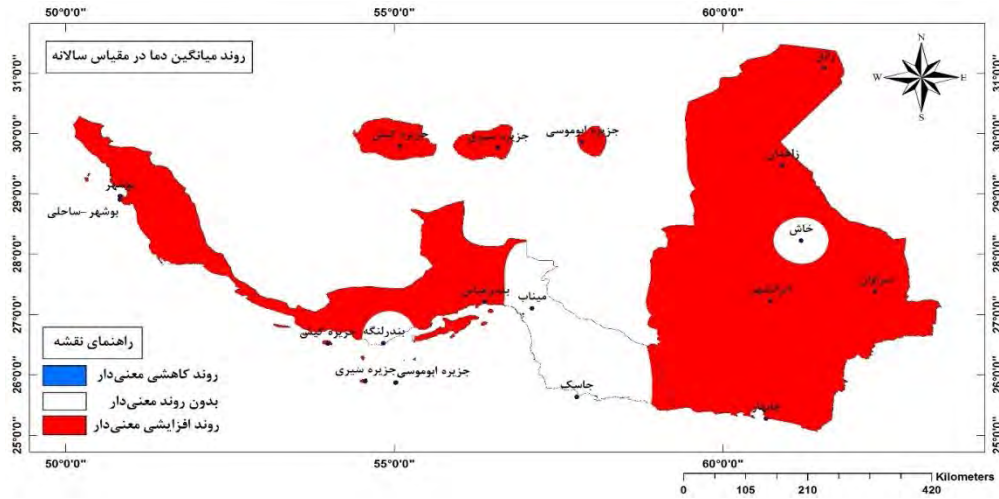
شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات کمینه مطلق دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



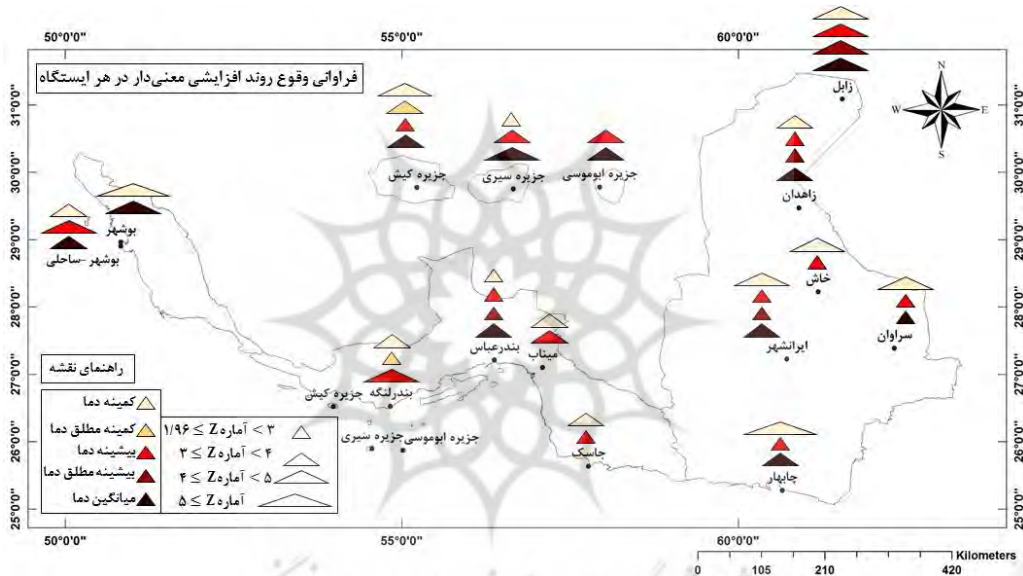
شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات بیشینه دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



