ارزیابی روند تغییرات فراوانی روزهای بارش همرفتی در شمال غرب ایران به روش من-کندال و شیب سن

زینب قدرتی [۱]، برومند صلاحی [*۲]، مهناز صابر [۳]

۱- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲*- استاد آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- پژوهشگر پسادکتری آب و هواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی

ایمیل نویسنده مسئول: bromand٤١٦@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۴

چکیده

تغییرات بارش می‌تواند شاهدی بر تغییرات آب و هوایی باشد که برای تحلیل روند آن از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود. هدف از انجام این پژوهش تحلیل روند فراوانی روزهای با رخداد بارش همرفتی ۶ ماه نخست سال (فروردین تا شهریور) در ۱۷ ایستگاه همدید واقع در شمال غرب ایران در دوره آماری (۱۳۹۵-۱۳۷۹) می‌باشد. به‌منظور مقایسه تحلیل روند فراوانی بارش از روش‌های من-کندال و Sen استفاده شد. نتایج تحلیل فراوانی بارش با آزمون من-کندال نشان داد روند متغیر اعم از افزایشی و کاهشی در ایستگاه‌ها به جهت واقع شدن نقطه تلاقی Ui و Ui' در خارج از محدوده بحرانی (±۱/۹۶) معنی‌دار نیست. بدین ترتیب که فراوانی بارش در ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی شامل: تبریز، مراغه، بناب، سراب روند کاهشی غیرمعنی‌دار و در مرند، اهر، بستان‌آباد و میانه روند افزایشی غیرمعنی‌دار، در ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی (شامل: ارومیه، ماکو، مهاباد، سردشت و خوی) روند افزایشی غیرمعنی‌دار، در ایستگاه‌های استان اردبیل (پارس‌آباد، اردبیل، مشکین‌شهر و خلخال) داشته است. نتایج تحلیل روند با روش تخمین‌گر شیب سن بیانگر روند افزایشی در ایستگاه‌های ماکو، ارومیه و مشکین‌شهر است. هم‌چنین فراوانی بارش در ایستگاه‌های بستان‌آباد، مهاباد، اردبیل و پارس‌آباد بدون روند بوده و در سایر ایستگاه‌ها روند کاهشی بدون معنی‌داری را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی

"بارش همرفتی"، "شمال غرب ایران"، "شیب Sen "، "روندیابی"، "من-کندال".

۱- مقدمه

بارش یکی از عناصر اقلیمی است که از تغییرپذیری زیادی برخوردار است. این تغییرات هم در بعد زمان و هم در بعد مکان در بسیاری از اقلیم ایران رخ می‌دهد (میر موسوی و همکاران، ۱۳۹۵). شناخت ویژگی‌های این عنصر جوی، اهمیت بسزایی برای بسیاری از طرح‌های عمرانی، برنامه‌ریزی‌ها و فعالیت کشاورزی دارد (دارند، ۱۳۹۷). هرگونه تغییر معنادار آماری در این عنصر می‌تواند تأثیرات منفی اجتناب‌ناپذیری بر روی منابع طبیعی به‌ویژه ذخایر آب قابل استحصال تحمیل نماید (پناهی و همکاران، ۱۴۰۰). به‌طورکلی، شناخت روند تغییرات پارامترهای اقلیمی ازجمله مواردی است که در سال‌های اخیر مورد توجه محققان علوم جوی و هیدرولوژی قرار داشته است. غالب مطالعات با محوریت بررسی و تحلیل رفتار بارش صورت گرفته و روش‌های آماری من-کندال به‌عنوان متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی بارش بسیار مورد استفاده قرار گرفته است.دوهان و پاندی (۲۰۱۳) بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش ۱۰۲ ساله منطقه مادهیا پارادش هندوستان با آزمون من – کندال و تخمین گر شیب سن نشان داد که تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی در مقیاس سالانه روند کاهشی را تجربه کرده‌اند. راهام و همکاران (۲۰۱۳) روند تغییرات بارندگی در جزیره بنگلادش طی دوره (۱۹۶۶-۲۰۱۳) با روش من کندال روند ناچیزی را طی ماه‌های ژانویه تا دسامبر نشان داد. چن و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند تغییرات بارش حوضه آبریز یانگ تسه چین در دوره (۲۰۱۱- ۱۹۵۵) با استفاده از آزمون من –کندال روند معنی‌داری را تجربه نکرده است.

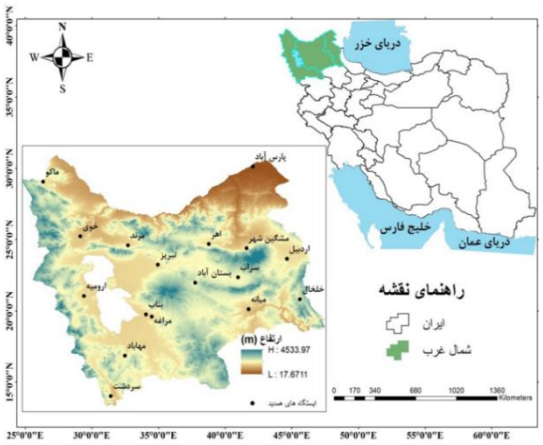
طبری و ویلمز (۲۰۱۵) روش Sen را برای تحلیل جریان رودخانه‌ها در شمال غرب ایران به‌صورت ماهانه و سالانه به کار بردند و نتایج آن را با روش من-کندال مقایسه کردند. پژوهش آن‌ها نشان داد کاهش در مقادیر جریان سالانه رودخانه در سه دسته کم، متوسط و زیاد روی داده است. الویسی و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی تغییرات ماهانه بارش در ۲۵ ایستگاه الجزایر با استفاده از روش نوین Sen پرداختند. وو و کیان (۲۰۱۶) روند تغییرات بارش ماهانه و سالانه ۱۴ ایستگاه در شانژین چین را با کمک روش Sen بررسی نمودند. لیم زاکول و سینگ راک (۲۰۱۶) به بررسی روندهای بلندمدت و تغییرپذیری بارش‌های فرین در تایلند پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در اغلب مناطق تایلند از تعداد بارش کم شده و بر شدت آن‌ها افزوده شده است. مانیا و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تغییرات بارش در شرق رومانی طی دوره (۲۰۰۸- ۱۹۶۱) به این نتیجه رسیدند که فراوانی بارش در همه ایستگاه‌ها در حال افزایش است.اکبری و نودهی (۱۳۹۴) بررسی روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان را با آزمون من-کندال نشان داد مقدار بارش روند کاهشی و تعداد روزهای دارای بارش سنگین روند افزایشی داشته است. انصاری و همکاران (۱۳۹۵) روند تغییرات بارش و دما حوضه آبریز رودخانه کاجو استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال به‌صورت کاهشی بوده است. داداشی رودباری و همکاران (۱۳۹۵) ارزیابی تغییرات بارش حوضه آبریز هراز در دوره آماری (۱۹۵۱-۲۰۰۷) با روش‌های آماری و تکنیک تحلیل‌های طیفی نشان داد ضریب تغییرات بارش در ماه‌های گرم سال نسبت به دوره سرد سال بیشتر بوده است. خزاعی و همکاران (۱۳۹۸) تحلیل روند

