

تحلیل آماری نوسانات ادواری پارامترهای اقلیمی در چند ایستگاه منتخب استان کردستان

محمد رحیمی^۱، محمد رضا یزدانی^۱، مسلم اسدی*^۲، نفیسه پگاه فر^۳، محمد طالب حیدری^۴

^۱ استادیار گروه بیابان زدایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد رشته بیابان زدایی دانشگاه سمنان

Mail: moslemasadi1989@gmail.com

Tel: 09189806059

^۳ استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی

^۴ رئیس کل مرکز تحقیقات هواشناسی استان کردستان

چکیده

هدف این تحقیق، مطالعه انحراف احتمالی از حالت نرمال برای برخی پارامترهای اقلیمی در استان کردستان می‌باشد. محاسبات و تحلیل‌ها بر اساس متغیرهای دما، بارش، رطوبت و حداکثر سرعت باد انجام شده است. مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره ۳۰ ساله است که بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ واقع می‌گردد و ایستگاه‌های سنندج، سقز، قروه، مریوان، زرینه و بیجار را شامل می‌شود. ابتدا سعی شده است با استفاده از روش رتبه‌ای من-کندال، تغییرات داده‌ها شناسایی شوند و سپس نوع و زمان آن مشخص گردد. در پایان نیز آزمون همبستگی پیرسون بین متغیرها اعمال شد. نتایج بدست آمده از تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. همچنین نتایج بدست آمده از آزمون همبستگی پیرسون حاکی از آن است که در اکثر ایستگاه‌ها بین پارامترهای بارش و رطوبت همبستگی معنی‌دار مثبت و بین پارامترهای دما و رطوبت همبستگی معنی‌دار منفی برقرار است.

کلید واژه‌ها: تغییر اقلیم، روش رتبه‌ای من-کندال، آزمون همبستگی پیرسون، روند، کردستان

مقدمه

امروزه گرمایش جهانی و اثر آن بر تغییر اقلیم، واقعیتی علمی است که مورد توافق محققان بسیاری قرار گرفته است. اقلیم، شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده خاص در یک دوره خاص زمانی می‌باشد. پیش بینی تغییر اقلیم با پیش بینی چند روزه وضع هوا و یا پیش بینی فصلی تفاوت زیادی دارد. تغییر اقلیم برای مدت زمان‌های طولانی چند ساله بوده (حداقل ۳۰ سال) و بنابراین لازم است در طول این مدت تمام گزینه‌هایی که تغییر و یا احتمالاً تغییر می‌کنند را مدنظر قرار داد. در واقع هرچه پیش بینی بلند مدت‌تر باشد، پارامترهای بیشتری را باید در پیش بینی دخالت داد (Pachauri & Reisinger, 2007: 104). از مهمترین پارامترهای تأثیرگذار در پدیده تغییر اقلیم، انحراف از حد نرمال در سری‌های زمانی بارندگی و دما را می‌توان نام برد. میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش است به طوری که سناریوهای اخیر هیأت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) افزایش متوسط جهانی دما را ۰/۷۶ تا ۶/۴ درجه سانتیگراد در قرن گذشته و ۱/۱ تا ۶/۴ درجه سانتیگراد در قرن حاضر پیش بینی می‌کنند (مهدی‌زاده و همکاران،

¹- Intergovernmental Panel on Climate Change

۱۳۹۰: ۱۶). بزرگی افزایش دماهای پیش بینی شده تا ۲/۵ درجه سانتیگراد در اواخر قرن حاضر به طور بالقوه می‌تواند منجر به تغییر چرخه آب شده (تبخیر سریعتر و تغییر در آب‌های جاری) و ناهنجاری‌های هیدرولوژیک، همچون خشکسالی‌ها و سیلاب‌ها را تشدید کند (8: Nijssen et al, 2001; 403: Morel, 2001). این امر بیان کننده این مطلب است که چرا بایستی نگران پدیده‌ی تغییر اقلیم و پیامدهای مختلف ناشی از آن شد.

مطالعات متعددی در سطح جهان در زمینه‌ی نوسانات پارامترهای اقلیمی و اثرات آن انجام شده است. در یکی از این مطالعات، که در آفریقای جنوبی انجام شده است، واکنش متغیرهای اقلیمی این منطقه به افزایش گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش از خروجی ۳ مدل چرخش عمومی و سناریو B2 استفاده گردید. نتایج شبیه سازی‌ها نشان می‌داد که تا پایان قرن ۲۱، بارندگی در بیشتر مناطق آفریقای جنوبی، به میزان ۸/۲ درصد کاهش خواهد یافت (Zhao et al, 2005: 13).

Steele Dunne et al (2008: 17)، مدل اقلیمی منطقه‌ای RCA3 را به منظور ریز مقیاس سازی دینامیکی داده‌های بارش و دما برای ۹ حوضه کشور ایرلند به کار بردند. نتایج این تحقیق نشان دهنده وجود یک چرخه فصلی به صورت افزایش بارش زمستانه، کاهش بارش تابستانه و افزایش دما در سراسر کشور ایرلند می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که تمامی تغییرات مورد انتظار در متوسط جریان زمستانه و تابستانه و تغییرات در بیشینه سالانه وابسته به خصوصیات حوضه، زمان بندی و بزرگی تغییرات مورد انتظار بارش در هر حوضه است.

Boberg et al (2010: 11)، با استفاده از آزمون هفت مدل منطقه‌ای تحت سناریوی A1B برای هشت منطقه اروپا در قرن ۲۱، کاهش روزهای با بارش متوسط و افزایش روزهای با بارش شدید را نتیجه گرفتند. Chungi et al (2011: 10)، با استفاده از مدل عمومی گردش جو (HadCM3) تحت سناریوهای A2 و B2 به بررسی تغییر اقلیم در شالیزارهای برنج کره شمالی در دوره زمانی ۲۰۸۰ - ۲۰۵۰ پرداختند. در این مطالعه عمق آب مورد نیاز، همان نیاز آبی شالیزار در نظر گرفته شد. آن‌ها با استفاده از برنامه CROPWAT نیاز آبیاری را تخمین زدند و از روش USDA-SCS برای تخمین باران مؤثر استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در این منطقه در آینده ۲۵ تا ۵۰ درصد میانگین بارش افزایش خواهد یافت درحالی‌که فقط ۲ تا ۸ درصد میزان بارش مؤثر خواهد بود، همچنین افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل در این منطقه اتفاق خواهد افتاد.

