



دوازدهمین همایش ملی
سامانه های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

آشکارسازی تغییرات اقلیمی با استفاده از روش من کندال (مطالعه موردی:

دشت بزم)

چکیده

تغییر اقلیم یکی از عمده ترین چالش های پیش روی بشر در زمان حاضر است. پدیده هایی مانند تغییرات بارندگی، گرم شدن جهانی، سیل و .. در بسیاری از نقاط جهان به حدی شدید و نگران کننده است که موضوع تغییر اقلیم را در صدر مطالعات محققین علوم جوی قرار داده است و تحقیقات گسترده ای در مقیاس جهانی، ناحیه ای و محلی را به خود اختصاص داده است. هدف این پژوهش آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم به ویژه عناصر اقلیمی بارش و دبی با استفاده از آزمون من-کندال در دشت بزم در استان کرمان می باشد. در این تحقیق پس از همگنی و صحت سنجی داده ها، ۲ ایستگاه هیدرومتری و ۲ ایستگاه باران سنجی با دوره آماری سال های ۱۴۰۱-۱۳۷۲ انتخاب شد. نتایج حاصل از آزمون من کندال روند معنی دار بر داده های بارش را نشان می دهد. اما؛ آنالیز روند برای داده های دبی دو ایستگاه بره سوز و خانه خاتون عدم وجود روند بر داده های دبی را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: آزمون من-کندال، بزم، بارندگی، دبی

۱-مقدمه

تغییر اقلیم یکی از مهم ترین چالش هایی است که بخش های مختلف زندگی انسان را در روی زمین تحت تأثیر قرار داده است. تغییر اقلیم عبارت است از هر گونه تغییر در آب و هوا در طول زمان که ناشی از عوامل طبیعی یا انسانی می باشد [1]. بارش و دبی به عنوان مهم ترین متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی می توانند موجب بسیاری از ناهنجاری ها در شرایط اقلیمی گردد [2]. شناخت و آشکارسازی روند گذشته سری های زمانی متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی از نظر زمانی و مکانی برای تحلیل گران اقلیمی و برنامه ریزان منابع آب جهت اتخاذ سیاست ها و برنامه های مناسب آمادگی و انطباق با اثرات نامطلوب پدیده آب و هوایی، کاهش خسارت ناشی از آن و درک درست این متغیرها در سطح منطقه در طی دوره آتی حائز اهمیت است [3]. روند تغییرات در سری های زمانی به دو صورت تدریجی و یا سریع (نقطه ای) اتفاق می افتد. روند سریع یا نقطه ای در طول یک سری زمانی به صورت شکست یا افزایش ناگهانی دیده می شود که عمدتاً در اثر اتفاقات و اقدامات خاص مانند احداث سازه های آبی رخ می دهد ولی روند تدریجی حاصل تغییرات جزئی در کل طول دوره آماری است. متداول ترین روش برای تحلیل روند سری های زمانی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن ها با استفاده از آزمون های



دوازدهمین همایش ملی سامانه های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

آماري پارامتری و ناپارامتری می باشد. در سال های اخیر، پژوهشگران متعددی از تحلیل روند برای ارزیابی اثرات پتانسیل تغییر اقلیم و تغییرپذیری آن روی سری های زمانی در نقاط مختلف جهان استفاده کرده اند که در ادامه به برخی از آن ها اشاره می گردد.