بارش در استان خراسان رضوی را با روش‌های من-کندال، اسپیرمن و رگرسیون نشان داد که بارش فقط در آبان ماه در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای روند صعودی معنی‌دار می‌باشد. قصاب فیض و اسلامی (۱۳۹۶) روند تغییرات بارندگی استان خوزستان را به روش من کندال در دوره آماری (۱۳۶۱-۱۳۹۳) بررسی و نتیجه گرفتند بیشتر ایستگاه‌ها روند منفی دارند. پرویز و همکاران (۱۴۰۰) بررسی روند بارش‌های سنگین استان کرمانشاه طی دوره آماری (۱۹۷۰-۲۰۱۷) به روش من-کندال نشان داد روند بارش‌های سنگین در تداوم دو تا پنج‌روزه در اکثر استان به‌ویژه کرمانشاه از روند کاهشی برخوردار است. پناهی و همکاران (۱۴۰۰) در بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی بارش پاییزه شمال غرب ایران در دوره آماری (۱۹۸۹-۲۰۱۸) با روش آزمون من-کندال به این نتیجه رسیدند که ازنظر زمانی بیشینه بارش در شمال غرب و ازنظر مکانی در محدوده جنوب غربی رخ می‌دهد. نتیجه پژوهش مزیدی و طوفانی (۱۴۰۰) در تحلیل روند تغییرات دما و بارش ایستگاه ارومیه در دوره (۲۰۱۰- ۱۹۹۶) با روش من-کندال نشان از عدم وجود روند بارش با شیب صعودی رو به افزایش دارد. نوروزی و همکاران (۱۴۰۲) روندیابی پارامتر بارش را در استان خوزستان طی دوره آماری (۱۹۹۶-۲۰۱۶) با روش من-کندال (TFPW-MK) انجام دادند که نتیجه آن نشان دهنده روند کاهشی بارش در ایستگاه‌های صفی‌آباد، هندیجان، مسجدسلیمان و بندر ماهشهر است. ازآنجایی‌که روند یابی برحسب فراوانی رخداد بارش‌های همرفتی کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است، بنابراین هدف پژوهش حاضر بررسی روند فراوانی بارش‌های همرفتی نیمه نخست سال در ایستگاه‌های همدید واقع در شمال غرب ایران است.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

در این پژوهش محدوده موردمطالعه برای بررسی آماری بارش‌های همرفتی، شامل استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی است (شکل ۱) که در گوشه شمال غرب فلات ایران و در محل برخورد دو رشته‌کوه البرز و زاگرس، واقع شده است و این ناحیه یکی از مناطق کوهستانی کشور است که با مساحت ۸۹۱۵۰ کیلومترمربع حدود ۵/۵ درصد از کل مساحت کشور را به خود اختصاص می‌دهد (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد پژوهش و پراکنش ایستگاه‌های واقع در آن

• داده و روش

برای انجام این پژوهش از داده روزانه بارش در نیمه نخست سال (فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور) در ایستگاه‌های همدید واقع در شمال غرب ایران طی دوره ۱۷ ساله (۱۳۷۹-۱۳۹۵) استفاده شد و بارش‌های روزانه حداقل ۵ میلی‌متر به‌عنوان بارش همرفتی در نظر گرفته شد. سپس فراوانی سالانه بارش‌های همرفتی هر یک از ایستگاه‌ها شمارش شده و برای تحلیل روند آن از روش‌های روندیابی بر اساس روش‌های آماری من –کندال و تخمین گر شیب سن استفاده گردید.آزمون من- کندال 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 به‌منظور ارزشیابی روند به کار برده می‌شود (دارابی و همکاران، ۱۳۹۵). 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.

• مراحل اجرای آزمون من-کندال

ابتدا داده‌ها رتبه‌بندی شده و آنگاه آماره ti که نسبت رتبه I به رتبه‌های قبلی آن تعریف می‌شود محاسبه و سپس فراوانی تجمعی آماره $t_i\,(\sum t_i)$ به دست می‌آید. واریانس و شاخص من-کندال بر اساس فرمول‌های (۱، ۲ و ۳) محاسبه می‌شود (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۶).

$$E_i = \frac{n_i(n_i-1)}{4} \quad (۱)$$

$$V_i = \frac{n_i(n_i-1)(2n_i+5)}{72} \quad (۲)$$

$$U_i = \frac{(\sum t_i - E_i)}{\sqrt{V_i}} \quad (۳)$$

در روابط شماره ۱ و ۲، ترتیب زمانی داده‌ها است. برای بررسی تغییرات لازم است شاخص محاسبه گردد: داده‌ها رتبه‌بندی شده و آماره t_i' که نسبت رتبه I به رتبه‌های بعدی آن تعریف می‌شود را مشخص و سپس فراوانی تجمعی t_i' محاسبه می‌شود. امید ریاضی، واریانس و شاخص Ui' برحسب رابطه‌های (۴، ۵ و ۶) تعریف می‌شود (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۲):

$$E_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)}{4} \quad (۴)$$

$$V_i' = \frac{[N-(n_i-1)](N-n_i)[2(N-(n_i-1))]+5}{72} \quad (۵)$$

$$U_i' = \frac{-(\sqrt{t_i'-E_i})}{\sqrt{V_i'}} \quad (۶)$$

در رابطه فوق N حجم نمونه آماری مورد مطالعه است. محل تلاقی شاخص U_i و Ui' با نشانه تغییر ناگهانی در رفتار زمانی سری آماری است. عدم تلاقی منحنی و یا قرارگیری آن‌ها در داخل محدوده ۹۵ درصد اطمینان، تغییرات معنی‌داری را در داده‌ها نشان نمی‌دهد، اما درصورتی‌که خطوط مذکور همدیگر را در داخل محدوده بحرانی ۱/۹۶± قطع کنند و سپس از محدوده بحرانی خارج شوند، نشانه تغییری ناگهانی و روند معنی‌دار 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 خواهد داشت. تلاقی‌های خارج از محدوده بحرانی بیانگر تغییر ناگهانی رفتار سری است (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹).

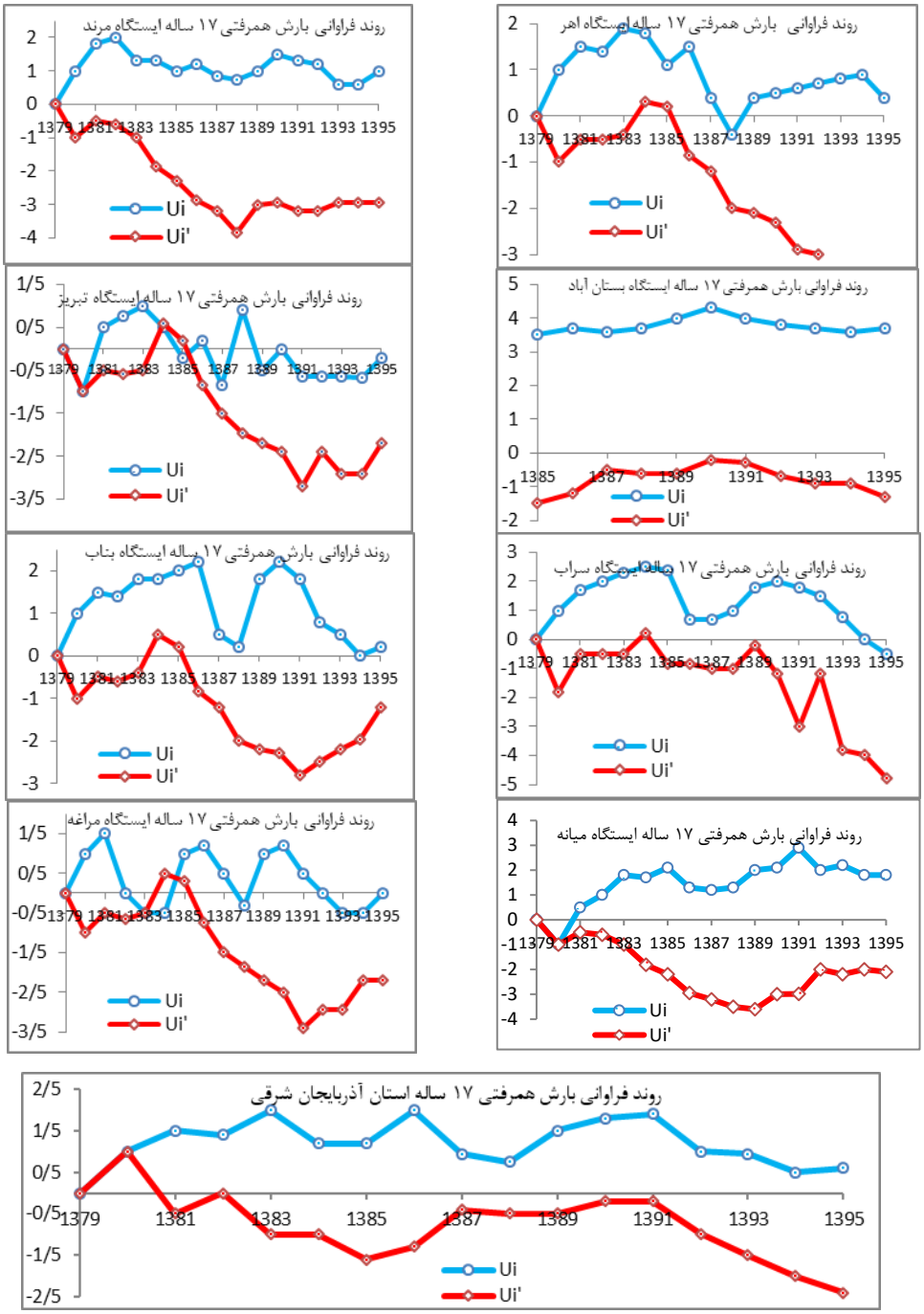
- **تعیین روند با آزمون تخمین‌گر شیب سن**