Olivier et al (2013: 64)، وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ی (CO₂) را در مقیاس جهانی بررسی کردند. براساس نتایج آن‌ها، دود حاصل از سوخت‌های فسیلی و منابع آلوده کننده صنعتی در اثر فعالیت‌های انسانی، علت اصلی گرم شده زمین در دهه‌های اخیر است. نتایج این تحقیقات همچنین نشان داد که تولید گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۲ نسبت به سال قبل از آن، ۱/۴ درصد افزایش داشته است. در این میان نقش کشورهای نوظهور همچون چین (۲۹٪) و هند (۷٪) در افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای بسیار پررنگ‌تر است.

با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران، کشور ما نیز از پیامدهای تغییرات پارامترهای اقلیمی مصون نمانده است. این امر موجب شده تا موضوع بسیاری از تحقیقات انجام شده در داخل کشور باشد. در یکی از این تحقیقات که توسط روشنی (۱۳۸۲: ۳۸) در نوار ساحلی دریای خزر انجام گردیده است چند پارامتر اقلیمی مناطق ساحلی دریای خزر در دوره ۱۹۹۴ - ۱۹۵۵ با استفاده از روش ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان دادند زمان شروع بیشتر تغییرات به صورت ناگهانی و این تغییرات به دو صورت روند و نوسان ظاهر گردیده‌اند.

خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳: ۷)، روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه ۵ ایستگاه قدیمی ایران در طی دوره آماری ۲۰۰۱ - ۱۹۸۳ را با استفاده از روش پارامتری t -استیودنت و روش ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله وجود هیچ نوع روند معنی‌داری را در سری‌های بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأیید نکرد اما در سری‌های بارش فصلی، هم روند افزایشی و هم روند کاهشی قابل مشاهده بود.

عزیزی و همکاران (۱۳۸۴: ۲۵) نیز، ضمن مطالعه روند دمای چند دهه اخیر در ایران به بررسی ارتباط این روند با افزایش گاز CO_2 جو پرداخته‌اند. آن‌ها با بررسی ۱۲ ایستگاه برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون خود همبستگی مرتبه اول استفاده کردند و از آزمون ناپارامتریک من-کندال جهت تعیین میزان، جهت و معنی‌داری روند استفاده نمودند و دریافتند که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه (ایستگاه‌های سینوپتیک) روند افزایشی دما با شدت‌های مختلف مشاهده می‌گردد که ممکن است از افزایش میزان CO_2 جو متأثر گردیده باشند.

داورزنی و داوطلب (۱۳۸۵: ۸)، اثرات تغییر اقلیم را بر بارندگی شاهرود مطالعه کردند. بدین منظور از آزمون‌های آماری همگنی به روش‌های انحرافات تجمعی و بیشینه ورسلی، روند به روش‌های خطی و من کندال و جهش به روش من-ویتنی استفاده گردید. در انتها مشخص شد که تغییرات اقلیمی در شهر شاهرود به صورت ناگهانی بروز نموده است، بطوریکه این تغییرات وقوع روندهایی را در مقیاس سالانه به دنبال داشته است.

نصوحیان و همکاران (۱۳۹۲: ۱۰)، اثرات تغییر اقلیم را بر بارندگی دشت‌های بروجن و شهرکرد بررسی کردند. بطوریکه به غیر از HADCM3-A2 که کاهش بارش را پیش‌بینی می‌کند در بقیه حالات افزایش بارندگی‌ها مشاهده شد ولی در بروجن تمامی مدل‌ها بر کاهش بارش طی سال‌های ۲۰۴۹ - ۲۰۲۰ اتفاق نظر داشتند.

هادی و همکاران (۱۳۹۳: ۱۱)، به تأثیر پدیده‌ی تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش در ۴ ایستگاه بیرجند، همدان، رامسر و بابلسر، با استفاده از مدل عمومی گردش جو تحت چهار سناریوی A1، A2، B1 و B2 پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که تأثیر تغییر اقلیم بر بارش منطقه، تحت تأثیر زمان در بازه‌های مختلف زمانی مشاهده شد. به طوریکه بیشترین میزان بارش در ایستگاه بیرجند، همدان و رامسر در دوره آینده نزدیک (۲۰۳۹ - ۲۰۱۰) و در ایستگاه بابلسر بیشترین میزان بارش مربوط به دوره آینده دور (۲۰۹۹ - ۲۰۷۰) است. همچنین ایستگاه‌هایی که در اقلیم‌های با رطوبت بیشتر هستند تأثیر شدیدی از تغییر اقلیم پذیرفتند.

در مطالعه ای دیگر، نظربخش و همکاران (۱۳۹۳: ۱۰)، تغییرات بارش و دما را در زیر حوضه قره‌سو با استفاده از ریزمقیاس کردن آماری مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه آن‌ها، اثرات تغییر اقلیم بر روی پارامترهای دما و بارش با استفاده از ۱۵ مدل گردش عمومی جو تحت دو سناریو B1 و A2 مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده از اثرات تغییر اقلیم بر روی پارامتر دما در حوضه آبریز قره‌سو حاکی از افزایش آن در تمام ماه‌های سال بین ۰/۴۳ تا ۱/۶ درجه‌ی سانتیگراد می‌باشد. همچنین میزان بارش به جز ماه‌های اکتبر و آوریل افزایشی بین ۱۰/۸۴ تا ۴۲/۶۴ درصد را دارد.