عزیزی و روشنی [4] به بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر با عناصر دما، بارش، رطوبت و ابرناکی پرداخته است. نتایج به دست آمده از این روش در طی دوره ۱۹۹۵-۱۹۹۴ نشان می دهد که زمان شروع بیشتر تغییرات ناگهانی و تغییرات از هر دو نوع روند و نوسان می باشند. امیریان و سلطانی [5] در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر حوزه جراحی از آزمون ناپارامتریک من-کندال و پارامتری رگرسیون استفاده کردند. بدین منظور از داده های پنج ایستگاه آب سنجی طی دوره ۱۳۶۸-۱۳۸۷ استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه ها دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده است. وفاخواه و همکاران [6] روند تغییرات بارش و دبی در حوزه آبخیز کشف رود در ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره ی آماری بین سال های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحلیل آن ها نشان داد که دبی در دو ایستگاه بدون روند و در مابقی دارای روند کاهشی بود و در داده های بارش در ۵ ایستگاه دارای روند افزایشی و ۸ ایستگاه دارای روند کاهشی بود. دارابی و همکاران [7] با استفاده از روش آماری من-کندال، روند تغییرات اقلیمی پارامترهای بارش، دما، باد و رطوبت نسبی استان قم را برای سال های ۱۳۶۸ تا ۱۳۹۲ مورد مطالعه قرار دادند و متوجه شدند که میانگین حداقل و متوسط دمای سالانه دچار جهش اقلیمی و بارندگی فاقد روند معنی دار می باشد. همچنین دریافتند که میانگین رطوبت نسبی نوسانات زیادی داشته و روند آن افزایشی است. ترکمان و همکاران [8] به تحلیل روند پارامترهای اقلیمی استان خوزستان با استفاده از آزمون من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد که بارندگی دارای روند معنی دار کاهشی ولی دما و تبخیر و تفرق و رطوبت نسبی دارای روند معنی دار افزایشی است. شاکریان و همکاران [9] به بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه های حوضه کارون با استفاده از روش من-کندال پرداختند. نتایج نشان داد که بارندگی و دبی دارای روند کاهشی می باشند. ونگ و همکاران [10] با انجام پژوهشی در چین با استفاده از آزمون من کندال بر روی پارامترهای اقلیمی دما، رطوبت نسبی و باد برای سال های ۱۹۵۴ تا ۲۰۱۲ متوجه روند مثبت دما و کاهش رطوبت نسبی و سرعت باد شدند. بلین [11] با استفاده از آزمون من کندال به بررسی تغییرات اقلیمی بر روی داده های ماهانه، حداقل و حداکثر بارش و دما در برزیل پرداختند. نتایج نشان دهنده اثرات تغییر اقلیم بود. ضرغامی [12] از آزمون ناپارامتریک من-کندال به منظور تشخیص روند متغیرهای عمده هیدرولوژیکی در حوزه رودخانه تاریخیم برای دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۷ استفاده کردند؛ نتایج نشان داد که متوسط درجه حرارت سالانه هوا و بارش، روند رو به رشدی را تجربه می کنند. در حالی که رواناب ها و جریان سطحی سالانه روندی هم کاهشی و هم افزایشی داشته اند. آکتر و همکاران [13] روند تغییرات بارش و دبی در حوزه رودخانه سورما واقع در شمال شرق بنگلادش توسط آزمون ناپارامتریک من-کندال بررسی کردند و نتایج حاکی از کاهش روند تغییرات بارش و دبی برای دوره آماری ۱۹۷۳-۲۰۱۶ بود. توصیف و همکاران [14] با بررسی روند بلندمدت بارندگی و پیش بینی های آینده در حوضه رودخانه ژيانگ چین با آزمون من-کندال و سن نشان داد که بارش دارای روند

¹ Wang

² Blain

³ Akter

⁴ Touseef



دوازدهمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

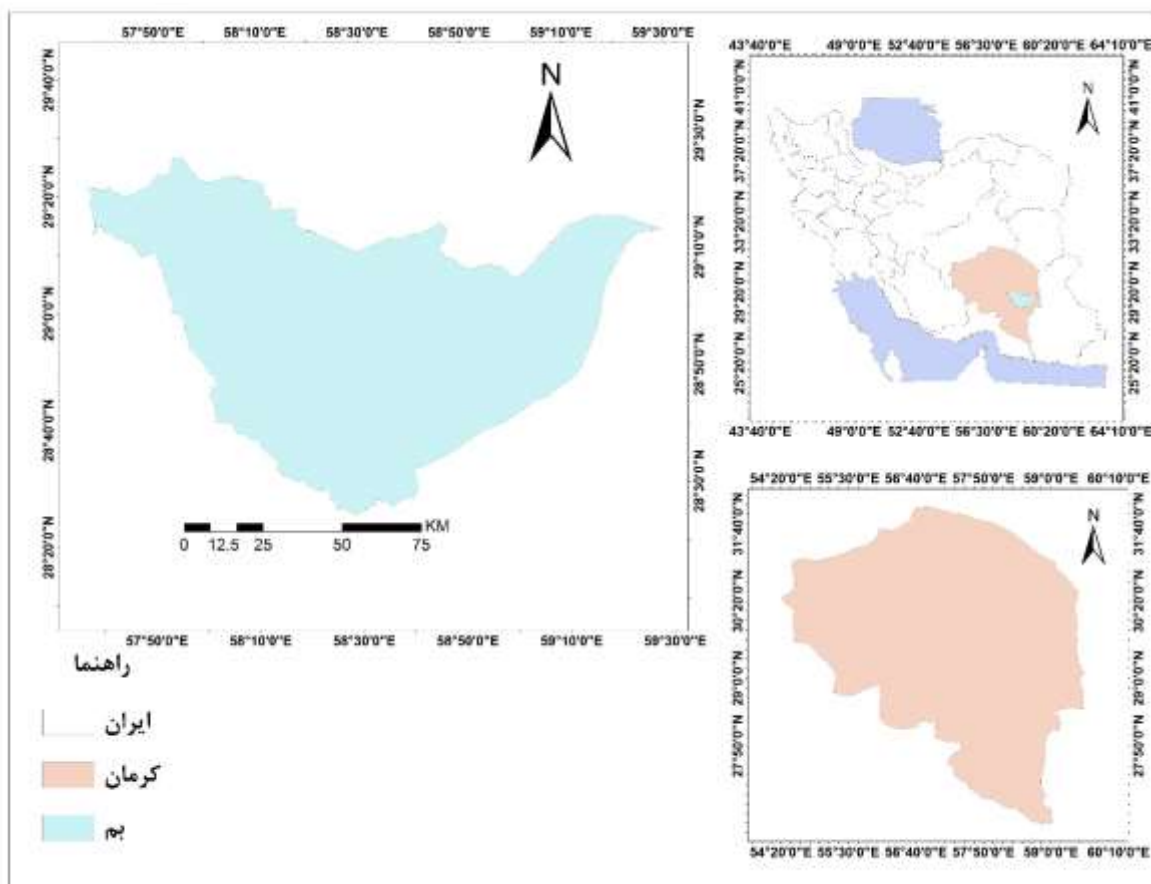
۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