در روش Sen (سن، ۱۹۶۸؛ سن، ۲۰۱۲) سری زمانی به دو دسته تقسیم می‌شود و اعداد هرکدام از سری‌های زمانی به‌صورت افزایشی مرتب می‌شود. سپس این دو سری در مقابل هم بر روی محور مختصات رسم می‌شوند. بهتر است سری اول زمانی بر روی محور افقی و سری دوم بر روی محور عمودی رسم شود. در مرحله بعد خط ۱:۱ رسم می‌شود، اگر نقاط در بالای خط قرار گیرند روند افزایشی، در زیرخط روند کاهشی و بر روی خط، داده‌ها بدون روند خواهند بود.

۳- نتایج

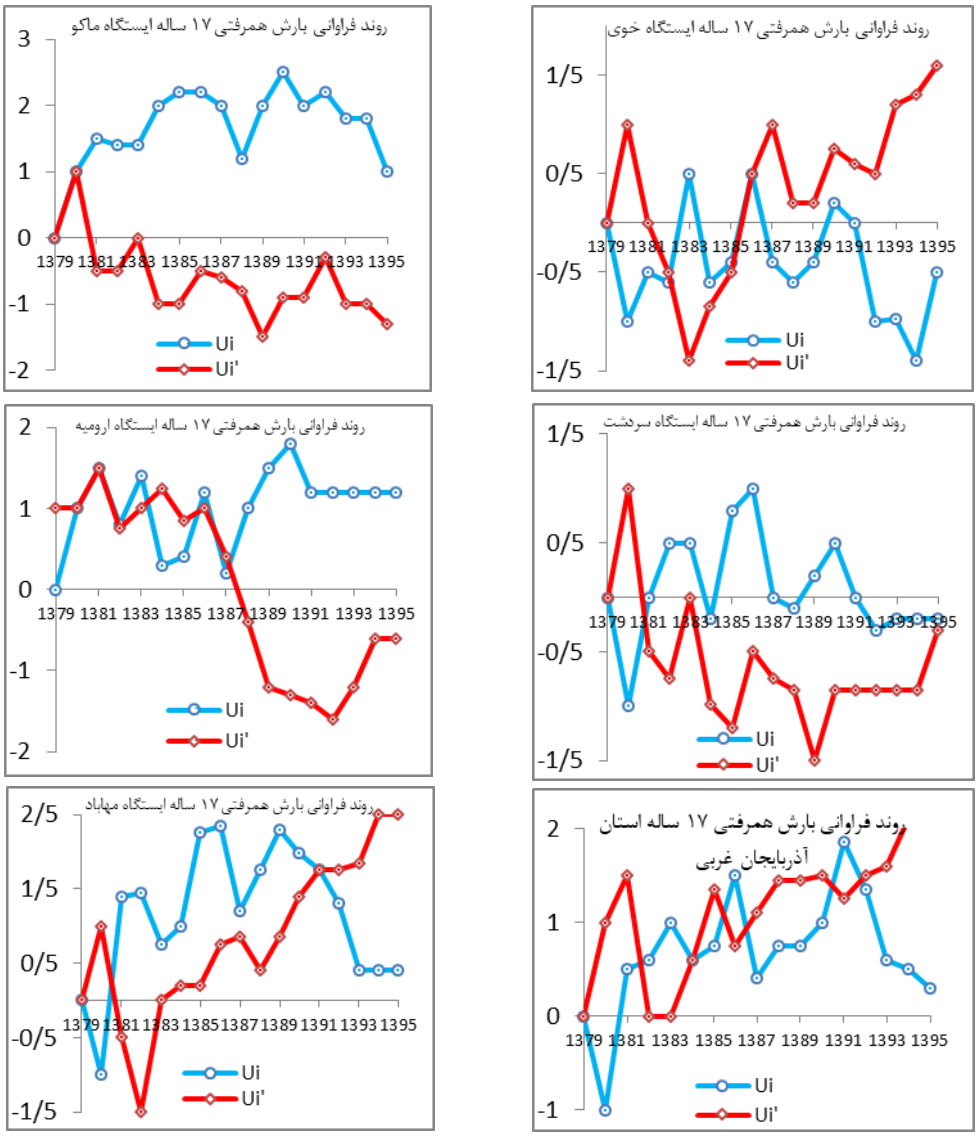
- **بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای دارای بارش همرفتی منطقه به روش من-کندال**

در روش من – کندال ابتدا مؤلفه‌های Ui و Ui' برای فراوانی بارش همرفتی در مقیاس سالانه برای ایستگاه‌های همدید مورد بررسی ترسیم شد که آماره z با استفاده از آزمون من – کندال به دست آمده بر روی محور عمودی نشان داده شده است؛ بنابراین با توجه به خصوصیات آزمون گرافیکی من – کندال نوع و زمان تغییر مشخص شد. بررسی رفتار تغییرات مؤلفه‌های Ui و Ui' مربوط به فراوانی بارش همرفتی ایستگاه تبریز در یک نمودار نشان می‌دهد که تغییرات بارش در این ایستگاه از سال ۱۳۸۶ روند کاهشی دارد و چون این دو مؤلفه در خارج از محدوده بحرانی (۱/۹۶±) همدیگر را در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۵ قطع کرده‌اند این روند معنی‌دار نیست. این وضعیت در ایستگاه مراغه در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۴ اتفاق افتاده است و از سال ۱۳۸۵ روند کاهشی در روزهای بارش دیده شده است و در ایستگاه میانه از سال ۱۳۸۰ تغییر جهت در روند فراوانی از نوع افزایشی غیرمعنی‌دار تا سال ۱۳۹۱ رخ داده است. در سایر ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی طی دوره مورد مطالعه هیچ نوع جهش و روند خاصی در فراوانی بارش همرفتی دیده نمی‌شود و در واقع این ایستگاه‌ها فاقد روند هستند. ولی بر حسب استانی، در این استان فراوانی بارش همرفتی در سال ۱۳۸۰ دو مؤلفه Ui و Ui' در خارج از محدوده بحرانی باهم تلاقی پیداکرده و یک تغییر جهت افزایشی غیرمعنی‌دار در فراوانی بارش آغاز شده است (شکل ۲).