از مطالب فوق چنین برداشت می‌شود که هرچند مطالعات متعددی در مورد جنبه‌های مختلف تغییرات اقلیمی در ایران صورت گرفته است اما به نظر می‌رسد هنوز سازوکار اصلی حاکم در زمان تغییرات پارامترهای اقلیمی به ویژه در استان کردستان به خوبی شناسایی نشده است. جهت آمادگی در برابر اثرات نامطلوب این پدیده و کاهش خسارت‌های ناشی از آن، بررسی روندها و تغییرات معمول در متغیرهای آب و هواشناسی در هر منطقه اقدامی ضروری است تا اینکه سیاست‌ها و برنامه‌های مناسبی برای توسعه و مدیریت منابع آب اتخاذ گردد (اسدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۰). از همین رو در این

مطالعه، با توجه به ارتباط تغییرات جهانی با تغییرات منطقه‌ای و محلی پارامترهای اقلیمی سعی شده متغیرهای دما، بارش، رطوبت و باد که طیف وسیع‌تری از این پارامترها را پوشش می‌دهند در ایستگاه‌های منتخب واقع در استان کردستان مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

استان کردستان با مساحت ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع در غرب ایران مجاور کشور عراق بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی قرار دارد. از لحاظ اقلیمی و طبیعی این منطقه کوهستانی بوده که دشت‌های مرتفع و دره‌های پهن نیز در پهنه منطقه گسترده شده‌اند. همچنین میزان بارندگی متوسط سالیانه در استان، ۵۰۵ میلیمتر و برای دما ۱۳/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد (استانداری کردستان ۱). اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقاط استان نیز به حدود ۲۴۰۰ متر می‌رسد (رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰).

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور بررسی نوسانات ادواری پارامترهای اقلیمی استان کردستان، محاسبات و تحلیل‌های آماری برای کمیت‌های میانگین ماهانه، فصلی و سالانه‌ی دما، بارش، رطوبت و حداکثر سرعت باد انجام شده است. ابتدا با استفاده از آزمون آماری من-کندال روند متغیرها بررسی خواهد شد. آزمون من-کندال در برابر مقادیر فرین (داده‌هایی که کشیدگی زیادی دارند) و داده‌هایی که از انحراف خطی انحراف چشمگیری دارند، بسیار قوی است (WMO^۲, 2000). از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌هایی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود (Turgay & Ercan, 2005: 4). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. در صورتی که آماره من-کندال مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. در ادامه به منظور تعیین همبستگی بین متغیرها آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS^۳ محاسبه و داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. قبل از برقراری ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرها، آزمون شاپیرو-ویلک برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها بر روی متغیرها اعمال خواهد شد.

مقطع زمانی مورد مطالعه در این تحقیق یک دوره ۳۰ ساله می‌باشد که بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ واقع می‌گردد. به منظور اطمینان از همگنی داده‌ها، آزمون ران تست (Run Test) روی متغیرها اعمال شد و در نهایت ۶ ایستگاه سنندج، سقز، قروه، مریوان، زرینه و بیجار انتخاب گردیدند. جدول ۱ مشخصات این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های منتخب در استان کردستان

¹ - <http://www.ostan-kd.ir/Default.aspx?TabId=94>

² - World Meteorological Organization

³ - Statistical package for social science

ایستگاه‌ها	ارتفاع به متر	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
سنندج	۱۳۷۳/۴	۳۵° ۲۰'	۴۷° ۰'
سقز	۱۵۲۲/۸	۳۶° ۱۵'	۴۶° ۱۶'
قروه	۱۹۰۶/۰	۳۵° ۱۰'	۴۷° ۴۸'
مریوان	۱۲۸۶/۸	۳۵° ۳۱'	۴۶° ۱۳'
زرینه	۲۱۴۲/۶	۳۶° ۴'	۴۶° ۵۵'
بیجار	۱۸۸۳/۴	۳۵° ۵۳'	۴۷° ۳۷'

همچنین در این تحقیق، در کنار آزمون آماری من کندال، از آزمون گرافیکی کندال جهت تحلیل بیشتر ناپارامتریک بودن سری‌ها و نیز ارزیابی روند تغییرات استفاده می‌گردد. برای ناپارامتریک بودن سری‌ها، لازم است مراحل زیر انجام گردد:

الف: داده‌ها به ترتیب صعودی ردیف شوند، $n=30$ نمایانگر ۳۰ سال آمار می‌باشد.

ب: رتبه بندی کردن داده‌ها، که در صورت عدم وجود روند، تصادفی بودن داده‌ها مشخص می‌گردد که برای تصادفی بودن روند داده‌ها از فرمول زیر استفاده می‌گردد (Mitchell, 1966: 4).

$$T = \frac{4P}{n(n-1)} \quad (1)$$

T: آماره کندال

P: مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می‌گیرند بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \sum_{i=1}^n n_i \quad (2)$$

n: تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده یا $\sum x_i$ ها است. به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$(T)_t = \pm t g \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (3)$$

که $t g$ برابر مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد (z) با سطح احتمال آزمون است و با سطح احتمال ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار، $(T)_t$ معادل با ± 0.21 می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده برای $(T)_t$ ، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد:

اگر $(T)_t > T > -0.21$ یا $(T)_t < T < -0.21$ باشد هیچ گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند. همچنین اگر $(T)_t < T < -0.21$ یا $(T)_t > T > +0.21$ باشد نشان دهنده روند منفی در سری‌ها و در صورتی که $(T)_t > T$ یا $(T)_t < -0.21$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود.

برای تعیین جهت روند، نوع و زمان تغییر نیاز به آزمون گرافیکی کندال می‌باشد. بدین منظور معمولاً از جداول ویژه‌ای استفاده می‌شود (برای آگاهی بیشتر به منبع شماره ۱۹ مراجعه شود). در جدول مذکور، ابتدا داده‌های آماری به ترتیب سال (ستون اول) وارد شده و در ستون دوم داده‌ها شماره ردیف می‌گیرند. در ستون سوم مقادیر پارامتر مورد نظر نوشته می‌شود. در ستون چهارم مقادیر عددی ستون سوم به ترتیب صعودی تنظیم می‌گردد. جهت تکمیل جداول نیاز به محاسبه ضریب t آزمون کندال می‌باشد که از رابطه زیر بدست می‌آید (Sueyers, 1990: 13):

$$t_i = \sum_{i=1}^n n_i \quad (4)$$

که تابع توزیع آن در شرایطی که فرض صفر حاکم باشد از لحاظ مجانبی با میانگین و واریانس برابر است.

$$E(t_i) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (5)$$

و واریانس آن برابر با:

$$\text{Var}(t_i) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (6)$$

در این آزمون وجود روند در شکل دو طرفه آن صحیح بوده و از این رو فرض صفر برای مقادیر بالای $|u(t_i)|$ رد می-گردد و $u(t_i)$ از رابطه زیر استفاده می-شود.

