

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۰، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۱۸-۱۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۲/۱۷

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

محمد رحیمی^۱
محمد رضا یزدانی^۲
مسلم اسدی^۳
نفیسه پگاه فر^۴
محمد طالب حیدری^۵

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 به دست آمده از تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که زمان شروع بیش‌تر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. همچنین نتایج به دست آمده از آزمون همبستگی پیرسون

۱- استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان.

۲- استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی دانشگاه سمنان.

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته بیابان‌زدایی دانشگاه سمنان.

۴- استادیار پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی.

۵- رئیس کل مرکز تحقیقات هواشناسی استان کردستان.

حاکمی 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.

واژگان کلیدی: 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. 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. 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 بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC6) افزایش متوسط جهانی دما را 0.76 درجه سانتیگراد در قرن گذشته و $1/1$ تا $6/4$ درجه سانتیگراد در قرن حاضر پیش‌بینی می‌کنند (مهدی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۶). بزرگی افزایش دماهای پیش‌بینی شده تا $2/5$ درجه سانتیگراد در اواخر قرن حاضر به‌طور 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 (Morel, 2001: 403; Nijssen et al, 2001: 8).

مطالعات متعددی در سطح جهان در زمینه نوسانات پارامترهای اقلیمی و اثرات آن انجام شده است. در یکی از این مطالعات (Steele Dunne et al, 2008: 17)، مدل اقلیمی منطقه‌ای RCA3 را به‌منظور ریزمقیاس‌سازی دینامیکی داده‌های بارش و دما برای ۹ حوضه کشور ایرلند به کار بردند. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده 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، زمان‌بندی 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.

Olivier et al, (2013: 64) وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO₂) را در مقیاس جهانی بررسی کردند. نتایج این تحقیقات 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 نصحیان و همکاران (۱۳۹۲: ۱۰)، اثرات تغییر اقلیم را بر بارندگی دشت‌های بروجن و شهرکرد بررسی کردند. به طوری که 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 پدیده 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 طوری که 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 مطالعه‌ای دیگر، نظربخش و همکاران (۱۳۹۳: ۱۰)، تغییرات بارش و دما را در زیرحوضه قره‌سو با استفاده از ریزمقیاس کردن آماری مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده حاکی از افزایش آن در تمام ماه‌های سال بین ۰/۴۳ تا ۱/۶ درجه 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 به‌نظر می‌رسد هنوز سازوکار اصلی حاکم در زمان تغییرات پارامترهای اقلیمی به‌ویژه 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.

منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با مساحت ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع از لحاظ اقلیمی و طبیعی منطقه‌ای 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 (استاندارداری کردستان ۷). اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست‌ترین نقاط استان نیز به حدود ۲۴۰۰ متر می‌رسد (رضایی‌بنفشه و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰).

مواد و روش‌ها

در این مطالعه 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 (WMO8, 2000). از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌هایی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود (4: Turgay & Ercan, 2005). در ادامه به منظور تعیین همبستگی بین متغیرها آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS9 محاسبه و داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهند گرفت. 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

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° ۱۲'
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 برای تعیین جهت روند، نوع و نیز ارزیابی روند تغییرات استفاده می‌گردد. بدین منظور معمولاً از جداول ویژه‌ای استفاده می‌شود. 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

8- World Meteorological Organization

9- Statistical package for social science

تنظیم می‌گردد (4: Mitchell, 1966). جهت تکمیل جداول نیاز به محاسبه ضریب t آزمون کندال می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید (13: Sueyers, 1990):

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

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:

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

در این آزمون وجود روند در شکل دو طرفه آن صحیح بوده و از این رو فرض صفر برای مقادیر بالای $u(t_i)$ ارد می‌گردد و $u(ti)$ از رابطه زیر استفاده می‌شود.