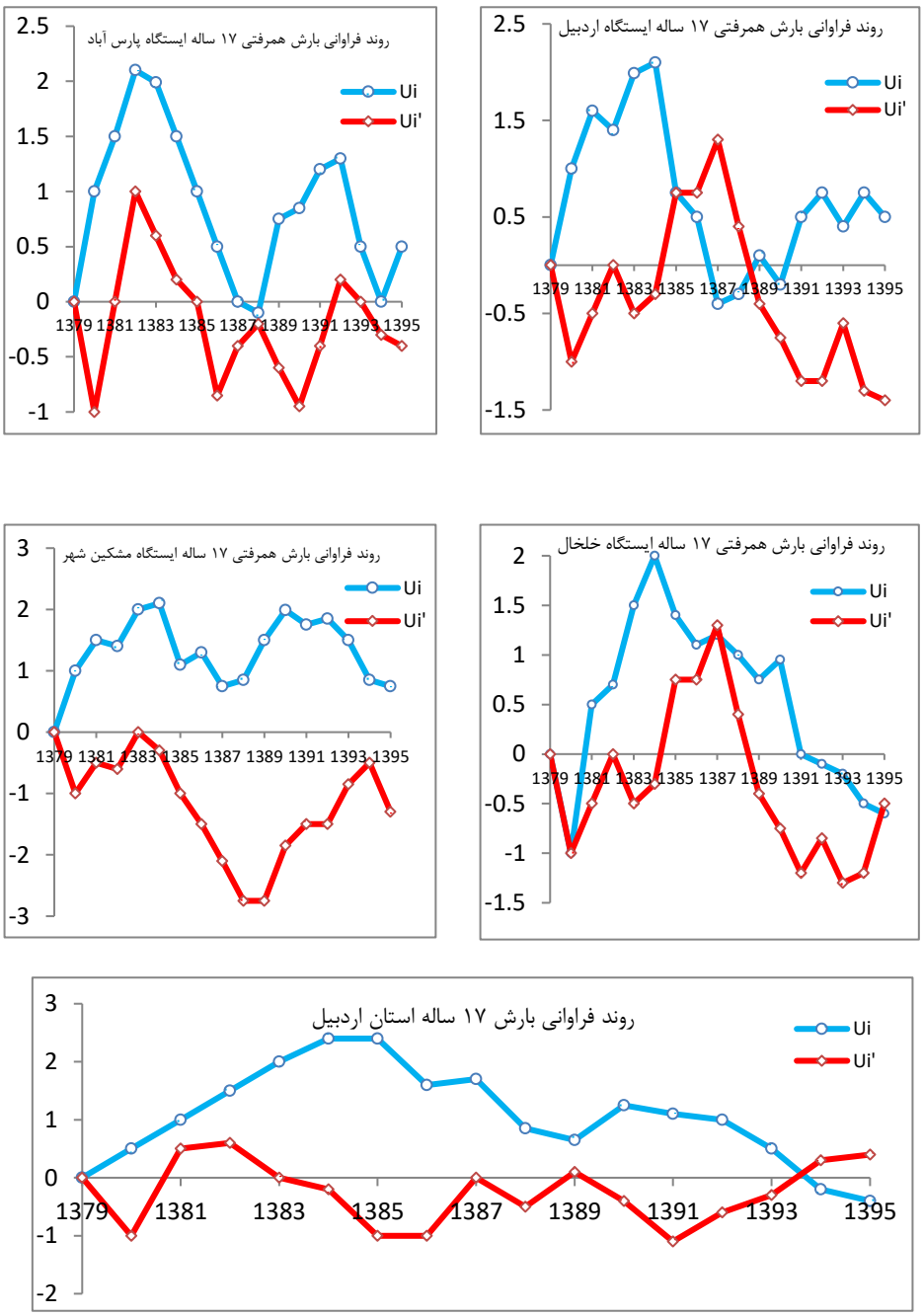
شکل ۲- نمودارهای تغییرات مؤلفه Ui و 'Ui فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی در طول دوره آماری (۱۳۹۵-۱۹۷۹)

در ایستگاه سردشت زمان آغاز تغییرات کاهشی و سپس افزایشی فراوانی بارش همرفتی در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ برخورد دو مؤلفه Ui و 'Ui در خارج محدوده بحرانی بوده که معنی‌دار نیستند. تغییر جهت ناگهانی این متغیر در ایستگاه ماکو در سال ۱۳۸۰ رخ داده که به‌صورت افزایشی غیرمعنی‌دار است. در ایستگاه ارومیه چندین تغییر جهت ناگهانی در فراوانی بارش همرفتی طی دوره مورد مطالعه دیده می‌شود که از سال ۱۳۸۰ شروع شده و تا سال ۱۳۸۷ ادامه یافته است. روند بارش همرفتی در سال ۱۳۸۳ کاهشی و پس از سال ۱۳۸۷ به‌صورت افزایشی غیرمعنی‌دار بوده است. در ایستگاه مهاباد تلاقی مؤلفه‌های Ui و 'Ui در سال ۱۳۸۰ روند افزایشی در فراوانی بارش همرفتی را آشکار می‌کند. علاوه بر این در سال ۱۳۹۱ این خطوط در خارج از محدوده بحرانی ±۱/۹۶ همدیگر را قطع کرده که روند افزایشی فراوانی بارش همرفتی از نوع غیرمعنی‌دار را نشان می‌دهد. در ایستگاه خوی نیز بین سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۲، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ یک تغییر چشمگیر و ناگهانی شروع شده که بدون معنی‌داری است. برای کل استان آذربایجان غربی تغییر جهت شدید و ناگهانی افزایشی غیرمعنی‌دار از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۲ دیده می‌شود. این تغییر ناگهانی به‌صورت کاهشی در سال ۱۳۹۲ آشکار شده است که معنی‌دار نیست (شکل ۳).



شکل ۳- نمودارهای تغییرات مؤلفه Ui و 'Ui فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های استان آذربایجان غربی در طول دوره آماری (۱۳۹۵-۱۹۷۹)