$$U(t_i) = \frac{[t_i - E(t_i)]}{\sqrt{\text{Var}(t_i)}} \quad (7)$$

زمانی مقادیر $u(t_i)$ معنی دار است که روند افزایش یا کاهش در آن مشاهده شود و این بستگی دارد که مقدار آن بزرگتر از صفر $\{u(t_i) > 0\}$ یا کوچکتر از صفر $\{u(t_i) < 0\}$ باشد. برای تعیین زمان وقوع تغییر لازم است علاوه بر $u(t_i)$ مؤلفه $u(t'_i)$ نیز از رابطه زیر محاسبه شود:

$$(t'_i) = \sum_{i=1}^n n_i \quad (8)$$

دیگر مؤلفه مورد نیاز مقدار u' است که معادل عکس u می-باشد:

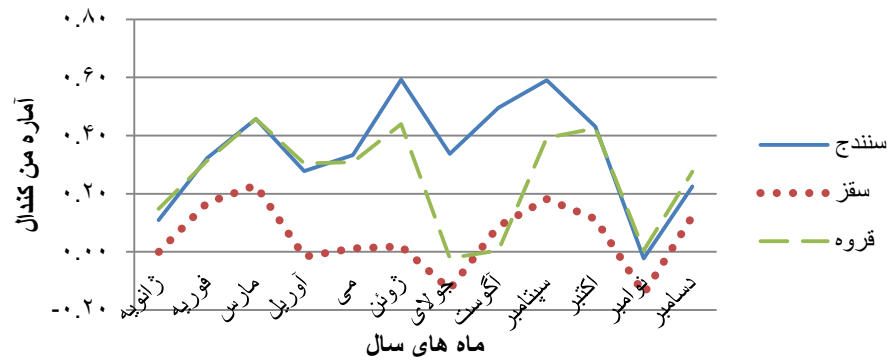
$$u'_i = -u(t'_i) \quad (9)$$

پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوط وجود هرگونه روند در سری‌ها به صورت منفی ظاهر می-شود و زمانی که روند معنی داری در داده‌ها وجود داشته باشد، خطوط u_i و u'_i همدیگر را قطع می-کنند. اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی $(\pm 1/96)$ همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است.

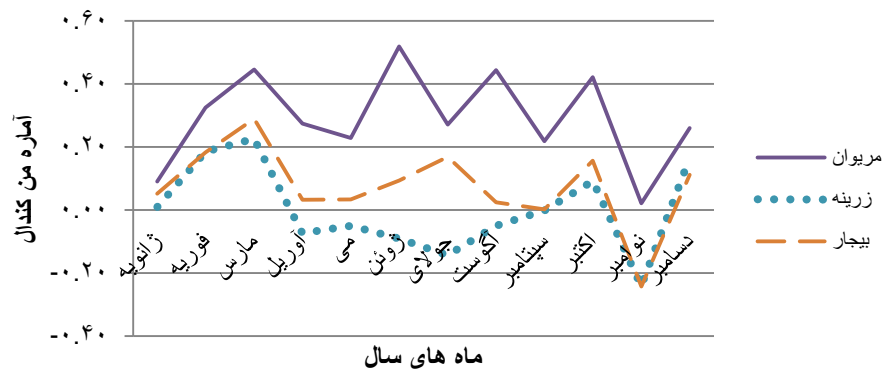
نتایج و بحث

الف: تحلیل تست من-کندال بر روی داده‌های ماهانه

نتایج بدست آمده از تست من-کندال برای میانگین دمای ماهانه در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. میانگین دمای ماهانه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به استثنای ماه ژانویه در ایستگاه سقز، دارای روند بوده است و تغییرات در اکثر ماه‌ها روند افزایشی یا مثبت داشته است. به عنوان مثال ایستگاه مریوان، سنندج و بیجار (به جزء نوامبر) و قروه (به جزء جولای) در تمامی ماه‌ها روند افزایشی دارند. ایستگاه سقز هم در اکثر ماه‌ها روند افزایشی را نشان می-دهد. اما ایستگاه زرینه بر خلاف سایر ایستگاه‌ها به ترتیب در ماه‌های آوریل، می، ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و نوامبر با روند کاهشی روبرو بوده است.



شکل ۱- تغییرات روند میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های سنندج، سفز و قروه



شکل ۲- تغییرات روند میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های مریوان، زرینه و بیجار

ب: تحلیل تست من - کندال بر روی داده‌های فصلی

از نظر پارامتر میانگین فصلی بارش نیز، بیشترین شدت تغییرات در آماره من کندال در ایستگاه سنندج به میزان ۰/۳۷۹- مشاهده گردید که به فصل زمستان مربوط می‌شود. در مقابل، کمترین شدت تغییر نیز در ایستگاه بیجار و در فصل تابستان به میزان ۰/۰۲۸ است که به ترتیب دارای روند نزولی و صعودی می‌باشند. در هیچ کدام از ایستگاه‌ها تغییرات آنچنان محسوسی را نسبت به پارامتر میانگین فصلی رطوبت نسبی شاهد نیستیم. متغیر حداکثر سرعت باد در ازای افزایش یا کاهش دما نسبت به متغیر رطوبت بیشتر تغییر کرده است. این تغییرات در ماه‌های فصل پاییز (ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر) و بهار (ماه‌های آوریل، می و ژوئن) نسبت به ماه‌های فصل زمستان (ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس) و تابستان (جولای، اگوست و سپتامبر) مشهودتر می‌باشد (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳- تغییرات متغیر حداکثر سرعت باد در ازای افزایش یا کاهش دما نسبت به عنصر رطوبت در فصل پاییز



شکل ۴- تغییرات متغیر حداکثر سرعت باد در ازای افزایش یا کاهش دما نسبت به عنصر رطوبت در فصل بهار

همچنین تغییرات عناصر اقلیمی فصل زمستان در ایستگاه سندانج مشخص می‌کند که روند مثبت متوسط دما و حداکثر سرعت باد با روند معنی‌دار کاهشی در میزان بارش و میانگین رطوبت نسبی همراه است. میانگین حداکثر سرعت باد در ایستگاه سقز در تمامی فصول دارای روند افزایشی است که این روند در فصل‌های زمستان و تابستان معنی‌دار می‌باشد. همین عامل، دلیلی است بر وجود روند کاهشی در میانگین رطوبت نسبی فصل زمستان و تابستان در ایستگاه سقز.