کاهشی است ولی پیش بینی حاکی از روند افزایشی برای سال های آینده دارد. هدف مطالعه حاضر آشکارسازی و تحلیل روند تغییرات اقلیم (بارش و دبی) در دشت بم است، که برای تصمیم گیری و برنامه ریزی فضایی و زمانی تغییرات اقلیمی رخ داده شده در محدوده مورد مطالعه تعیین کننده است.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

بم یکی از شهرستان های استان کرمان است که به فاصله ۲۰۷ کیلومتری جنوب شرقی مرکز استان کرمان و در حاشیه کویر لوت قرار دارد. این منطقه بین طول های ۱۵° و ۵۷° تا ۳۰° و ۵۹° شرقی و عرض های ۳۰° و ۲۸° تا ۴۵° و ۲۹° شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال به کویر لوت و از مشرق به کویر سیستان و از مغرب به سلسله جبال بارز محدود می باشد. محدوده مطالعاتی بم-نرماشیر جزء حوزه آبخیز کویر لوت می باشد. ارتفاع متوسط دشت بم-نرماشیر از سطح دریا ۹۶۰ متر و وسعت آن حدود ۹۶۹۶ کیلومتر مربع می باشد. شکل ۱ موقعیت حوزه مورد مطالعه را در ایران و استان کرمان نشان می دهد.



شکل (۱)- موقعیت حوزه مورد مطالعه در ایران و استان کرمان

۲-۲- روش کار

برای انجام این پژوهش از پارامترهای اقلیمی بارش و دبی تهیه شده از سازمان هواشناسی برای دوره آماری سال‌های آبی ۱۳۷۲ تا ۱۴۰۱ استفاده شده است. برای تحلیل روند پارامترهای اقلیمی از آزمون من کندال استفاده شده است که در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهد شد. مشخصات ایستگاه‌های منتخب در جدول ۱ آورده شده است.



انجمن علمی سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

جدول (۱) - مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

متغیر	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بارش	بم	58° 21'	29° 05'
	کراد	57° 37'	28° 60'
دبی	بره سوز	57° 26'	29° 23'
	خانه خاتون	57° 40'	29° 25'

جهت تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود که این آزمون‌ها به دو دسته‌ی پارامتری و ناپارامتری قابل تفکیک می‌باشند. آزمون‌های ناپارامتری نسبت به آزمون‌های پارامتری کاربرد نسبتاً وسیع‌تر و چشمگیرتری دارا هستند زیرا در روش‌های پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی که در روش‌های ناپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گمشته حساسیت کمتری دارند. نقطه اشتراک دو آزمون پارامتری و ناپارامتری داشتن داده‌های مستقل است [15]. از بین آزمون‌های روند ناپارامتری برای تشخیص روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی روش من-کندال مناسب‌تر است مخصوصاً برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن‌اند و داده‌های پرت دارند [16].

۲-۲-۱- آزمون من-کندال

این آزمون ابتدا در سال ۱۹۴۵ توسط "Mann" ارائه شد و سپس در سال ۱۹۶۶ توسط "Kendall" توسعه یافت. این آزمون نیاز به توزیع فراوانی نرمال و یا خطی بودن رفتار داده‌ها ندارد و نسبت به داده‌هایی که در رفتار خطی انحراف دارند بسیار قوی عمل کرده و به منظور ارزشیابی روند به کار برده می‌شود [7]. در این آزمون فرض صفر (H_0) و فرض مقابل (H_1) به ترتیب معادل بدون روند و وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهداتی است. این آزمون به دو روش انجام می‌شود:

۲-۲-۲- آزمون آماره T من کندال:

برای انجام این آزمون ابتدا باید آماره S را با استفاده از رابطه ۱ محاسبه نمود:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

که در آن X_j مقدار داده j ام، n تعداد داده‌ها و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت و با رابطه ۲ قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (2)$$



من (۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) نشان دادند که برای مقادیر $n \leq 8$ آماره S دارای توزیع نرمال بوده و میانگین و واریانس آن رابطه ۳ به دست می آید [17]:

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

که در آن m_i تعداد داده های یکسان در دسته i ام می باشد. آماره آزمون من کندال (Z) از رابطه ۴ محاسبه می شود:

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

اگر آماره Z مثبت باشد روند صعودی و اگر منفی باشد روند نزولی در نظر گرفته می شود. با توجه به سطح معنی دار ۹۵ درصد اگر $|Z| > 1/96$ باشد فرض صفر رد شده و سری زمانی پارامتر مورد مطالعه دارای روند معنی دار و در غیر این صورت فاقد روند ارزیابی می شود [18].