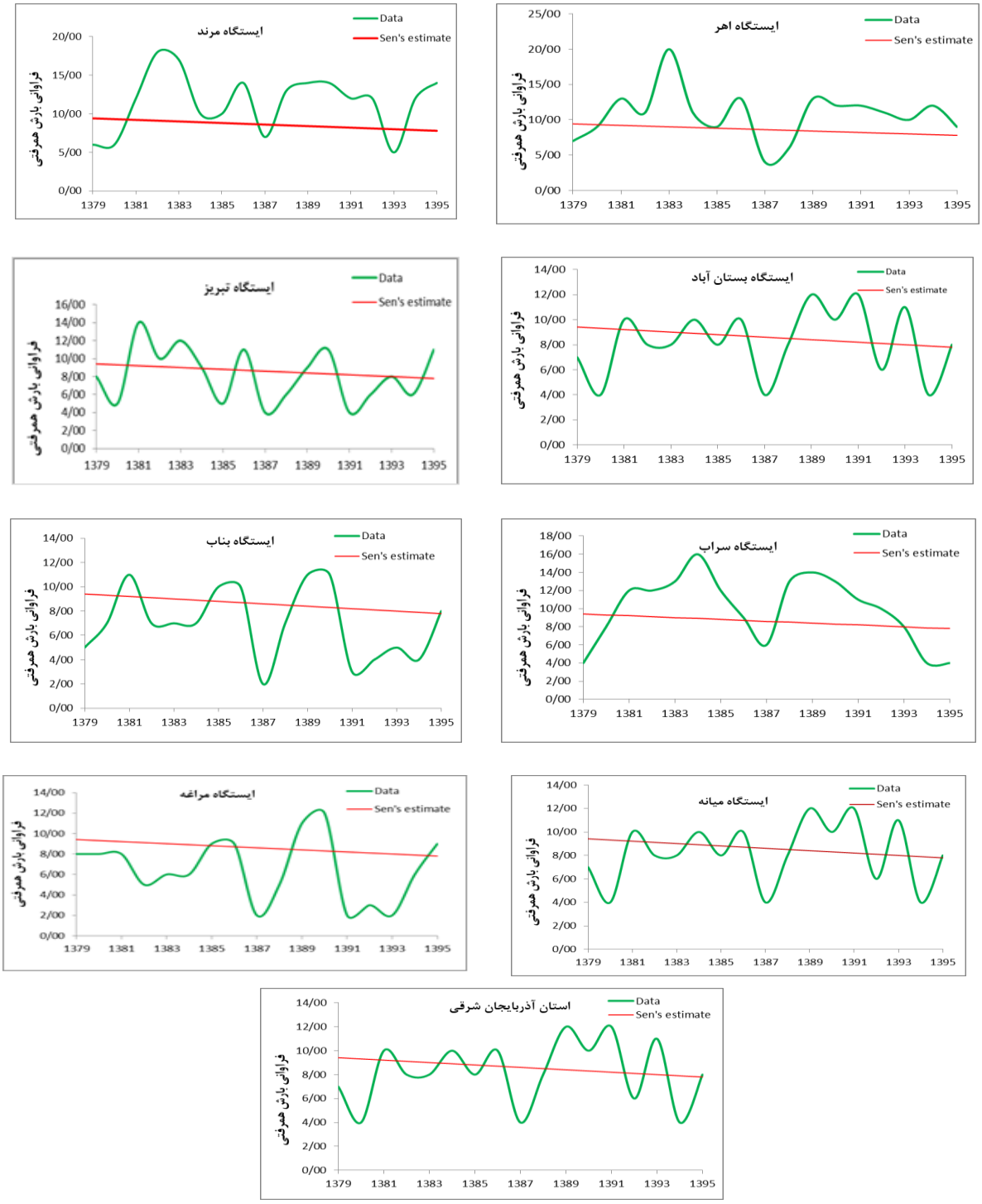
محاسبه آزمون من-کندال بر روی فراوانی روزهای بارش همرفتی در ایستگاه‌های استان اردبیل نشان می‌دهد (شکل ۴) در ایستگاه‌های پارس‌آباد و مشکین‌شهر دو مؤلفه Ui و 'Ui هیچ برخوردی در داخل و خارج از محدوده بحرانی با هم نداشته‌اند و در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ روند کاهشی چشمگیری شروع شده که غیرمعنی‌دار است؛ اما در ایستگاه اردبیل این دو مؤلفه در داخل محدوده بحرانی در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۹ باهم تلاقی داشته‌اند که نشان دهنده شروع تغییر جهت و روند کاهشی البته غیرمعنی‌دار در فراوانی بارش همرفتی در این ایستگاه است. این وضعیت در ایستگاه خلخال در سال ۱۳۸۰ و ۱۳۸۷ رخ داده است که در سال ۱۳۸۰ با افزایش و در سال ۱۳۸۷ با کاهش غیرمعنی‌دار همراه است. در کل استان اردبیل تنها در سال ۱۳۹۴ یک نقطه تلاقی بین دو مؤلفه دیده می‌شود. از سال ۱۳۹۷ افزایش چشمگیر در فراوانی بارش همرفتی دیده شده که تا سال ۱۳۸۵ تداوم داشته است و روند کاهشی از سال ۱۳۸۶ شروع شده و تا سال ۱۳۸۹ ادامه داشته است که همگی غیرمعنی‌دار هستند.



شکل ۴- نمودارهای تغییرات مؤلفه Ui و Ui' فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های استان اردبیل در طول دوره آماری (۱۳۹۵-۱۹۷۹)

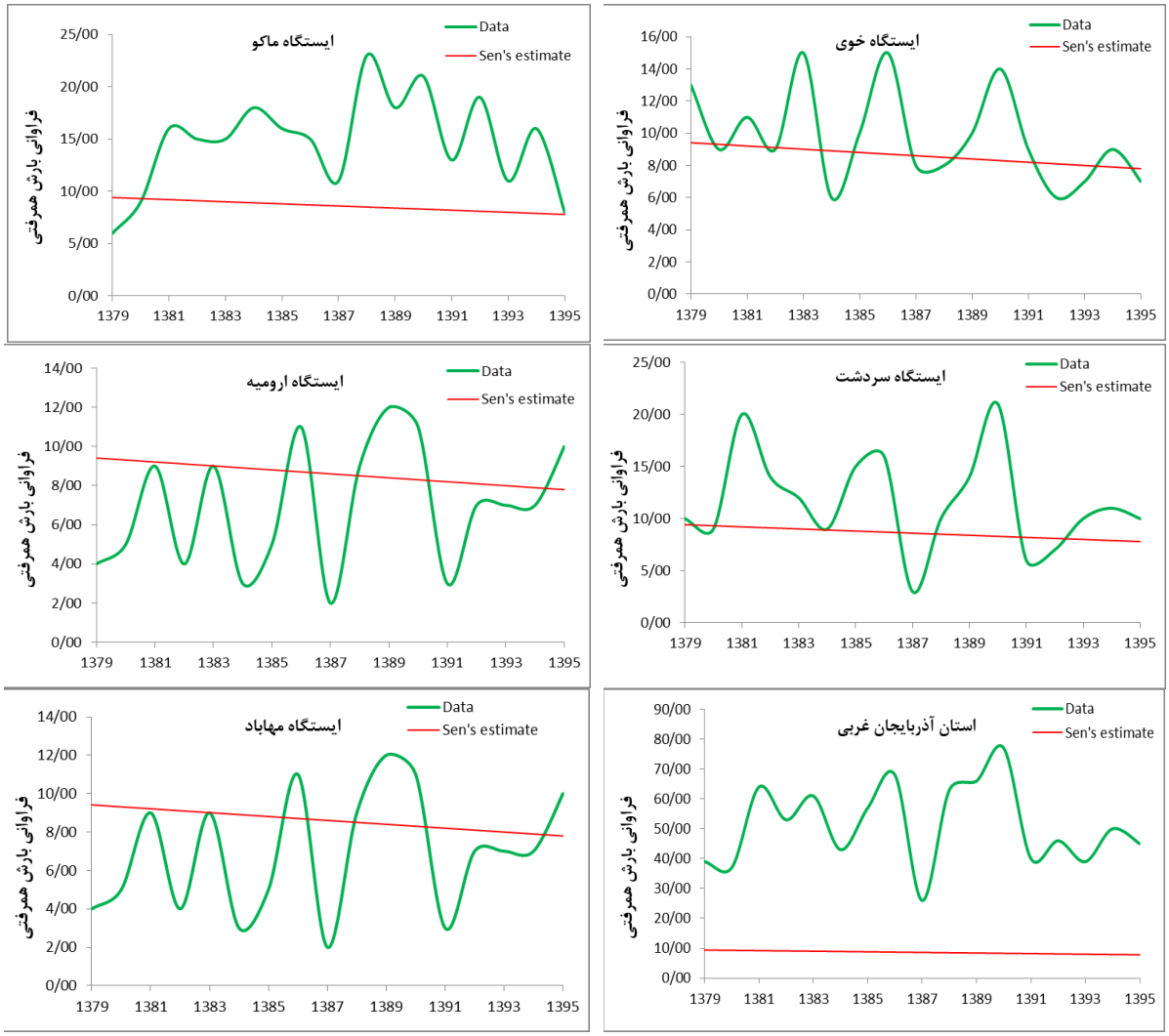
• بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای دارای بارش همرفتی منطقه به روش من-کندال

نتایج برآورد روند با روش شیب سن برای ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی نشان می‌دهد که فراوانی بارش همرفتی در طول دوره مورد مطالعه در همه ایستگاه‌ها روند کاهشی داشته است اما این کاهش چندان محسوس نیست (شکل ۵). بیشترین میزان کاهش در سال ۱۳۸۷ در همه ایستگاه‌ها رخ داده است و کمترین آن در سال ۱۳۸۹ بوده است.