جدول ۲- نتایج آماره من - کندال برای ایستگاه‌های منتخب (* وجود روند در سطح ۰/۰۵، ** وجود روند در سطح ۰/۰۱)

میانگین فصلی دما				ایستگاه‌ها
زمستان	بهار	تابستان	پاییز	
۰/۱۹۶	**۰/۵۳۱	**۰/۶۰۰	**۰/۳۳۹	میانگین فصلی دمای سندانج
۰/۱۱۵	۰/۰۰۰	۰/۰۹۵	۰/۰۶۹	میانگین فصلی دمای سقز
*۰/۳۱۳	**۰/۴۸۰	۰/۲۲۲	**۰/۳۶۲	میانگین فصلی دمای قره‌وه
۰/۲۵۳	**۰/۴۶۰	**۰/۳۴۸	**۰/۳۳۶	میانگین فصلی دمای مریوان
۰/۱۵۹	-۰/۱۲۰	۰/۰۲۵	-۰/۰۱۴	میانگین فصلی دمای زرینه
۰/۱۶۱	۰/۰۸۳	۰/۲۱۷	۰/۰۴۸	میانگین فصلی دمای بیجار

جدول ۲، روندهای مثبت و منفی متوسط دمای فصلی را در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. بیشترین مقدار افزایش دمای متوسط نیز به ترتیب در فصل تابستان و بهار و کمترین آن در فصل پاییز رخ داده است بدین ترتیب که روند تغییر

در اکثر ایستگاه‌ها مثبت و فقط در ایستگاه زرینه در فصل پاییز و بهار به صورت منفی است که آن هم از شدت بالایی برخوردار نیست.

ج: تحلیل آزمون من-کندال بر روی داده‌های سالانه

بررسی سالانه عناصر اقلیمی با روش من-کندال حاکی از وجود روند در دوره مورد مطالعه است. محاسبات انجام شده در جدول ۳ نشان می‌دهد که رطوبت نسبی ایستگاه‌ها در طول دوره تغییر نکرده است ولی سایر پارامترها با تغییراتی مواجهه بوده‌اند. در بررسی سری‌های مجموع بارندگی سالیانه ایستگاه‌ها مشخص گردید که تغییرات موجود از نوع روند و در جهت منفی است. این تغییرات برای اکثر ایستگاه‌ها (به جز سقز) معنی‌دار است. در واقع می‌توان گفت که از بارندگی سالیانه تمام ایستگاه‌ها کاسته و بر دمای متوسط آن‌ها افزوده شده است. که این عامل به وجود ارتباط بین دو عنصر اقلیمی دما و بارش بیش از پیش قوت می‌بخشد. میزان تغییر این پارامترها در سنندج شدیدتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج آماره من - کندال برای ایستگاه‌های منتخب (* وجود روند در سطح ۰/۰۵، ** وجود روند در سطح ۰/۰۱)

پارامتر	سنندج	سقز	قروه	مریوان	زرینه	بیجار
بارش سالانه	** -۰/۴۵۷	-۰/۲۲۶	-۰/۲۸۳	* -۰/۳۲۰	-۰/۲۶۹	-۰/۲۹۲
میانگین دمای سالانه	** ۰/۵۹۶	۰/۰۸۱	** ۰/۵۵۷	** ۰/۴۳۷	۰/۰۷۸	۰/۱۸۴
میانگین سالیانه رطوبت نسبی	-۰/۲۴۱	۰/۰۰۲	-۰/۱۲۰	-۰/۰۴۶	۰/۰۹۰	-۰/۱۵۵
میانگین سالیانه حداکثر سرعت باد	-۰/۱۴۷	** ۰/۴۴۰	-۰/۲۴۲	۰/۱۶۶	۰/۰۷۴	-۰/۰۷۵

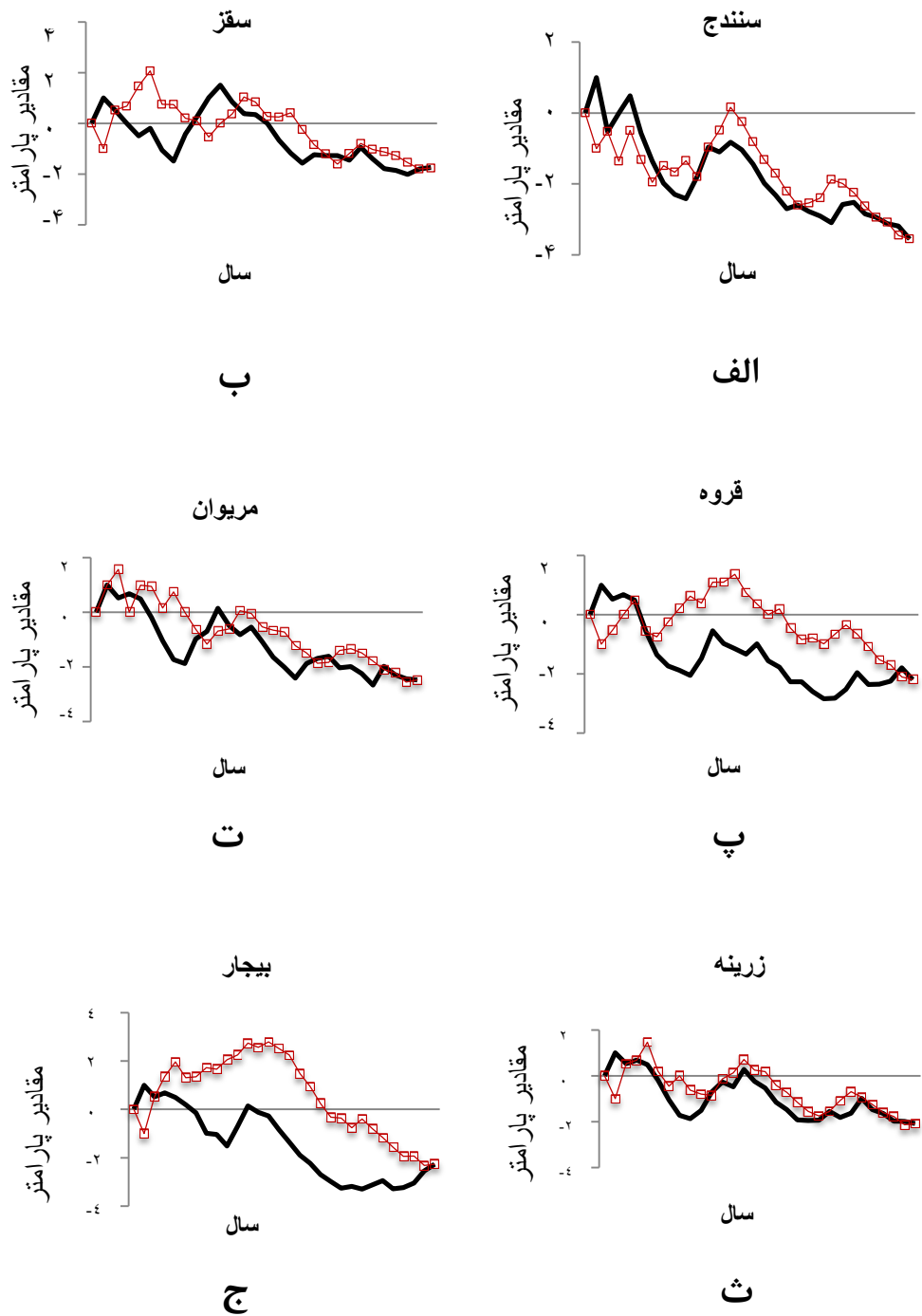
به طور کلی در ۱۰/۹ درصد از موارد تغییرات فصلی و سالانه دارای روند منفی، ۱۸/۵ درصد دارای روند مثبت، ۳۳/۹ درصد تغییرات افزایشی و ۳۶/۹ درصد آن از نوع تغییرات کاهش‌ی بوده است (جدول ۴).