۲-۲-۳- آزمون نموداری من کندال:

مراحل اجرای آزمون به اختصار به شرح زیر است:

داده ها را رتبه بندی کرده و آماره t_i که نسبت رتبه I به رتبه های قبلی آن تعریف می شود را محاسبه نموده و سپس فراوانی تجمعی آماره t_i را به دست می آوریم. امید ریاضی، واریانس و شاخص من کندال براساس رابطه های ۵، ۶ و ۷ زیر محاسبه می شود [19].

$$E_i = \frac{n_i(n_i-1)}{4} \quad (5)$$

$$v_i = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5)}{72} \quad (6)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (7)$$



دوازدهمین همایش ملی سامانه های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

در روابط شماره ۵، ۶، n_i ترتیب زمانی داده ها می باشد. برای بررسی تغییرات باید شاخص U_i نیز محاسبه شود: داده ها را رتبه بندی کرده و آماره t_i که نسبت رتبه I به رتبه های بعدی آن تعریف می شود را مشخص کرده و سپس فراوانی تجمعی t_i را محاسبه می کنیم. امید ریاضی، واریانس و شاخص U_i به شرح روابط ۸، ۹ و ۱۰ است:

$$\hat{E}_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)}{4} \quad (8)$$

$$\hat{V}_i = \frac{[N - (n_i - 1)](N - n_i)[2(N - (n_i - 1))] + 5}{72} \quad (9)$$

$$\hat{U}_i = \frac{-(\sqrt{t_i} - \hat{E}_i)}{\sqrt{\hat{V}_i}} \quad (10)$$

در روابط فوق N حجم نمونه آماری مورد مطالعه است. محل تلاقی شاخص U_i و $\hat{U}_i$ با نشانه تغییر ناگهانی در رفتار زمانی سری آماری است. عدم تلاقی منحنی و یا قرارگیری آن ها در داخل محدود ۹۵ درصد اطمینان، تغییرات معنی داری را در داده ها نشان نمی دهد، اما اگر خطوط مذکور همدیگر را در داخل محدوده بحرانی $\pm 1/96$ و $\pm 2/58$ قطع کنند و سپس از محدوده بحرانی خارج شوند، نشانه تغییری ناگهانی و روندی معنی دار به ترتیب در سطح ۹۵ درصد و ۹۹ درصد اطمینان است. اگر منحنی U به طرف مثبت حرکت کند روند مثبت و در غیر این صورت روند منفی دارد. تلاقی های بیرون از محدوده بحرانی بیانگر تغییر ناگهانی رفتار سری است [20].

۳- نتایج

در این پژوهش تحلیل روند با به کارگیری روش من - کندال برای سری های زمانی بارندگی و دبی در دشت بم برای ایستگاه های مختلف ارائه می گردد. نتایج براساس روش ارائه خواهد شد تا از وضعیت روند در سیستم هواشناسی و هیدرولوژی حوزه تصور دقیق تری ایجاد گردد.

۳-۱- بارندگی

نتایج حاصل از تحلیل روند بارندگی در جدول ۲ قابل مشاهده است. ملاحظه می گردد بارش در ایستگاه های بم و کراد دارای P_value بیشتر از پنج صدم و فرض صفر مبنی بر وجود روند پذیرفته می شود.

۳-۲- دبی

جدول ۳ نتایج حاصل از تحلیل روند دبی را برای ایستگاه های مورد مطالعه را نشان می دهد. ملاحظه می گردد دبی در ایستگاه های بره سوز و خانه خاتون دارای P_value کمتر از پنج صدم و فرض صفر مبنی بر وجود روند رد می شود.



دوازدهمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

جدول (۲)- نتایج آزمون من کندال برای ایستگاه های بارانسنجی در دوره آماری ۱۳۷۲-۱۴۰۱

نام ایستگاه	P-value
بم	0.339**
کراد	0.479**

معنی داری در سطح 0.05**

جدول (۳)- نتایج آزمون من کندال برای ایستگاه های هیدرومتری در دوره آماری ۱۳۷۲-۱۴۰۱