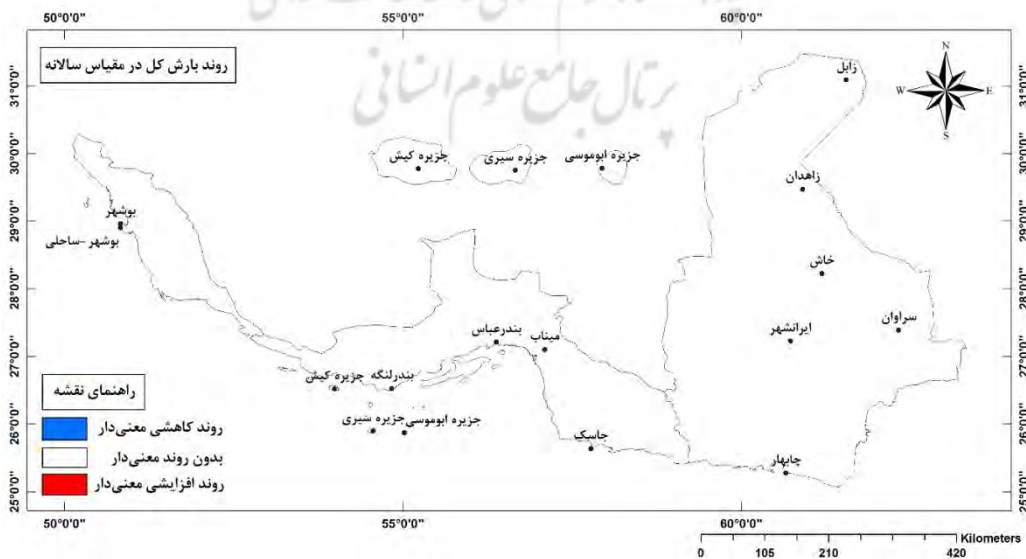
شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات بیشینه مطلق دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



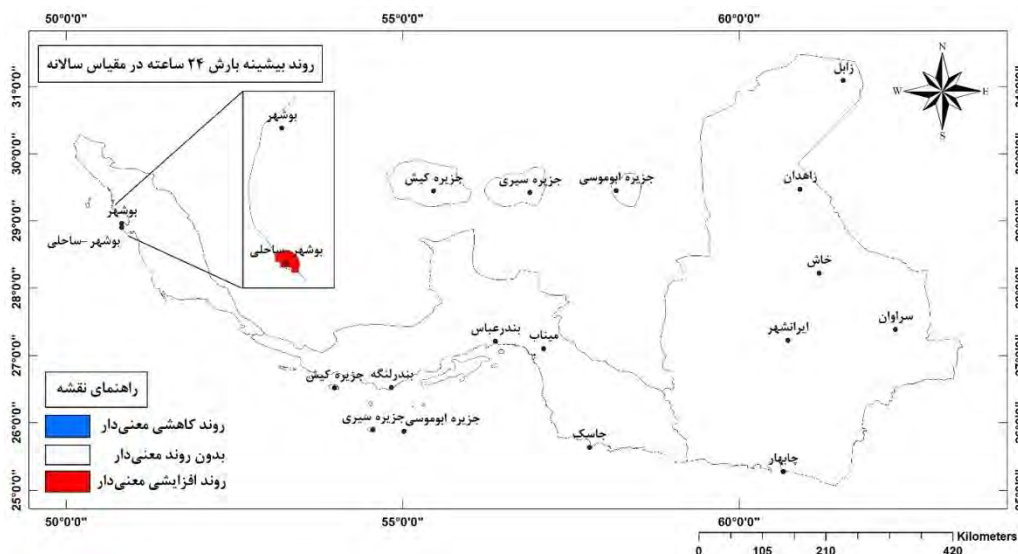
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات میانگین دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



شکل ۷- فراوانی وقوع روند افزایشی معنی‌دار ۵ متغیر مربوط به دما در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات بارش کل در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)