جدول ۴- فراوانی وقوع و درصد تغییرات عناصر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

نوع تغییر	سالانه		دوره	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
روند منفی معنی‌دار	۵	۲۰/۸٪	۱۳	۱۰/۹٪
روند مثبت معنی‌دار	۴	۱۶/۷٪	۲۲	۱۸/۵٪
کاهش‌ی	۸	۳۳/۳٪	۴۴	۳۶/۹٪
افزایشی	۷	۲۹/۲٪	۳۹	۳۳/۹٪
بدون تغییر و روند	-	۰٪	۱	۰/۸٪
کل تغییرات	۲۴	۱۰۰٪	۱۱۹	۱۰۰٪

د: تحلیل آزمون گرافیکی کندال جهت تعیین نوع و زمان تغییر

برای این کار ابتدا نمودار کندال با استفاده از مؤلفه U (خطوط سیاه رنگ) و U' (خطوط قرمز رنگ) برای تمام عناصر مورد بررسی در مقیاس فصلی و سالانه ترسیم شد. به دلیل حجم زیاد نمودارها (بیش از ۲۰۰ نمودار) امکان ترسیم همه آنها در این بحث وجود نداشته و فقط نمونه‌ای از آن (بارندگی سالانه) آورده شده است (شکل ۵).



شکل ۵- تغییرات آماره های U و U' و تعیین نقاط جهش ۳۰ ساله ایستگاه‌ها به روش گرافیکی کندال (هرکدام از مربع‌ها نشان دهنده‌ی سال آماری به ترتیب از ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۲ می‌باشد).

همان‌طور که از شکل ۵ پیداست دو دنباله u و u' در تمامی ایستگاه‌ها تقریباً به صورت موازی هم حرکت خواهند کرد. البته در بعضی مواقع، دو خطوط با همدیگر برخوردی داشته‌اند اما این برخوردها به تغییر جهت منجر نشده است. بر این اساس می‌توان گفت هیچ یک از نمودارهای ترسیم شده روند آنچنان معنی‌داری را نشان نمی‌دهند و بیشتر تغییرات بارز اتفاق افتاده در دوره آماری، از نوع تغییرات ناگهانی است. این تغییرات در اکثر ایستگاه‌ها به خصوص برای بارندگی سالانه به صورت کاهشی است (شکل ۵). در ادامه، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل نمودارها در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- بررسی نوع (حروف) و زمان (اعداد) وقوع تغییرات ناگهانی پارامترهای اقلیمی در ایستگاه‌های استان کردستان

بیجار	زرینه	مریوان	قروه	سقز	سنندج	
۱۹۸۵ کاهشی	-	۱۹۸۶ کاهشی	۱۹۸۸ کاهشی	۱۹۸۵ کاهشی	۱۹۸۹ کاهشی	مجموع بارندگی
۱۹۸۷ کاهشی	۱۹۸۷ کاهشی	۱۹۹۳ افزایشی	۱۹۹۳ افزایشی	۱۹۸۷ کاهشی	۱۹۹۳ افزایشی	میانگین دمای متوسط
-	-	-	۱۹۹۲ کاهشی	-	-	میانگین رطوبت نسبی
۱۹۸۶ افزایشی	۱۹۸۵ افزایشی	۱۹۸۵ افزایشی	۱۹۸۵ افزایشی ۲۰۰۲ افزایشی	-	۱۹۸۶ افزایشی	میانگین حداکثر سرعت باد

ح: تحلیل آزمون پیرسون جهت تعیین میزان همبستگی بین متغیرها

برای تعیین میزان ارتباط بین دو متغیر از ضریب همبستگی پیرسون (r) استفاده شده است (جدول ۶). روی قطر اصلی، ضرایب همبستگی همواره یک است زیرا مقدار همبستگی هر متغیر با خودش در این سلول‌ها وجود دارند. در سلول‌های دیگر ضرایب همبستگی (r) و همچنین معیار تصمیم (sig) دو به دو برای متغیرها محاسبه شده است. در آزمون‌های همبستگی، معمولاً سطح آزمون یا معیار تصمیم را $0/05$ و $0/01$ در نظر می‌گیرند.