نام ایستگاه	P-value
بره سوز	0.009
خانه خاتون	0.032

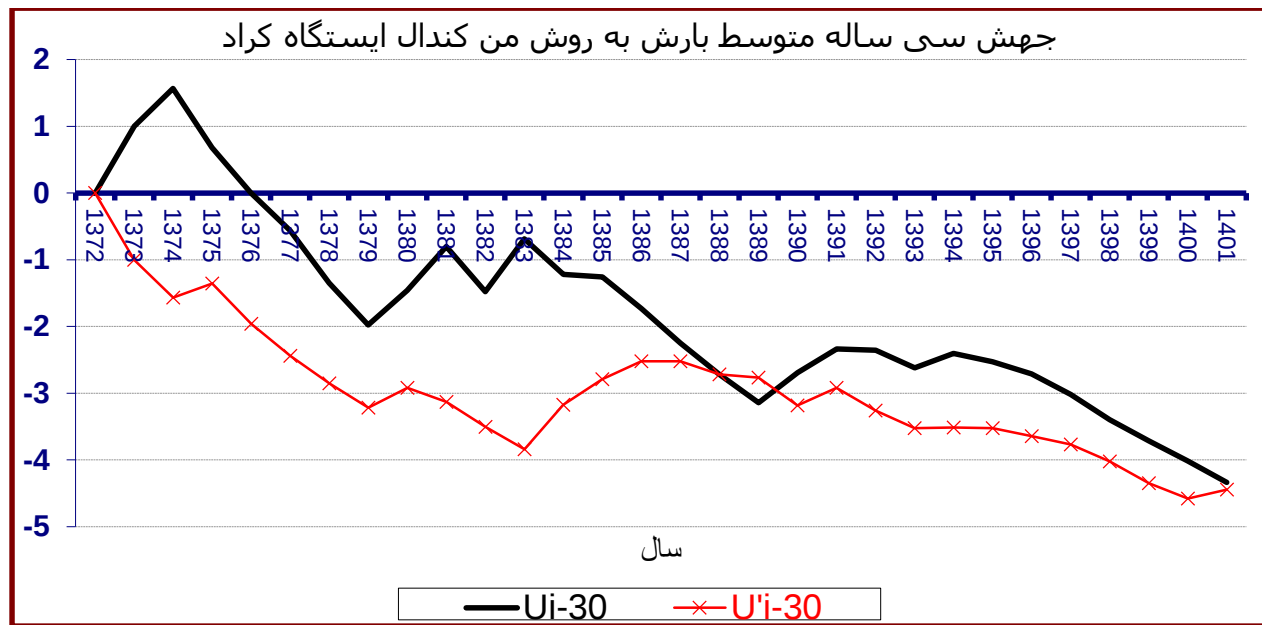
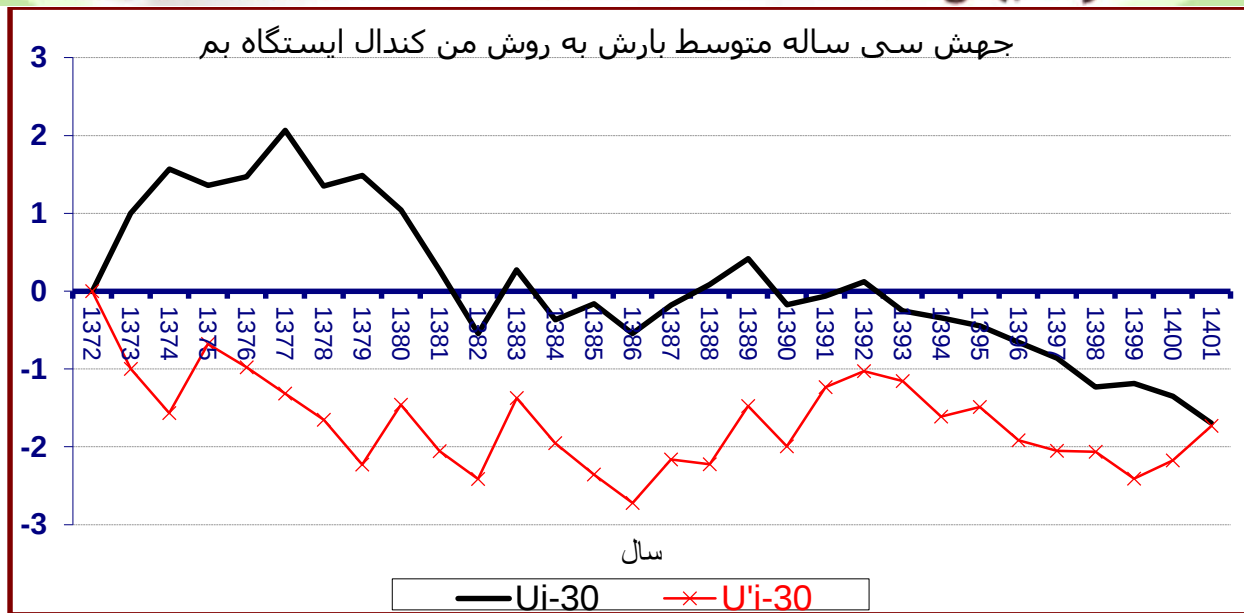
معنی داری در سطح 0.05**

شکل ۲ جهش متوسط بارش ۲ ایستگاه (بم و کراد) براساس آزمون من کندال و به صورت نمودار نشان می دهد. نتایج حاصل از آزمون من کندال بر داده های ۲ ایستگاه مورد مطالعه نشان از بی نظمی بارش ها دارد. به بیان واضح تر بررسی ها نشان می دهد که علی رغم شیب منفی که در روند نمودارها نشان داده شده است، نمودارهای U, U' من کندال برای ایستگاه های مورد مطالعه، هیچ گونه روند معنی دار و یا جهش اقلیمی را نشان نمی دهد.