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

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

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

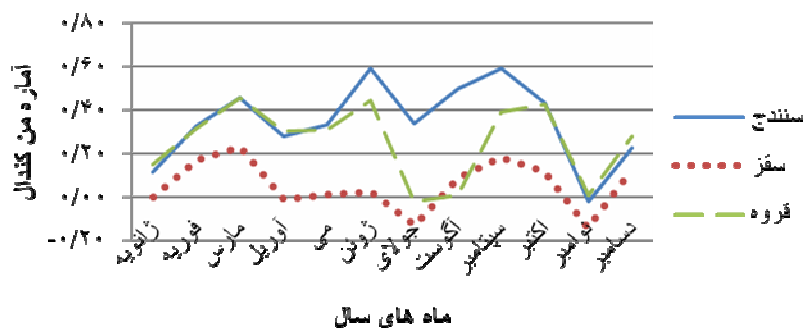
دیگر مؤلفه مورد نیاز مقدار u' است که معادل عکس u می‌باشد:

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

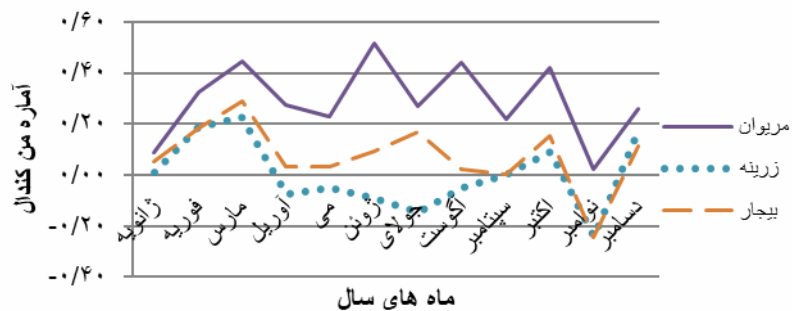
اگر خطوط مذکور در داخل محدوده بحرانی ($\pm 1/96$) همدیگر را قطع کنند نشانه زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع نمایند بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است.

یافته‌ها و بحث

نتایج به دست آمده از تست من-کندال برای 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 (شکل ۱ و ۲).

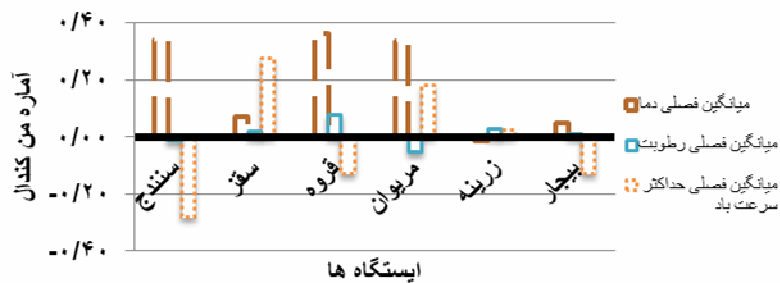


شکل (۱) تغییرات روند میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های سنندج، سقز و قروه

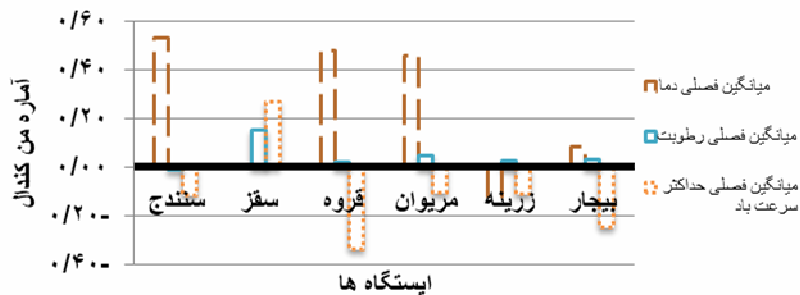


شکل (۲) تغییرات روند میانگین دمای ماهانه در ایستگاه‌های مریوان، زرینه و بیجار

از نظر پارامتر میانگین فصلی بارش نیز، بیش‌ترین شدت تغییرات در آماره من کندال در ایستگاه سندج به میزان ۰/۳۷۹- مشاهده گردید که به فصل زمستان مربوط می‌شود. متغیر حداکثر سرعت باد در ازای افزایش یا کاهش دما نسبت به متغیر رطوبت بیش‌تر تغییر کرده است. این تغییرات در ماه‌های فصل پاییز و بهار نسبت به ماه‌های فصل زمستان و تابستان 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 سنندج مشخص می‌کند که روند مثبت متوسط دما و حداکثر سرعت باد با روند معنی‌دار کاهش 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 کاهش در میانگین رطوبت نسبی فصل زمستان و تابستان در ایستگاه سقز.