در جدول ۶، نتایج آزمون همبستگی پیرسون بین هر ۴ زوج متغیر به دست آمده است. به دلیل حجم زیاد جداول (۶ جدول) امکان آوردن همه آن‌ها در این بحث وجود نداشته و فقط نمونه‌ای از آن (ایستگاه سنندج) آورده شده است. سطح معنی‌داری به دست آمده بین دو متغیر مجموع بارندگی و میانگین رطوبت نسبی سالیانه برای ایستگاه سنندج برابر با $0/002$ است که بسیار کمتر از مقدار مفروض $0/01$ است. ضریب پیرسون نیز برابر با $0/544$ به دست آمده است. در نتیجه بین دو متغیر مجموع بارندگی و میانگین دمای متوسط سالیانه‌ی ایستگاه سنندج در سطح اطمینان 99% همبستگی معنی‌دار دیده شد. جهت این همبستگی مثبت و مقدار آن نیز متوسط است. همچنین، در تمامی ایستگاه‌ها (به جزء ایستگاه سقز) بین دو عنصر مذکور در سطح اطمینان 99% ، همبستگی معنی‌دار مثبت وجود دارد که نشان از وابسته بودن این دو متغیر نسبت به هم دارد. بین متغیرهای میانگین دمای متوسط و میانگین رطوبت نسبی در سطح اطمینان 95% در ایستگاه‌های سنندج، سقز و قروه و نیز در سطح اطمینان 99% در ایستگاه بیجار همبستگی معنی‌دار منفی مشاهده گردید که نشان از وجود رابطه بین این دو متغیر اقلیمی در این ایستگاه‌ها است.

جدول ۶- نتایج حاصله از آزمون همبستگی پیرسون در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد (۲ ضریب مقدار همبستگی و sig، سطح معنی داری)،* وجود روند در سطح ۹۵ درصد،** وجود روند در سطح ۹۹ درصد

ایستگاه سنندج					
میانگین سالیانه رطوبت نسبی	میانگین سالیانه حداکثر سرعت باد	دمای متوسط سالیانه	بارندگی سالیانه		
۰/۵۴۴**	-۰/۰۵۴	-۰/۳۵۶	۱	r	بارندگی سالانه
۰/۰۰۲	۰/۷۷۶	۰/۰۵۳		Sig	
-۰/۴۶۳*	۰/۰۱۲	۱	-۰/۳۵۶	r	دمای متوسط سالیانه
۰/۰۱۰	۰/۹۴۹			۰/۰۵۳	
-۰/۰۲۸	۱	۰/۰۱۲	-۰/۰۵۴	r	میانگین سالیانه حداکثر سرعت باد
۰/۸۸۴		۰/۹۴۹		۰/۷۷۶	
۱	-۰/۰۲۸	-۰/۴۶۳*	۰/۵۴۴**	r	میانگین سالیانه رطوبت نسبی
	۰/۸۸۴	۰/۰۱۰		۰/۰۰۲	

نتیجه گیری

هدف از این تحقیق یافتن یک درک جامع از نوسانات ادواری پارامترهای اقلیمی در استان کردستان با استفاده از نتایج آزمون‌های آماری مختلف (آزمون‌های آماری- گرافیکی من کندال و آزمون همبستگی پیرسون) بر روی داده‌های هواشناسی است که این امر می‌تواند زمینه مناسبی را به منظور بررسی‌های بیشتر در منطقه فراهم آورد. نتایج کلی از این تحقیق، حاکی از آن است که بر روی عناصر دما، بارش، رطوبت و باد در ۶ ایستگاه منتخب در استان کردستان تغییراتی از نوع نوسانات کوتاه مدت آب و هوایی و روند در طول دوره مطالعه (۲۰۱۲ - ۱۹۸۳) صورت گرفته است که در بعضی سری‌های ماهانه، فصلی و سالیانه مشاهده می‌شود. نکته جالب توجه ذکر این مطلب است که، در فصولی از سال که روند رطوبت نسبی منفی است بر میزان حداکثر سرعت باد افزوده شده و نیز در مواقعی که رطوبت دارای روند مثبت است از میزان شدت باد در منطقه کاسته شده است که این افزایش رطوبت نیز خود می‌تواند ناشی از کاهش سرعت باد در منطقه باشد (با کمتر شدن سرعت باد، انتقال و جابجایی رطوبت در سطح منطقه کاهش خواهد یافت). همچنین، از بارندگی سالیانه تمام ایستگاه‌ها کاسته و بر دمای متوسط آن‌ها افزوده شده است. که این تغییرات به وجود ارتباط مستقیم بین دو پارامتر اقلیمی دما و بارش بیش از پیش قوت می‌بخشد.

با برنامه‌ریزی‌های مناسب و صحیح می‌توان بسیاری از اثرات و پیامدهای منفی بوجود آمده ناشی از تغییرات پارامترهای اقلیمی را کاهش و یا تعدیل نمود. البته رسیدن به این امر در گرو هماهنگی و یکسو بودن برنامه‌های مختلف و همکاری مدیران و مسئولان استانی با یکدیگر است. به دلیل اینکه توانایی بشر در کنترل آب و هوا محدود است به همین منظور باید بیشتر بر روی روش‌های اساسی و کلیدی در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و استاندارد نمودن منابع و مناطق صنعتی و نیز حمایت و بهبود وضعیت اکولوژیکی منطقه تمرکز داشت.

در پایان، با توجه به اهداف پژوهش و راهکارهای بیان شده پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

- این مطالعه در یک دوره زمانی ۳۰ ساله (۲۰۱۲-۱۹۸۳) انجام شده است، بر این اساس پیشنهاد می‌شود در سال‌های آتی نیز به تناوب این گونه بررسی‌ها انجام گیرد تا درک بهتری از تغییرات پارامترهای اقلیمی در منطقه به دست آید.

- استفاده از رسانه‌های جمعی جهت فرهنگ‌سازی، مشارکت و هم‌اندیشی مدیران و مسئولان شهری و استانی در جهت تدوین برنامه‌های کاهش آلودگی و استاندارد نمودن فعالیت‌های صنعتی می‌تواند مفید واقع گردد.

امید است که این مطالعه گامی هر چند کوتاه برای شناخت بیشتر و زنگ خطری برای محققین و مسئولان کشوری و استانی باشد تا با توجه بیشتر به پدیده تغییر اقلیم و بررسی اثرات زیان بار آن با اجرای طرح‌های عملیاتی، هرچه سریعتر با آن مقابله کرده و از تشدید اثرات آن در آینده کاسته شود.

تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله از اداره مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی استان کردستان جهت همکاری برای در اختیار قرار دادن داده‌های مورد نیاز و همفکری‌های علمی قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. اسدی، مسلم، رحیمی، محمد، یزدانی، محمد رضا، پگاه فر، نفیسه، حیدری، محمد طالب، (۱۳۹۳)، تحلیل روند تغییرات بارندگی های فصلی و سالانه با استفاده از روش های ناپارامتری (مطالعه موردی: استان کردستان)، اولین همایش ملی محیط زیست دانشگاه پیام نور، اصفهان، ص ۱۰.
۲. خلیلی، علی، بذرافشان، جواد، (۱۳۸۲)، تحلیل روند تغییرات بارندگی های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، بیابان، شماره ۱، جلد نهم، ص ۳۳-۲۵.
۳. داورزنی، حسین، داوطلب، رحمان، (۱۳۸۵)، بررسی اثر تغییر اقلیم روی بارندگی در شاهرود، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، ۸ صفحه.
۴. رضایی بنفشه، مجید، شریفی، لیلا، پیر خضرائیان، سید لقمان، (۱۳۹۱)، برآورد میزان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: استان کردستان، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۱، ص ۱۰.
۵. روشنی، محمود، (۱۳۸۲)، بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران، ص ۳۸.
۶. عزیزی، قاسم، کریمی احمد آباد، مصطفی، سبک خیز، زهرا، (۱۳۸۴)، روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO₂، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد ۴، شماره ۵، پاییز و زمستان ۱۳۸۳، ص ۲۵-۴۳.
۷. مهدی زاده، صالح، مفتاح هلقی، مهدی، سید قاسمی، سمانه، مساعدی، ابوالفضل، (۱۳۹۰)، بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش در حوضه سد گلستان، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۳، ص ۱۶.
۸. نصوحیان، سپیده، قبادی نیا، مهدی، خالقی، حسن، طباطبایی، سید حسن، (۱۳۹۲)، بررسی اثر تغییر اقلیم روی دما و بارش در دشت‌های شهرکرد و بروجن، طی سال‌های ۲۰۴۹ - ۲۰۲۰، نخستین کنفرانس ملی آب و هوا شناسی ایران، ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲، ۱۰ صفحه.
۹. نظربخش، مهتاب، بهبهانی، سید محمود رضا، مساح بوانی، علیرضا، (۱۳۹۳)، شبیه سازی دما و بارش در حوضه قره‌سو با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های گردش عمومی، نخستین همایش تغییر اقلیم و راهی بسوی آینده پایدار، همایش های وزارت نیرو، ۲۰ خرداد ۱۳۹۳.
۱۰. هادی، فریبا، خاشعی سیوکی، عباس، شهیدی، علی، فرزانه، محمد رضا، (۱۳۹۳)، ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر بارندگی در اقلیم‌های مختلف، نخستین همایش تغییر اقلیم و راهی بسوی آینده پایدار، همایش های وزارت نیرو، ۲۰ خرداد ۱۳۹۳.
۱۱. Boberg, F., Berg, P., Gutowski, W. J. and Christensen, J. H., (2010), Improved confidence in climate change projections of precipitation further evaluated using daily statistics from ENSEMBLES models, *Climate Dynamics*, 35(7), 1509-1520.
۱۲. Chungi, S.O., Rodri, J. A., Weatherhead, E. K., and Knox, J. W., (2011), climate change impacts on water for irrigating padded rice in south Korea. *Irrig and Drain*, vol. 60:263-273.

- Mitchell, J.M. (1966) "Climatic Change", WMO Issue, Vol. 79, Pp. 63- 67. .۱۳
- Morel, P.: (2001), 'Why GEWEX? The Agenda for a Global Energy and Water Cycle Research Program', in Twitchell, .۱۴
403 P. (ed.), GEWEX NEWS11 (1), 1, 7-11. International GEWEX Project Office, 1010 Wayne Avenue 450, 404
Silver Springs, MA (USA).
- Nijssen, B., G.M., O'Donnell, A.F., Hamlet, and D.P., Lettenmaier, (2001), 'Hydrologic Sensitivity of Global Rivers to .۱۵
Climate Change', *Climate Change* 50 (1-2), 143-175.
- Olivier, G.J. Janssens, G.M. Marilena, M. Jeroen, A. Peters, H.W. (2013). TRENDS IN GLOBAL CO2 EMISSIONS, .۱۶
PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. 2013 Report.
- Pachauri, R.K., and A. Reisinger, (2007), Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth .۱۷
Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland. 104p.
- Steele-Dunne, S., Lynch, P., McGrath, R., Semmler, T., Wang, S., Hanafin, J., and Nolan, P. (2008) The impacts of .۱۸
climate change on hydrology in Ireland." *J.Hydrology.*, 356: 28-45
- Sueyers. R. (1990), on the Statistical Analysis of Series of Observation, wmo, no 415, pp 2 – 15. .۱۹
- Turgay, P. and K. Ercan, (2005), Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological processes published online .۲۰
in wiley Interscience (www.Interscience.wiley.com).
- WMO, (2000), Detecting Trend and Other Change in Hydrological Data. WMO/TD–NO .1013. .۲۱
- and projection of summer rainfall Zhao, Y., Camberlin, P., and Richard, Y. (2005). Validation of a coupled GCM .۲۲
downscaling method, *Climate research.* 28: 109-122. change over South Africa, using a statistical

Statistical Analysis of climate parameters Periodic fluctuations in Chosen Stations of the Kurdistan Province

Abstract

The aim of this study is to investigate possible deviations from normal for Some climatic parameters in the Kurdistan. Calculation and analysis is done based on variables such as temperature, precipitation, humidity and maximum wind speed. Period examined in this study is a 30-year period between 1983 and 2012 and is included Sanandaj, Saghez, Ghorveh, Marivan, Zarina Stations and Bijar At first, will identify data changes using the Mann-Kendall test. Then Characterized type and time of change. At the end Pearson correlation test was applied between variables. The results of data analysis indicate that start time of more changes is sudden and includes both the trend and fluctuation. Also, the results of the pearson correlation test suggests in most stations, there is positive significant correlation between rainfall and humidity and also negative significant correlation between temperature and humidity parameters.

Key words: Climate change- Mann-Kendall test-Pearson correlation test -trend- Kurdistan