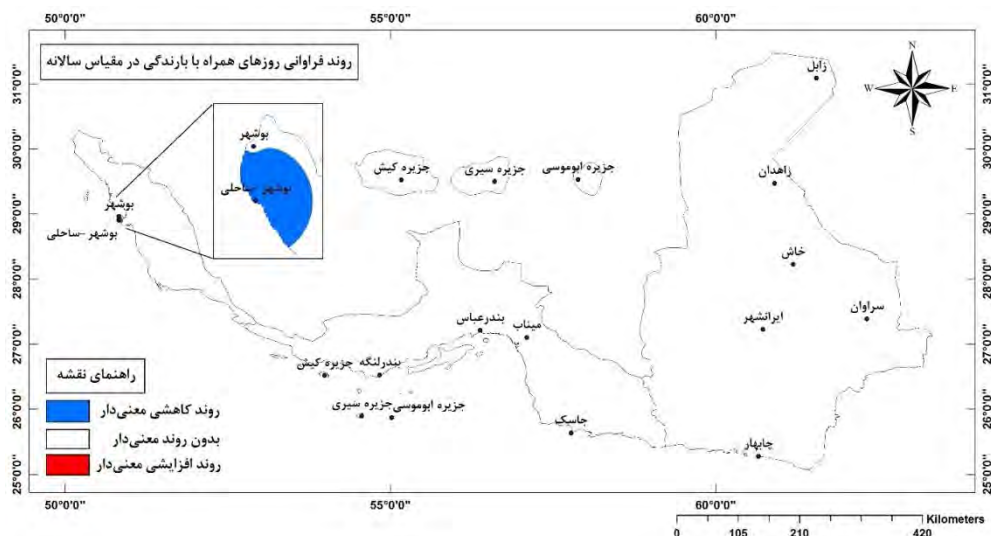


شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات بیشینه بارش ۲۴ ساعته در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)

جدول ۳- شیب روند داده‌ها (نتایج حاصل از آزمون شیب سن) در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)

ایستگاه/ متغیر	کمینه دما	کمینه مطلق دما	بیشینه دما	بیشینه مطلق دما	میانگین دما	بارش کل	بیشینه بارش روزانه	فراوانی روزهای همراه با بارش
بندرعباس	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	-۲/۳۳	-۰/۲۹	۰/۰۲
بندرلنگه	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۱	-۱/۴۱	-۰/۲۰	-۰/۱۷
جاسک	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰	-۱/۳۳	-۰/۱۶	-۰/۰۵
جزیره ابوموسی	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۹۲	-۰/۱۴	-۰/۲۲
جزیره سیری	۰/۰۳	-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	-۰/۱۶	۰/۰۸	-۰/۰۷
جزیره کیش	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۴	-۱/۰۴	-۰/۰۹	۰/۰۰
میناب	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰	-۱/۷۳	۰/۰۰	۰/۰۵
بوشهر	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۱	-۰/۰۵	۰/۰۵	-۰/۰۷	۰/۳۴	-۰/۳۰
بوشهر-ساحلی	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۴	۱/۶۲	۰/۵۰	-۰/۳۳
ایرانشهر	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	-۰/۳۶	۰/۱۰	۰/۰۰
چابهار	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	-۱/۲۲	-۰/۲۰	-۰/۱۱
خاش	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۴۵	-۰/۰۸	-۰/۲۵
زابل	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	-۰/۵۳	-۰/۰۳	-۰/۱۸
زاهدان	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۰۳	۰/۴۱
سراوان	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۰	۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۰۰	-۰/۰۹

داده‌های با رنگ قرمز، معنی دار بودن روند افزایشی و داده‌های با رنگ آبی، معنی دار بودن روند کاهش‌ی داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.



شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با بارندگی در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)

جدول ۴- کم‌ترین و بیش‌ترین میزان تغییرات پارامترها (نتایج حاصل از آزمون شیب سن) در دوره زمانی گذشته (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۹)