جدول (۲) نتایج آماره من - کندال برای ایستگاه‌های منتخب (* وجود روند در سطح ۹۵٪، ** وجود روند در سطح ۹۹٪)

میانگین فصلی دما				
ایستگاه‌ها	پاییز	تابستان	بهار	زمستان
میانگین فصلی دمای سنندج	**۰/۳۳۹	**۰/۶۰۰	**۰/۵۳۱	۰/۱۹۶
میانگین فصلی دمای سقز	۰/۰۶۹	۰/۰۹۵	۰/۰۰۰	۰/۱۱۵۳۱۳*
میانگین فصلی دمای قروه	**۰/۳۶۲	۰/۲۲۲	**۰/۴۸۰	
میانگین فصلی دمای مریوان	**۰/۳۳۶	**۰/۳۴۸	**۰/۴۶۰	۰/۲۵۳
میانگین فصلی دمای زرینه	-۰/۰۱۴	۰/۰۲۵	-۰/۱۲۰	۰/۱۵۹
میانگین فصلی دمای بیجار	۰/۰۴۸	۰/۲۱۷	۰/۰۸۳	۰/۱۶۱

جدول (۲)، روندهای مثبت و منفی متوسط دمای فصلی را در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. بیش‌ترین مقدار افزایش دمای متوسط نیز به‌ترتیب 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 به‌صورت منفی است که آن هم از شدت بالایی برخوردار نیست.

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. هم‌چنین از بارندگی سالیانه تمام ایستگاه‌ها کاسته و بر دمای متوسط آن‌ها افزوده شده است. که این عامل به‌وجود ارتباط بین دو عنصر اقلیمی دما و بارش بیش از پیش قوت می‌بخشد (جدول ۳).

جدول (۳) نتایج آماره من - کندال برای ایستگاه‌های منتخب (*وجود روند در سطح ۹۵٪، **وجود روند در سطح ۹۹٪)