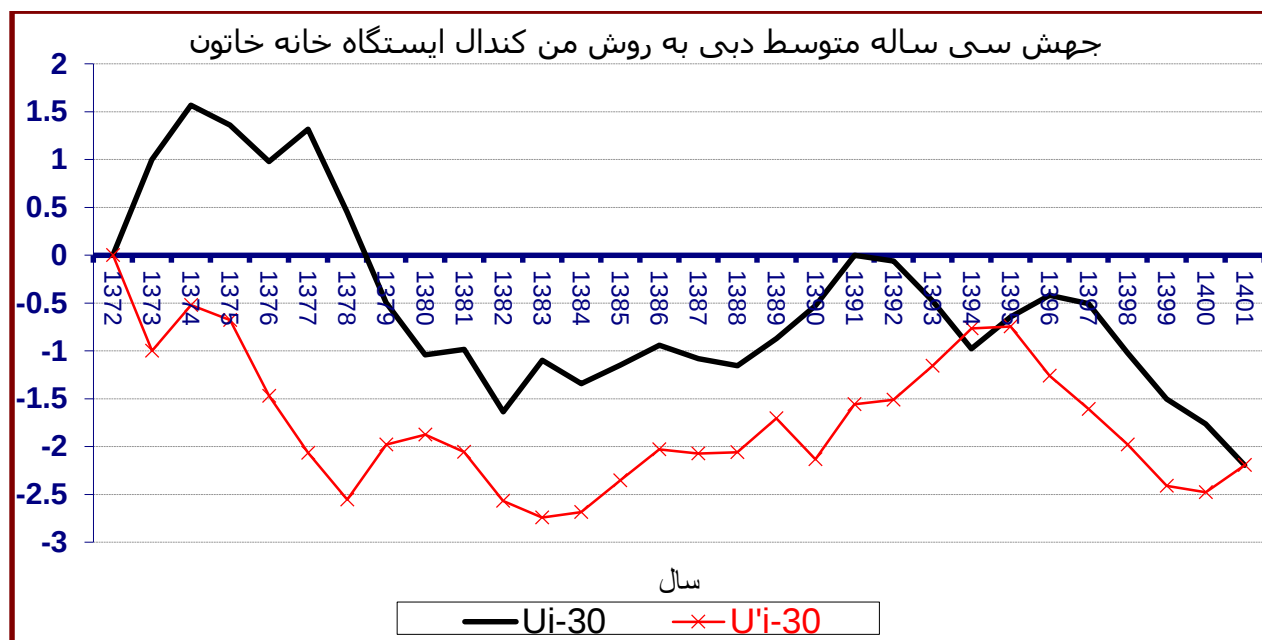
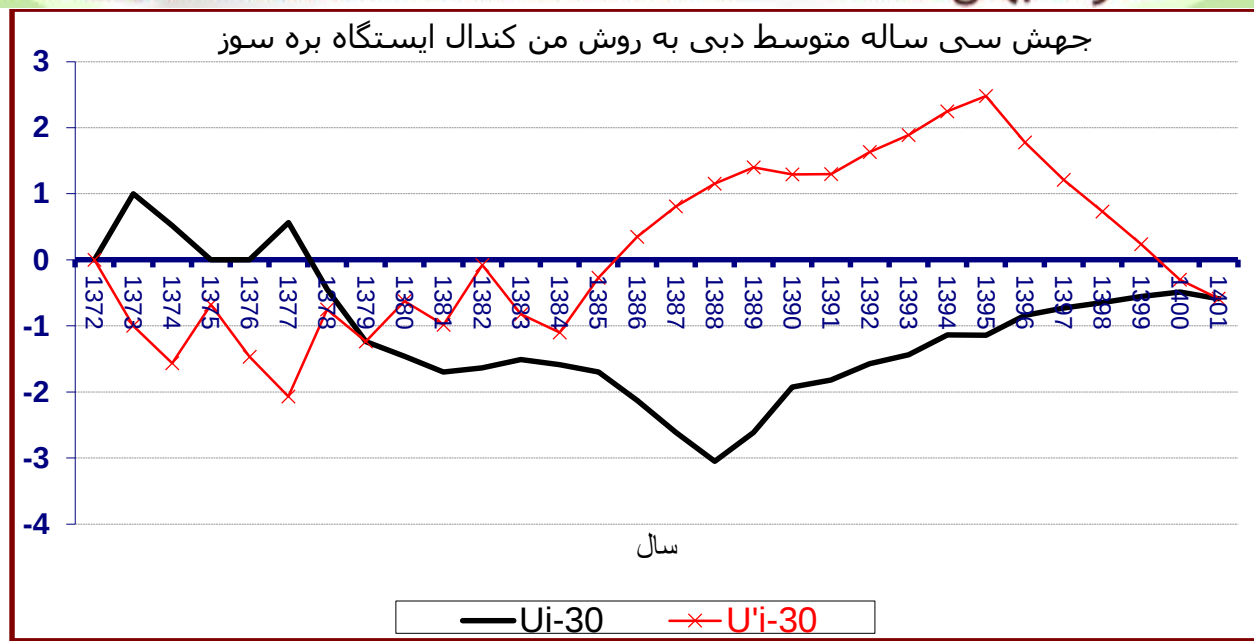
آنالیز روند برای داده های بارش در ایستگاه کراد حاکی از این است که خطوط u و $\bar{u}$ در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ در خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کرده که روند کاهشی بارش را نشان می دهد. خطوط U, U' من کندال در ایستگاه بم همدیگر را قطع نکرده اند.