میزان تغییرات پارامترها (بررسی شیب روند افزایشی معنی‌دار)				میزان تغییرات پارامترها (بررسی شیب روند کاهش معنی‌دار)				متغیر
بیش‌ترین تغییر		کم‌ترین تغییر		بیش‌ترین تغییر		کم‌ترین تغییر		
میزان تغییرات	نام ایستگاه	میزان تغییرات	نام ایستگاه	میزان تغییرات	نام ایستگاه	میزان تغییرات	نام ایستگاه	
۲/۳۳	جزیره کیش	۰/۴۹	بندرعباس					کمینه دما (°C)
۳/۵۹	جزیره کیش	۱/۹۸	بندرلنگه					کمینه مطلق دما (°C)
۳/۰۶	بوشهر-ساحلی	۰/۵۵	جاسک					بیشینه دما (°C)
۲/۹۱	زابل	۰/۹۴	ایرانشهر					بیشینه مطلق دما (°C)
۲/۱۳	زابل	۰/۸۱	بندرعباس					میانگین دما (°C)
								بارش کل (mm)
۱۶/۵۰	بوشهر-ساحلی							بیشینه بارش روزانه (mm)
				-۱۱	بوشهر-ساحلی			فراوانی روزهای همراه با بارش (روز)

خانه‌های با رنگ خاکستری نشان‌دهنده عدم وجود روند معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

### بحث و نتیجه‌گیری

مربوط به فراوانی وقوع روند افزایشی معنی‌دار مربوط به ۵ پارامتر دمایی مورد مطالعه (کمینه، کمینه مطلق، بیشینه، بیشینه مطلق و میانگین دما) است که نشان می‌دهد هر ناحیه تحت تأثیر چه تعداد روند افزایشی معنی‌دار قرار گرفته است. با توجه به نقشه، ایستگاه‌های بندرعباس، جزیره کیش، زاهدان، زابل و ایرانشهر از ۵ روند دمایی مورد بررسی، در ۴ مورد روند افزایشی معنی‌دار داشته‌اند که این نشان می‌دهد این ۵ ایستگاه بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها تحت تأثیر گرمایش ناشی از تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند.

با توجه به نقشه‌های حاصل از پهنه‌بندی روند تغییرات مشخص است که ۳ متغیر مربوط به دما شامل کمینه، بیشینه و میانگین دما در بیش‌تر مساحت منطقه مورد مطالعه روند افزایشی معنی‌دار داشته است. نتایج حاصل از بررسی روند دما در منطقه مورد مطالعه با نتایج پژوهش‌های محققان دیگری از جمله (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹:۱۵۵)، (آروین و همکاران، ۱۳۹۵:۱۵۳)، (Ekwueme & Agunwamba, 2021:816)، (Khyber et al., 2021:1)، (Mondal et al., 2020:19) و (شکل ۷)

سال بیش‌ترین میزان افزایش متغیرهای دمایی شامل کمینه، کمینه مطلق، بیشینه، بیشینه مطلق و میانگین دما بر حسب درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر ۲/۳۳ (جزیره کیش)، ۳/۵۹ (جزیره کیش)، ۳/۰۶ (بوشهر-ساحلی)، ۲/۹ (زابل) و ۲/۱۳ (زابل) بوده است. بدین ترتیب ایستگاه جزیره کیش علاوه بر این که در دسته‌ی بیشترین میزان تغییر متغیرهای دمایی دو بار تکرار شده، بیشترین میزان افزایش به میزان ۳/۵۹ درجه سانتی‌گراد را نیز تجربه کرده است. همچنین با توجه به شکل (۷)، از ۵ روند دمایی مورد بررسی در ۴ مورد روند افزایشی معنی‌دار داشته است. متغیرهای مربوط به بارش (بارش کل، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و فراوانی روزهای همراه با بارش) فقط در دو متغیر و تنها در ایستگاه بوشهر-ساحلی روند معنی‌دار داشته که نشان می‌دهد در طول ۳۳ سال بیشینه بارش در بوشهر-ساحلی به میزان ۱۶/۵ میلی‌متر افزایش داشته و فراوانی روزهای همراه با بارش ۱۱ روز کاهش داشته است.