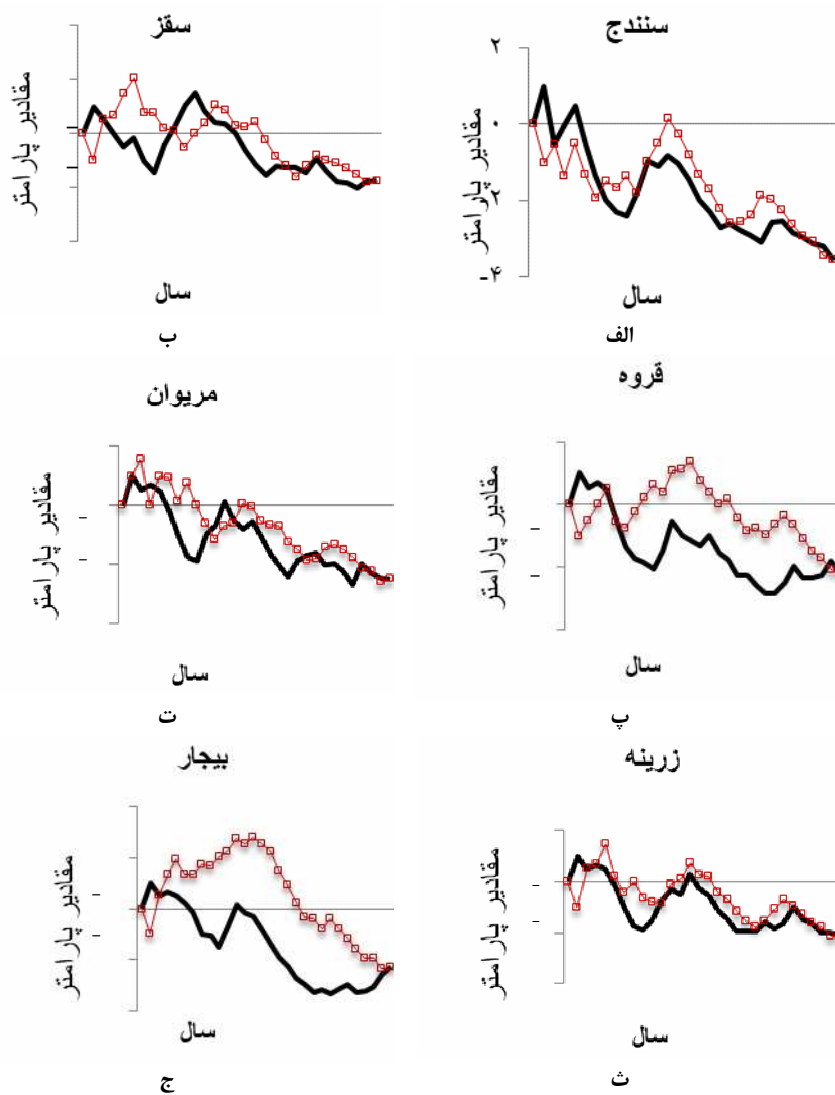
پارامتر	سنندج	سقز	قروه	مریوان	زربنه	بیجار
بارش سالانه	** -۰/۴۵۷	-۰/۲۲۶	* -۰/۲۸۳	* -۰/۳۲۰	* -۰/۲۶۹	* -۰/۲۹۲
میانگین دمای سالانه	** ۰/۵۹۶	۰/۰۸۱	** ۰/۵۵۷	** ۰/۴۳۷	۰/۰۷۸	۰/۱۸۴
میانگین سالیانه رطوبت نسبی	-۰/۲۴۱	۰/۰۰۲	-۰/۱۲۰	-۰/۰۴۶	۰/۰۹۰	-۰/۱۵۵
میانگین سالیانه حداکثر سرعت باد	-۰/۱۴۷	** ۰/۴۴۰	-۰/۲۴۲	۰/۱۶۶	۰/۰۷۴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

به‌طور 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٪

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. به‌دلیل 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 آماره‌های u و u' و تعیین نقاط جهش ۳۰ ساله ایستگاه‌ها به روش گرافیکی کندال (هرکدام از مربع‌ها نشان‌دهنده 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. 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 کاهش	-	۱۹۸۶ کاهش	۱۹۸۸ کاهش	۱۹۸۵ کاهش	۱۹۸۹ کاهش	مجموع بارندگی
۱۹۸۷ کاهش ۱۹۹۶ افزایش	۱۹۸۷ کاهش	۱۹۹۳ افزایش	۱۹۹۳ افزایش	۱۹۸۷ کاهش	۱۹۹۳ افزایش	میانگین دمای متوسط
-	-	-	۱۹۹۲ کاهش	-	-	میانگین رطوبت نسبی
۱۹۸۶ افزایش	۱۹۸۵ افزایش	۱۹۸۵ افزایش	۱۹۸۵ افزایش ۲۰۰۲ افزایش	-	۱۹۸۶ افزایش	میانگین حداکثر سرعت باد

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 سالیانه 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 جز 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 ۹۵٪ در ایستگاه‌های سنندج، سقز و قروه و نیز در سطح اطمینان ۹۹٪ 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 معنی‌داری)، * 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* ۰/۰۰۲	-۰/۰۵۴ ۰/۷۷۶	-۰/۳۵۶ ۰/۰۵۳	۱	r	بارندگی سالانه
				Sig	
-۰/۴۶۲* ۰/۰۱۰	۰/۰۱۲ ۰/۹۴۹	۱	-۰/۳۵۶ ۰/۰۵۳	r	دمای متوسط سالیانه
				sig	
-۰/۰۲۸ ۰/۸۸۴	۱	۰/۰۱۲ ۰/۹۴۹	-۰/۰۵۴ ۰/۷۷۶	r	میانگین سالیانه حداکثر سرعت باد
				sig	
۱	-۰/۰۲۸ ۰/۸۸۴	-۰/۴۶۲* ۰/۰۱۰	۰/۵۴۴** ۰/۰۰۲	r	میانگین سالیانه رطوبت نسبی
				sig	