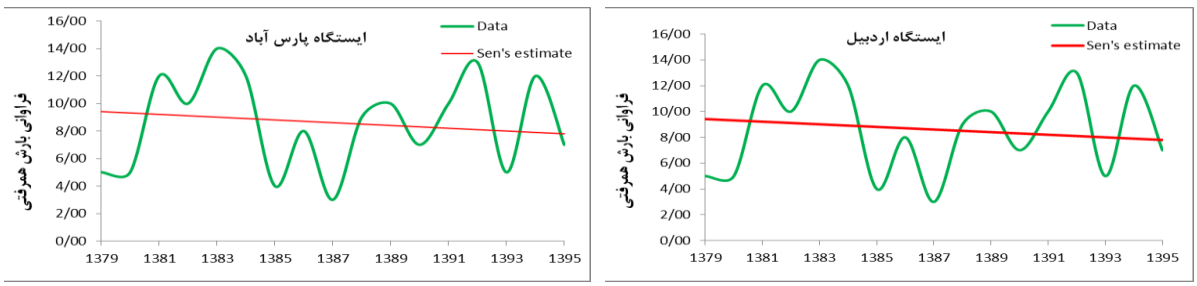
شکل ۵- نمایش روند تغییرات فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های واقع در استان آذربایجان شرقی با روش Sen

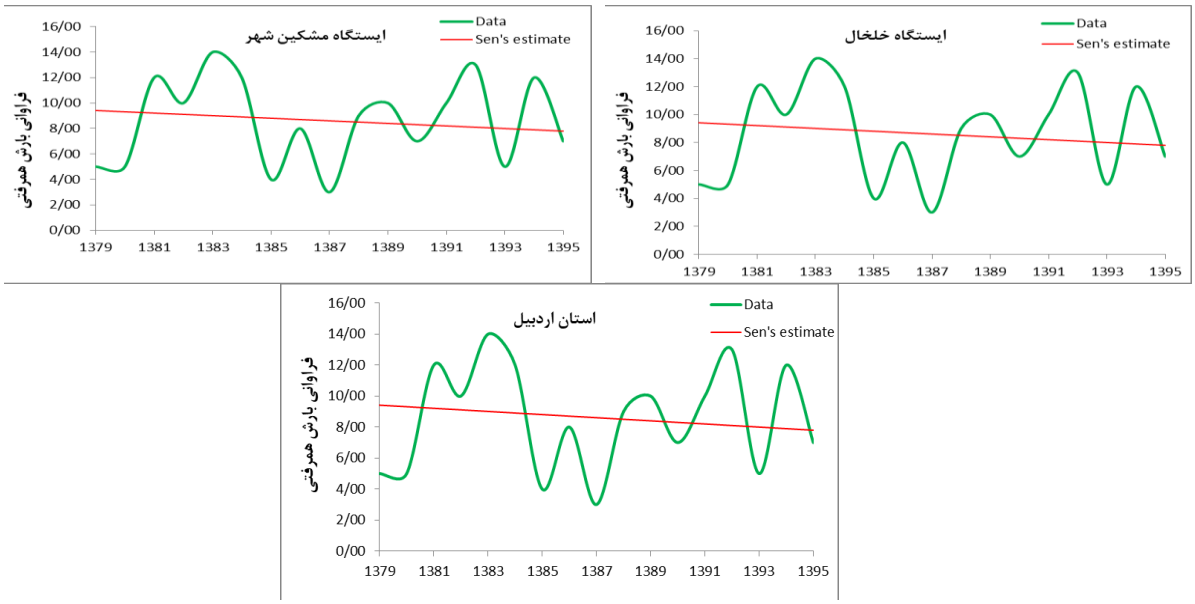
نحوه تغییرات فراوانی بارش همرفتی با روش شیب سن در شکل (۶) برای ایستگاه‌های واقع در استان آذربایجان غربی نشان داده شده است. همچنان که از شکل پیدا هست در جایی که نقاط به خط یک به یک نزدیک هستند به معنی کمترین نوسان‌های بارش و هرچه از این خط دورتر شوند به معنی تغییرات شدیدتر می‌باشد. هم‌چنین با توجه به اینکه اعداد به‌صورت صعودی مرتب شده‌اند، منحنی و نقاط واقع در زیرخط نشان دهنده کاهش فراوانی بارش همرفتی در طول دوره مورد مطالعه و منحنی بالای خط باشد نشان دهنده افزایش مقادیر فراوانی بارش همرفتی است. بر این اساس روند متغیر در ایستگاه ماکو، سردشت، خوی و در مجموع استانی افزایشی و در ایستگاه ارومیه و مهاباد کاهشی می‌باشد. همچنین بررسی نتایج نشان می‌دهد بیشترین مقدار تغییرات مربوط به فراوانی بارش همرفتی در نیمه اول سال در ایستگاه‌های واقع در این استان مربوط به سال ۱۳۸۹ و کمترین آن نیز مربوط به سال ۱۳۸۷ است.



شکل ۵- نمایش روند تغییرات فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های واقع در استان آذربایجان غربی با روش Sen

نتایج محاسبه تغییرات روند فراوانی بارش همرفتی بر اساس شیب سن در همه ایستگاه‌های استان اردبیل روند کاهشی را در طول دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۷) که بیشترین مقدار افزایش در فراوانی رخداد بارش همرفتی در همه ایستگاه‌ها مربوط به سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۱ و کمترین آن مربوط به سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷ هست.





شکل ۷- نمایش روند تغییرات فراوانی بارش همرفتی ایستگاه‌های واقع در استان اردبیل با روش Sen

نتایج حاصل از تحلیل روند فراوانی روزهای بارش همرفتی برای ایستگاه‌های واقع در شمال غرب ایران در جدول (۱) قابل مشاهده است. ملاحظه می‌شود که فراوانی در ۶ ماه نخست سال از ۱۷ ایستگاه‌های ماکو، ارومیه و مشکین‌شهر دارای روند افزایشی ناچیز بوده‌اند که بدون معناداری هستند و در ایستگاه‌های مرند، میانه، بستان‌آباد، مهاباد، اردبیل و پارس‌آباد بدون روند بوده و مابقی ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بوده و معناداری خاصی در آن‌ها مشاهده نمی‌شود. محاسبه روند فراوانی بارش‌های همرفتی بر حسب استانی نشان داد در آذربایجان شرقی و غربی روند آن افزایشی و در استان اردبیل کاهشی بوده است.