با توجه به نتایج این مطالعه در بازه زمانی ۲۰۱۹-۱۹۸۷، در مجموع می‌توان ایستگاه جزیره کیش را به عنوان تأثیر پذیرترین منطقه از تغییرات دما و ایستگاه بوشهر-ساحلی را تأثیر پذیرترین منطقه از تغییرات بارش در اثر تغییر اقلیم نام برد.

### پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود در کل منطقه به‌خصوص دو ایستگاه جزیره کیش و بوشهر-ساحلی راه‌های سازگاری با تغییر اقلیم بررسی شود و در آینده تدابیری برای مقابله با تأثیرات تغییر اقلیم اتخاذ گردد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از همکاری سازمان هواشناسی کشور جهت در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز هواشناسی تقدیر و تشکر می‌نمایند.

متغیرهای مربوط به بارش شامل (بارش کل، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و فراوانی روزهای همراه با بارش)، نسبت به سایر پارامترهای مورد مطالعه روند تغییرات معنی‌دار کمتری را نشان دادند؛ به‌طوری‌که بارش کل در سراسر منطقه مورد مطالعه هیچ روند معنی‌داری از خود نشان نداده است. متغیر بیشینه بارش ۲۴ ساعته تنها در ایستگاه بوشهر-ساحلی روند افزایشی معنی‌دار و متغیر فراوانی روزهای همراه با بارش در ایستگاه بوشهر-ساحلی روند کاهشی معنی‌دار داشته است. نتایج حاصل از بررسی روند بارش در منطقه مورد مطالعه با نتایج پژوهش‌های محققان دیگری از جمله (آروین و همکاران، ۱۳۹۵:۱۵۳)، (Mondal et al., 2021:1), (Khyber et al., 2020:19), (Mondal et al., 2012:70), (Yadav et al., 2016:164) مشابهت دارد. با توجه به جدول (۳) شیب سری زمانی بارش کل در ایستگاه بوشهر ساحلی مثبت است که نشان می‌دهد بارش کل در این ایستگاه، دارای روند افزایشی (غیر معنی‌دار) است. افزایش بیشینه بارش و بارش کل و کاهش روزهای همراه با بارش در یک منطقه نشان می‌دهد که منطقه ممکن است در آینده تحت تأثیر بارش‌های سیل‌آسا قرار بگیرد. ایستگاه بوشهر-ساحلی بیش از سایر ایستگاه‌ها در منطقه مورد پژوهش دارای ویژگی یادشده است و بنابراین وقوع بارش‌های سیل‌آسا برای این ایستگاه دور از انتظار نخواهد بود.

جدول (۴) خلاصه‌ای از جدول (۳) می‌باشد که در آن کم‌ترین و بیش‌ترین میزان تغییرات مربوط به روند کاهشی و افزایشی هر پارامتر در ۳۳ سال طول آماری مشترک درج شده و برای شناخت ایستگاه‌هایی که اثرپذیری بیشتری از تغییر اقلیم داشته‌اند مفید است. متغیرهای مربوط به دما در هیچ کدام از ایستگاه‌ها روند کاهشی معنی‌دار نداشته، بنابراین نیمه سمت راست جدول مربوط به متغیرهای دمایی فاقد مقدار می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه در طول ۳۳