شکل ۳ جهش متوسط دبی ۲ ایستگاه بره سوز و خانه خاتون براساس آزمون من کندال را به صورت نمودار نشان می دهد. آنالیز روند برای داده های دبی دو ایستگاه بره سوز و خانه خاتون حاکی از این است که در ایستگاه بره سوز خطوط u و $\bar{u}$ در سال ۱۳۷۹ در داخل محدوده بحرانی ± 1.96 همدیگر را قطع نموده که نشانگر تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سال ها بوده و هیچ گونه روند مشخصی را نمایان نمی کند.

در ایستگاه خانه خاتون خطوط u و $\bar{u}$ در سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در داخل محدوده بحرانی ± 1.96 همدیگر را قطع کرده که نشانگر تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سال ها بوده و هیچ گونه روند مشخصی را نمایان نمی کند.



شکل (۲) - تغییرات متوسط بارش ایستگاه بم و کراد



شکل (۳)- تغییرات متوسط دبی ایستگاه بره سوز و خانه خاتون



دوازدهمین همایش ملی سامانه های سطوح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبگیرهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

۴- نتیجه گیری

مسلماً کم کردن اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی، نیاز به شناخت دقیق چگونگی وقوع آن و تعیین استراتژی های مناسب جهت مقابله با آن در زمان حال و سال های آتی دارد.

نتایج حاصل از آزمون من کندال بر داده های ۲ ایستگاه مورد مطالعه نشان از بی نظمی بارش ها دارد. به بیان واضح تر بررسی ها نشان می دهد که علی رغم شیب منفی که در روند نمودارها نشان داده شده است، نمودارهای U, U' من کندال برای ایستگاه های مورد مطالعه، هیچ گونه روند معنی دار و یا جهش اقلیمی را نشان نمی دهد.

آنالیز روند برای داده های بارش در ایستگاه کراد حاکی از این است که خطوط u و $\bar{u}$ در سال های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰ در خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کرده که روند کاهشی بارش را نشان می دهد. خطوط U, U' من کندال در ایستگاه بم همدیگر را قطع نکرده اند.

شکل ۳ جهش متوسط دبی ۲ ایستگاه بره سوز و خانه خاتون براساس آزمون من کندال را به صورت نمودار نشان می دهد. آنالیز روند برای داده های دبی دو ایستگاه بره سوز و خانه خاتون حاکی از این است که در ایستگاه بره سوز خطوط u و $\bar{u}$ در سال ۱۳۷۹ در داخل محدوده بحرانی ± 1.96 همدیگر را قطع نموده که نشانگر تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سال ها بوده و هیچ گونه روند مشخصی را نمایان نمی کند.

در ایستگاه خانه خاتون خطوط u و $\bar{u}$ در سال های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در داخل محدوده بحرانی ± 1.96 همدیگر را قطع کرده که نشانگر تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سال ها بوده و هیچ گونه روند مشخصی را نمایان نمی کند.

منطقه مورد مطالعه دچار تغییرات اقلیمی شدیدی شده است و این تغییرات اقلیمی به صورت مستقیم بر بیلان آبی منطقه، افزایش نیاز آبی، کاهش رطوبت خاک، تراکم پوشش گیاهی، ظرفیت مراتع و محصولات کشاورزی اثر می گذارد و با توجه به این که منابع آب زیرزمینی مهم ترین منبع تأمین کننده، آب مورد نیاز بخش های مختلف در منطقه می باشند، افت سطح ایستایی و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی را نیز در پی دارد. ضمن این که چنین شرایطی به معنای کاهش فراوانی بارش، افزایش بارش های سیلابی، فرسایش خاک و منابع طبیعی می باشد. براساس تفاسیر بالا می توان چنین پیش بینی کرد که در آینده نه چندان دور منطقه مورد مطالعه با بحران آب روبرو خواهد شد. به بیان دقیق تر با جابجایی الگوهای اقلیمی در منطقه و نیاز شدید کشاورزی به منابع آبی، میزان تبخیر نیز بالا رفته و فشار بر سفره های آب زیرزمینی افزایش پیدا خواهد کرد. این امر باعث تغییراتی در ساختار نظام های زراعی شده به نحوی که علاوه بر کاهش عملکرد، جا به جایی مکانی گونه های زراعی، احتمال حذف برخی از گونه ها یا حتی معرفی گونه های جدید یا فراموش شده را به دنبال خواهد داشت. لذا منطقه مورد مطالعه که مهم ترین منبع اقتصادی آن از طریق کشاورزی بوده به شدت در مقابل این تغییرات اقلیمی آسیب پذیر خواهد بود.