جدول ۱- نتایج مقادیر آزمون شیب سن برای فراوانی روزهای بارش همرفتی ایستگاه‌های واقع در شمال غرب ایران در دوره آماری (۱۳۹۵- ۱۳۷۹)

ایستگاه	z	شیب سن	ایستگاه	z	شیب سن
تبریز	-۰/۵۴	-۰/۱۰۱	ارومیه	۱/۱۳	۰/۲۱۸
مراغه	-۰/۴۲	۰/۰۰۰	مهاباد	۰/۰۰	۰/۰۰۰
بناب	-۰/۳۸	۰/۰۰۰	خوی	-۱/۶۷	-۰/۱۹۱
اهر	-۰/ ۰۴	۰/۰۰۰	اردبیل	۰/۲۱	۰/۰۰۰
سراب	-۰/۸۷	-۰/۲۲۵	خلخال	-۰/۹۱	-۰/۲۰۰
مرند	۰/۳۸	۰/۰۰۰	مشکین‌شهر	۰/۲۹	۰/۱۰۱
میانه	۰/۷۲	۰/۰۰۰	پارس‌آباد	۰/۰۰	۰/۰۰۰
بستان‌آباد	۰/۰۰	۰/۰۰۰	آذربایجان شرقی	۰/۳۳	۰/۳۴۸
سردشت	-۰/۴۶	-۰/۱۶۷	آذربایجان غربی	۰/۱۶	۰/۱۶۸
ماکو	۰/۶۲	۰/۱۲۵	اردبیل	-۰/۵۴	-۰/۴۶۷

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای بررسی روند فراوانی روزهای بارش همرفتی در ۶ ماه اول سال (فروردین تا شهریور) در شمال غرب ایران طی دوره آماری ۱۷ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۹) از روش من – کندال و روش تخمین گر شیب سن (Sen) استفاده شد. نتایج بر اساس روش من-کندال نشان داد که در بین ایستگاه‌های استان آذربایجان شرقی، ایستگاه‌های مراغه و تبریز بیش‌ترین میزان تغییرات در فراوانی بارش همرفتی را در سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۵ تجربه کرده‌اند و تغییرات بارش در ایستگاه تبریز از سال ۱۳۸۶ روند کاهشی دارد (همسو با پژوهش انصاری و همکاران، ۱۳۹۶؛ قصاب فیض و اسلامی، ۱۳۹۶؛ نوروزی و همکاران، ۱۴۰۲) اما با توجه به قرارگیری محل تلاقی در خارج از محدوده بحرانی، غیرمعنی‌دار هستند. ایستگاه‌های مشکین‌شهر، پارس‌آباد و اردبیل بدون روند بوده است (همساز با پژوهش مزیدی و طوفانی، ۱۴۰۰). برای استان آذربایجان غربی تغییرات شدید و ناگهانی از سال ۱۳۸۲ تا سال ۱۳۹۲ دیده می‌شود. این تغییر ناگهانی به‌صورت کاهشی در سال ۱۳۹۲ آشکار شده است.

مطابق با روش شیب سن نیز از بین ایستگاه‌های همدید مورد بررسی تنها ایستگاه‌های ماکو، ارومیه و مشکین‌شهر روند افزایشی ناچیز داشته‌اند. این نتایج با یافته خزاعی و همکاران، (۱۳۹۸) برای استان خراسان رضوی همسو است. روش Sen تغییرات دسته‌های کم، متوسط و زیاد را نیز ارائه می‌کند که می‌تواند در تصمیمات مرتبط با مدیریت منابع آب بسیار کارآمد باشد.

منابع

- اکبری، م.، نودهی، و. ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۵، شماره ۱۷، ۱۵۰- ۱۴۱.
- انصاری، م.، نوری، غ.، فتوحی، ص. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات دما، بارش و دبی با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال (مطالعه موردی: حوزه آبخیز رودخانه کاجو استان سیستان و بلوچستان)، پژوهشنامه مدیریت حوضه آبریز، سال ۷، شماره ۱۴، ۱۵۲-۱۵۸.
- پرویز، ج.، برنا، ر.، اسدیان، ف. ۱۴۰۰. تحلیل مخاطرات بارش‌های سنگین استان کرمانشاه به روش من کندال (مطالعه موردی: دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷)، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۱۲، شماره ۴۵، ص ۸۱-۹۶.
- پناهی، ع.، حسینی، م.، خرم‌آبادی، ف.، قوی بنیاد، ف. ۱۴۰۰. بررسی روند تغییرات زمانی- مکانی بارش پاییزه شمال غرب ایران، نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، سال ۲، شماره ۸، ۶۷-۸۲.
- خزاعی، سر، براتی، ر.، قندهاری، ا.، صادقی فرد، م. ۱۳۹۸. تحلیل روند بارش با استفاده از روش نوین Sen و مقایسه نتایج روش‌های متداول (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، سال ۶، شماره ۱، ۴۱-۵۰.
- خسروی، م.، عباس نیا، م.، قبادی، ا.، آرمش، م. ۱۳۹۶. بررسی ارتباط مکانی بین بارش‌های همرفتی بهاره و توپوگرافی شمال غرب ایران، مجله جغرافیا آمایش شهری – منطقه‌ای، شماره ۲۳، ص ۳۸-۲۱.
- داداشی رودباری، ع.، فلاح قالهری، غ.، کرمی، م.، باعقیده، م. ۱۳۹۵. تحلیل تغییرات بارش حوضه آبریز هراز با استفاده از روش‌های آماری و تکنیک تحلیل طیفی، مجله هیدروژئومورفولوژی، شماره ۷، ۵۹-۸۶.
- دارابی، ح.، جعفری، ع.، اخوان فرشچی، ک. ۱۳۹۵. تحلیل روند تغییرات اقلیمی استان قم و پیامدهای آن، مجله مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره اول، شماره ۲، ۲۵-۴۰.
- دارند، م. ۱۳۹۷. پایش مکانی تداوم بارش در استان کردستان، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۵۲، ص ۲۴۷-۲۶۶.
- زاهدی، م.، ساری صراف، ب.، جامعی، ج. ۱۳۸۶. تحلیل تغییرات زمانی مکانی منطقه شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، ۱۹۸- ۱۸۳.
- علیجانی، ب.، مویدفر، س.، صبایی مهر، م ۱۳۸۹. بررسی تغییرات اقلیمی شهر یزد در رابطه با توسعه شهری و منطقه‌ای، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، سال ۱، شماره ۳، ۴۱-۵۸.
- قصاب فیض، م.، اسلامی، ح. ۱۳۹۶. ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان، فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، ۱۱۳-۱۲۱.
- مزیدی، ا.، طوفانی، ه. ۱۴۰۰. بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه همدید ارومیه به روش آماری من کندال، مجله جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۴، شماره ۲، ۳۵۷-۳۷۰.
- میر موسوی، ح.، دوستکامیان، م.، ستوده، ف. ۱۳۹۵. بررسی و تحلیل الگوی فضایی تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۲۷، شماره ۳، ص ۶۷-۸۶.
- نوروزی، ع.، همایی، م.، ترکمان، م. ۱۴۰۲. تحلیل روند پارامترهای اقلیمی استان خوزستان با استفاده از آزمون من کندال(TFPW-MK) ، مجله مطالعات علوم محیط‌زیست، دوره ۸، شماره ۲، ۶۵۱۰-۶۵۲۱.
- Chen, j., Wub, X., Finlayson, B., Webber, M., Wei, T., Li, M. ۲۰۱٤. Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. Journal of Hydrology. Vol. ٥۱۳, P. ٤۰۳-٤۱۲.
- Duhan, D., Pandy, A. ۲۰۱۳. Statistical analysis of long-term spatial and temporal trends of precipitation during ۱۹۰۱–۲۰۰۲ at Madhya Pradesh, India. Atmospheric Research. Vol. ۱۲۲, P. ۱۳٦-۱٤۹.
- Elouissi, A., Sen, Z. Habi, M. ۲۰۱٦. Algerian rainfall innovative trend analysis and its implications to Macta watershed. Arabian J. Geosci, Vol. ۹(٤), P. ۱-۱۲.
- Limsakul, A., Singhruck, P. ۲۰۱٦. Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand, Atmospheric Research, Vol. ۱٦۹, P. ۳۰۱-۳۱۷.
- Manea, A., Birsan, M., Tudorache, G., Cărbunaru, F. Changes, A. ۲۰۱٦. Changes in the type of precipitation and associated cloud types in Eastern Romania (۱۹٦۱–۲۰۰۸), Atmospheric Research, Vol. ۱٦۹, P. ۳٥۷-۳٦٥.
- Raham, M. D. A. Begum, M. ۲۰۱۳. Application of Non Parametric For Trand Detection of Rainfull In the Largest Island of Bangladesh, ARPN Journal of Earth sciences, Vol. ۲, ٤۰-٤٤.
- Sen, P. K. (۱۹٦۸). Asymptotically efficient tests by the method of n rankings. J. Roy. Statist. Soc. Ser. B. ۳۰