## منابع

۱. ابلاغیان، آناهیتا. آخوندعلی، علی محمد. رادمنش، فریدون. زارعی، حیدر. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات دما، بارندگی و رطوبت نسبی در ایران. علوم و مهندسی آبیاری، ۴۲(۳)، ۱۹۷-۲۱۲.
  ۲. احمدی، فرشاد. رادمنش، فریدون. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات متوسط دمای ماهانه و سالانه نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۴)، ۸۵۵-۸۶۵.
  ۳. آروین، عباسعلی. قانقرمه، عبدالعظیم. حاجی‌پور، داور. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات برخی عناصر اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶(۴۱)، ۱۵۳-۱۷۶.
  ۴. امیررضائیه، علیرضا. پرهمت، جهانگیر. احمدی، فرشاد. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۱۰)، ۷۹۷-۸۰۹.
  ۵. بردی شیخ، واحد. بابایی، اکبر. موشخیان، یوسف. ۱۳۸۸. بررسی روند تغییرات بارش حوزه‌ی آبخیز گرگانرود. مجله علمی-پژوهشی، علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۳(۸)، ۲۹-۳۸.
  ۶. بیابانی، لیلا. نظری سامانی، علی اکبر. خسروی، حسن. کاظم‌زاده، مجید. ۱۳۹۸. بررسی روند تغییرات سرعت ماهانه باد در حاشیه دریای ارومیه طی ۳۰ سال گذشته. دو فصل‌نامه علمی خشک بوم، ۱۹(۱)، ۱۳۹-۱۵۱.
  ۷. حسینی، سید اسعد. مجیدی، لیلا. بالی، عارف. شیروان، ه. ۱۳۹۹. بررسی نوسانات منطقه‌ای دما و بارش در جنوب غرب آسیا. نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۱۱(۴۲)، ۱۵۵-۱۶۷.
  ۸. حکیم دوست، سید یاسر. محمدپورزیدی، علی. گرامی، محمد صالح. ۱۳۹۶. تحلیل مکانی بارش رگباری استان مازندران در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، ۲۶(۱۰۲)، ۱۹۱-۲۰۳.
  ۹. خوش‌روش، مجتبی. میرناصری، محمد. پسرکلو، مهسا. ۱۳۹۶. آشکارسازی روند تغییرات بارش شمال کشور با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، ۸(۱۶)، ۲۲۳-۲۳۱.
  ۱۰. رسولی، علی اکبر. جوان، خدیجه. ۱۳۹۱. تحلیل روند وقوع توفان‌های رعد و برقی در نیمه غربی ایران با کاربرد
- آزمون‌های ناپارامتری. فصلنامه علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، ۱۱۲(۳۸)، ۱۱۱-۱۲۶.
۱۱. سالاری جزی، میثم. ۱۳۹۶. تعیین تغییرات توزیع بارش سالانه در برخی از ایستگاه‌های نیمه شمالی ایران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۴(۴)، ۱۴۳-۱۵۹.
  ۱۲. صبحی، راضیه. بارانی، حسین. خداحلی، مرتضی. عابدی سروستانی، احمد. طهماسبی، اصغر. ۱۳۹۸. بررسی روند گذشته و پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی در منطقه سمیرم. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱(۱)، ۱۱۲-۱۲۸.
  ۱۳. عساکره، حسین. شاهبایی کوتنایی، علی. فرومدی، مجید. ۱۳۹۸. ارزیابی تغییرات و پیش‌بینی دمای کمینه در غرب استان مازندران با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۳(۱)، ۱۰۱-۱۱۹.
  ۱۴. علیجانی، بهلول. محمودی، پیمان. چوگان، عبدالجبار. ۱۳۹۱. بررسی روند تغییرات بارش‌های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک «برآورد کننده شیب سن». نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۳(۹)، ۲۳-۴۲.
  ۱۵. فرج‌زاده، منوچهر. الهی، سینا. ۱۳۹۹. تحلیل تغییرات آب و هوایی در غرب کشور (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک سنندج). نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۱۱(۳)، ۵۲-۶۴.
  ۱۶. قره‌خانی، ابودر. قهرمان، نوذر. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه رطوبت نسبی و نقطه شبنم در چند نمونه اقلیمی در ایران. نشریه آب و خاک، ۲۴(۴)، ۶۳۶-۶۴۶.
  ۱۷. قربانی، خلیل. ۱۳۹۳. الگوی فصلی و مکانی تغییر اقلیم دمای هوا در ایران. نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۵)، ۲۵۷-۲۷۰.
  ۱۸. محمودی، پیمان. خسروی، محمود. مسعودیان، سیدابوالفضل. علیجانی، بهلول. ۱۳۹۴. بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با یخبندان‌های فراگیر و نیمه فراگیر. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۱۹(۵۴)، ۳۰۳-۳۲۷.
19. Alhaji, U.U., Yusuf, A.S., Edet, C.O., Oche, C.O. and Agbo, E.P., 2018. Trend analysis of temperature in Gombe state using Mann Kendall trend test. J. Sci. Res. Rep, 20(3): 1-9.
  20. Alli, A.A., Omofunmi, O.E. and Oladipo, A.S., 2019. Assessing effects of climate change on temperature trends detection in