نتیجه‌گیری

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 کندانال 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 جابه‌جایی 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 به‌وجود ارتباط مستقیم بین دو پارامتر اقلیمی دما و بارش بیش از پیش قوت می‌بخشد.

به‌دلیل اینکه توانایی بشر در کنترل آب و هوا محدود است به‌همین 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.

سپاسگزاری

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

- اسدی، مسلم؛ رحیمی، محمد؛ یزدانی، محمدرضا، پگاه‌فر، نفیسه و محمدطالب حیدری (۱۳۹۳)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه با استفاده از روش‌های ناپارامتری (مطالعه موردی: استان کردستان)»، اولین همایش ملی محیط زیست دانشگاه پیام نور، اصفهان، ص ۱۰.
- رضایی‌بنفشه، مجید؛ شریفی، لیلا و سیدلقمان پیرخضریان (۱۳۹۱)، «برآورد میزان گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مطالعه موردی: استان کردستان، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال پنجم، شماره ۱۸، زمستان ۹۱، ص ۱۰.
- مهدی‌زاده، صالح؛ مفتاح هلقی، مهدی؛ سیدقاسمی، سمانه و ابوالفضل مساعدی (۱۳۹۰)، «بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش در حوضه سد گلستان»، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۳، ۱۶ ص.
- نصوحیان، سپیده؛ قبادی‌نیا، مهدی؛ خالقی، حسن و سیدحسن طباطبایی (۱۳۹۲)، «بررسی اثر تغییر اقلیم روی دما و بارش در دشت‌های شهرکرد و بروجن، طی سال‌های ۲۰۴۹-۲۰۲۰»، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، ۳۱ اردیبهشت و ۱ خرداد ۱۳۹۲، ۱۰ صفحه.
- نظربخش، مهتاب؛ بهبهانی، سیدمحمودرضا و علیرضا مساح بوانی (۱۳۹۳)، «شبیه سازی دما و بارش در حوضه قره‌سو با در نظر گرفتن عدم قطعیت مدل‌های گردش عمومی»، نخستین همایش تغییر اقلیم و راهی به سوی آینده پایدار، همایش‌های وزارت نیرو، ۲۰ خرداد ۱۳۹۳.
- هادی، فریبا؛ خاشعی سیوکی، عباس؛ شهیدی، علی و محمدرضا فرزانه (۱۳۹۳)، «ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم بر بارندگی در اقلیم‌های مختلف»، نخستین همایش تغییر اقلیم و راهی به سوی آینده پایدار، همایش‌های وزارت نیرو، ۲۰ خرداد ۱۳۹۳.
- 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.

- Mitchell, J M. (1966) “*Climatic Change*”, WMO Issue, Vol. 79, Pp. 63-67.
- Morel, P. (2001), “Why GEWEX? The Agenda for a Global Energy and Water Cycle Research Program”, in Twitchell, 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 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, PBL”, Netherlands Environmental Assessment Agency, 2013 Report.
- Steele-Dunne, S., Lynch, P., McGrath, R., Semmler, T., Wang, S., Hanafin, J., and Nolan, P. (2008), “The impacts of climate change on hydrology in Ireland”, *J. Hydrology*, 356: 28-45
- Sueyvers. R, (1990), “On the Statistical Analysis of Series of Observation”, WMO, No 415, Pp. 2-15.
- Turgay, P. and K. Ercan, (2005), “Trend Analysis in Turkish Precipitation data”, Hydrological processes published online in wiley Interscience (www.Interscience.wiley.com).
- WMO, (2000), “Detecting Trend and Other Change in Hydrological Data”, WMO/TD, No .1013.