- Sen, Z. ۲۰۱۲. Innovative trend analysis methodology. Journal of Hydrologic Engineering, Vol. ۱۷(۹), P. ۱۰٤۲-۱۰٤٦. https://doi.org/۱۰,۱۰٦۱/(ASCE)HE.۱۹٤۳-٥٥۸٤,۰۰۰۰٥٥٦.
- Tabari, H., Willems, P. ۲۰۱٥. Investigation of stream flow variation using an innovative trend analysis approach in north- west Iran. E-proceedings of the ۳٦th IAHR World Congress.
- Wu, H., Qian, H. ۲۰۱٦. Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall and extreme values in Shaanxi, China.

Evaluation of changes in the frequency of convective precipitation days in the northwest of Iran using Mann-Kendall and Sen's Slope method

Zeinab Godrati[۱]; **Bromand Salahi**[*۲]; **Mahnaz Saber**[۳]

[۱] PhD Student of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[۲*] Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[۳] Postdoctoral Researcher in Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Extended Abstract

Introduction

Precipitation is one of the elements of climate that has great variability. These changes occur both in terms of time and space in many regions of Iran. Knowing the characteristics of this atmospheric element is very important for many construction plans, plans and agricultural activities. Any statistically significant change in this element can impose inevitable negative effects on natural resources, especially recoverable water reserves. Knowing the change process of climatic parameters is one of the things that has been the focus of atmospheric and hydrological science researchers in recent years. Most of the studies have been focused on investigating and analyzing the behavior of precipitation, and Mann-Kendall statistical methods have been widely used as the most common non-parametric method for analyzing the trend of precipitation time series. Since the trend finding in terms of the frequency of convective Precipitation has been less noticed by researchers, the purpose of the present study is to investigate the trend of the frequency of convective rainfall in the first half of the year in synoptic stations located in the northwest of Iran. In this research, the study area for the statistical analysis of convective precipitation includes Ardabil, East Azerbaijan, and West Azarbaijan provinces.

Methodology

To carry out this research, the daily Precipitation data in the first half of the year (April, May, Jun, Jul, Aug, Sep), in synoptic stations located in the northwest of Iran (including Ardabil, Ahar, Urmia, Bonab, Bostan Abad, Tabriz, Pars Abad), Khoy, Sarab, Sardasht, Khalkhal, Marand, Mianeh, Mako, Mahabad, Meshkin Shahr and Maragheh were used during a ۱۷-year period (۲۰۰۰-۲۰۱۶) and daily Precipitation of at least ۵ mm was considered as convective Precipitation. Then, the annual frequency of convective precipitation of each station was counted and trending methods based on Mann-Kendall statistical method and Sen's slope estimator nonparametric method were used to analyze its trend. The Mann-Kendall test does not require a normal frequency distribution or the linearity of the behavior of the data, and it works very strongly compared to the data that deviates from the linear behavior and is used to evaluate the trend. In this test, the null hypothesis (H۰) and the opposite hypothesis (H۱) are respectively equivalent to no trend and the presence of a trend in the time series of observational data. In Sen's method, the time series is divided into two groups, and the numbers of each time series are arranged in ascending order. Then these two series are plotted against each other on the coordinate axis. It is better to draw the first time series on the horizontal axis and the second series on the vertical axis. In the next step, the ۱:۱ line is drawn, if the points are above the line, there is an increasing trend, below the line, there is a decreasing trend, and on the line, the data will be without trend.

Conclusion

The changes of precipitation in Tabriz station have been decreasing since ۲۰۰۶ and because these two components outside the critical range (±۱،۹۶) have intersected each other in ۲۰۱۳, ۲۰۱٤, and ۲۰۱۵, this trend is not significant. This situation happened at Maragheh station in ۲۰۱۳ and ۲۰۱٤, and since ۲۰۱۵, a decreasing trend in rainy days has been seen, at Midane station, since ۲۰۱۵, there has been a change of direction in the abundance trend from a non-significant increase to ۲۰۱۵. In other stations of East Azarbaijan province, during the studied period, no specific mutation and trend in the frequency of convective precipitation can be seen, and in fact, these stations have no trend. In Sardasht station, the time of the beginning of decreasing and then increasing changes in the frequency of convective precipitation in the years ۲۰۰۰, ۲۰۰۲, and ۲۰۱۶, the two components Ui and Ui' are outside the critical

range, which is not significant. A sudden change in the direction of this variable occurred in Mako station in ۲۰۰۱, which is incrementally insignificant. At Urmia station, several sudden changes in the frequency of convective precipitation can be seen during the studied period, which started from ۲۰۰۱ and continued until ۲۰۰۸. The trend of convective precipitation in ۲۰۰۳ was decreasing and after ۲۰۰۷ it was increasing insignificantly. In Mahabad station, the intersection of Ui and Ui components in ۲۰۰۱ reveals an increasing trend in the frequency of convective precipitation. In addition, in ۲۰۱۲, these lines intersected outside the critical range of ±۱,۹٦, which shows the increasing trend of the frequency of convective precipitation of a non-significant type. In Khoy station, between the years ۲۰۰۰, ۲۰۰۳, ۲۰۰٦, and ۲۰۰۷, a significant and sudden change began, which is insignificant. For the entire province of West Azerbaijan, a sharp and sudden change in the direction of an insignificant increase can be seen from ۲۰۰۳ to ۲۰۱۳. This sudden change has been revealed in the form of a decrease in ۲۰۱۳, which is not significant. In Parsabad and Meshkinshahr stations, the two components Ui and Ui' have not met each other inside and outside the critical range, and in the years ۲۰۰۸ and ۲۰۰۹, a significant decreasing trend started, which is insignificant, but in Ardabil station, these two components are within the range. In the years ۲۰۰٦ and ۲۰۱۰, they met each other, which indicates the beginning of a change of direction and a decreasing trend, albeit insignificant, in the frequency of convective precipitation at this station. This situation occurred in Khalkhal station in ۲۰۰۱ and ۲۰۰۸, which was accompanied by an increase in ۲۰۰۱ and an insignificant decrease in ۲۰۰۸. In general, the results of the analysis of the frequency of precipitation with the Mann-Kendall test showed that the variable trend, both increasing and decreasing, in the stations is not significant due to the location of the intersection point of Ui and Ui' outside the critical range (±۱,۹٦). In this way, the frequency of precipitation in the stations of East Azarbaijan province including Tabriz, Maragheh, Bonab, and Sarab shows a non-significant decreasing trend, and in Marand, Ahar, Bostan Abad, and the middle of a non-significant increasing trend, in the stations of West Azarbaijan province (including Urmia, Mako, Mahabad), Sardasht and Khoy) has had a non-significant increasing trend in the stations of Ardabil province (Parsabad, Ardabil, Meshkin Shahr, and Khalkhal). The results of trend analysis using the age slope estimator method show an increasing trend in Mako, Urmia, and Meshkinshahr stations. Also, the frequency of rainfall in Bostan Abad, Mahabad, Ardabil, and Parsabad stations has no trend and in other stations, it shows a decreasing trend without significance.

Keywords
Convective precipitation; Northwest of Iran; Sens Slope; Trending; Man-Kendal