- trend analysis of rainfall and temperature in Dramaga Sub-District, Bogor, Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 771(1): 01. IOP Publishing.
30. Mondal, A., Kundu, S. and Mukhopadhyay, A., 2012. Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of north-eastern part of Cuttack district, Orissa. *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*, 2(1): 70-78.
  31. Othman, M.A., Zakaria, N.A., Ghani, A.A., Chang, C.K. and Chan, N.W. 2016. Analysis of trends of extreme rainfall events using Mann Kendall test: a case study in Pahang and Kelantan river basins. *Jurnal Teknologi*, 78(9-4).
  32. Shahid, S., 2011. Trends in extreme rainfall events of Bangladesh. *Theoretical and applied climatology*, 104(3): 489-499.
  33. Sharma, S., Ranjeet, P.D., Mirdha, I.S. and Sikarwar, R.S. 2018. Precipitation trend analysis by mann-kendall test of different districts of Malwa Agroclimatic Zone. *Environment and Ecology*, 36(2A): 664-671.
  34. Shin, S.C., 2020. Rainfall Trend Analysis by Mann-Kendall Test: A Case Study of Andong Dam Basin. 16(3): 125-132.
  35. Singh, P., Kumar, V., Thomas, T. and Arora, M. 2008. Changes in rainfall and relative humidity in river basins in northwest and central India. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(16): 2982-2992.
  36. Mondal, K.K., Akhter, M.A. and Mallik, M.A.K., 2020. Temporal Trend Analysis of Historical Climatic Data at Northeastern Hilly Region of Bangladesh Using Mann-Kendall Test. *Journal of Engineering Science*, 11(2): 19-25.
  37. Yadav, R., Tripathi, S.K., Pranuthi, G. and Dubey, S.K., 2014. Trend analysis by Mann-Kendall test for precipitation and temperature for thirteen districts of Uttarakhand. *Journal of Agrometeorology*, 16(2):164-171.
  - water resources in Nigeria using Mann Kendall. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 17(1): 77-82.
  21. Asgher, S., Ahmad, M., Kumar, N. and Kumari, M. 2021. Trend Analysis of Temperature and Rainfall using Mann Kendall Test and Sen's Slope Estimator in Bharderwah Tehsil of Doda District. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 12(3), 1021-1026.
  22. Ay, M. and Özyıldırım, S. 2017. Trend analysis of monthly total rainfall and monthly mean air temperature variables of Yozgat in Turkey. *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 32(2): 65-75.
  23. Bonfils, S. 2012. Trend analysis of the mean annual temperature in Rwanda during the last fifty two years. *Journal of Environmental Protection*, 538-551.
  24. Dawood, M. 2017. Spatio-statistical analysis of temperature fluctuation using Mann-Kendall and Sen's slope approach. *Climate dynamics*, 48(3-4), 783-797.
  25. 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(2): 1205-1221.
  26. Ekwueme, B.N. and Agunwamba, J.C., 2021. Trend Analysis and Variability of Air Temperature and Rainfall in Regional River Basins. *Civil Engineering Journal*, 7(5): 816-826.
  27. Fallahi, M. and Akbary, M. 2020. Impacts of Global Warming on Extreme Temperatures in west of Iran. *Climate Change Research*, 1(4), 11-19.
  28. Isioma, I.N., Rudolph, I.I. and Omena, A.L. 2018. Non - parametric Mann-Kendall test statistics for rainfall trend analysis in some selected states within the coastal region of Nigeria. *Civil Constr. Environ. Eng*, 3, 17-28.
  29. Khyber, E., Syaufina, L. and Sunkar, A. 2021. May. Variability and time series