مراجع

- [1] Kundu A, Chatterjee S, Dutt D, Siddiqui AR. Meteorological trend analysis in Western Rajasthan (India) using geographical information system and statistical techniques. Journal Environment and Earth Science, 5(5): 90-99, 2015.
- [2] Clark J. S, Yiridoe E. K, Burns N. K, Astatkie T. Trend analysis of temperature and precipitation Series at Selected Canadian Sites. Canadian journal of agricultural economics, 48(1): 27- 38, 2005.
- [3] Some B.S, Ezani A, Tabari H. Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. Atmospheric Research, 113:1-12, 2012.
- [4] عزیزی، ق.، روشنی، م. مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من کندال، مجله پژوهش های جغرافیایی، شماره ۶۴، ۱۳۸۷.
- [5] امیریان، ع.، سلطانی، ف. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر حوضه جراحی با استفاده از آزمون ناپارامتری من- کندال و پارامتری تحلیل رگرسیون، یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۹۰.
- [6] وفاخواه، م.، بخشی تیرگانی، م.، خزائی، م. تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزه ی آبخیز کشف رود، جغرافیا و توسعه، ۲۹: ۷۷-۹۰، ۱۳۹۱.
- [7] دارابی، ح.، جعفری، ع.، اخوان فرشچی، ک. تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن، مطالعات علوم محیط زیست، دوره ۲۵: (۲)، ۴۰-۱۳۹۵.
- [8] ترکمان، م.، نوروزی، ع. ا.، همایی، م. تحلیل روند پارامترهای اقلیمی استان خوزستان با استفاده از آزمون من کندال، مطالعات علوم محیط زیست، ۴(۱): ۸۸۴-۸۹۵، ۱۳۹۸.
- [9] شاکریان، س.، ترابی پوده، ح.، شاهی نژاد، ب.، نقوی، ح. بررسی روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه های حوضه کارون بزرگ با استفاده از روش TFPW-MK، تحقیقات منابع آب ایران، ۱۵(۳): ۲۷۲-۲۸۲، ۱۳۹۸.
- [10] Wang X. Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District. Water Science and Engineering, 3(3): 250-266, 2014.
- [11] Blain G. C. Removing the influence of the serial correlation on the Mann-Kendall test. Revista Brasileira de Meteorologia, 29 (2): 161-170, 2014.
- [12] Zarghami M, Abdi A, Babaeian I, Hassanzadeh Y, Kanani R. Impact of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. Global and Planetary Change, 78: 137-146, 2011.
- [13] Akter S, Howladar M. F, Ahmad Z, Chowdhury T. R. The rainfall and discharge trends of Surma River area in North-eastern part of Bangladesh: an approach for understanding the impacts of climatic change. Environmental Systems Research, 8-28, 2013.
- [14] Touseef M, Chen L, Yang K Chen Y. Long-Term Rainfall Trends and Future Projections over Xijiang River Basin, China. Advances in Meteorology, 2020. DOI: 10.1155/2020/6852148.



[15] Hamed K.H. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of hydrology, 349, 2008.

[16] Hamed K.H, Rao A. R. A modified Mann-kendall trend test for autocorrelated data. Journal of Hydrology, 204: 182-196, 1998.

[17] ترابی پوده، ح.، امامقلی زاده، ص.، بررسی روند تغییرات آبدهی رودخانه های استان لرستان با استفاده از روش TFPW-MK، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۴(۳۵) ۱۳۹۳.

[18] سبزی پرور، ع. الف.، شادمانی، م. تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴): ۸۳۴-۸۳۹، ۱۳۹۰.

[19] زاهدی، م.، ساری صراف، ب.، جامعی، ج. تحلیل تغییرات زمانی مکانی منطقه شمال غرب ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، ص ۱۹۸-۱۸۳، ۱۳۸۶.

[20] علیجانی، ب.، مویدفر، س.، صبایی مهر، م. بررسی تغییرات اقلیمی شهر یزد در رابطه با توسعه شهری و منطقه ای، مجله پژوهش و برنامه ریزی شهری، ۱(۳): ۵۸-۴۱، ۱۳۸۹.

Climate change detection using Mann Kendall's method (Case study: Bam Plain)

Abstract

Climate change is one of the major challenges facing humanity at the present time. Phenomena such as rainfall changes, global warming, floods, etc. are so severe and alarming in many parts of the world that the issue of climate change has been placed at the top of the studies of atmospheric science researchers and extensive research on a global scale. It has allocated a regional and local area. The purpose of this research is to reveal and analyze the climate change process, especially the climatic elements of precipitation and runoff using Mann-Kendall test in Bam plain, Kerman province. In this research, after data homogeneity and validation, 2 hydrometric stations and 2 rain gauge stations were selected with the statistical period of 1993-2022 water years. The results of Mann-Kendall's test show a significant trend on the precipitation data, but; Trend analysis for discharge data of two stations of Ram-Soz and Khane-Khaton shows the absence of trend on discharge data.

Key words: Mann-Kendall test, Bam, Precipitation, Discharge.