

بررسی روند تغییرات بارش‌های منطقه جنوب غرب آسیا

محمد ناظری تهرودی^{1*} - حسین خزیمه‌نژاد²

تاریخ دریافت: 1395/12/23

تاریخ پذیرش: 1396/05/16

چکیده

یکی از چالش‌های مهم در عصر حاضر رقابت جهت دسترسی به منابع آب می‌باشد. منطقه خاورمیانه نیز با توجه به موقعیت ژئوپولوتیکی و استراتژیکی خود مورد توجه می‌باشد. اما مسئله‌ای که این منطقه را در آینده وارد ابعاد تازه از چالش‌ها خواهد نمود. کاهش منابع آب در این منطقه با توجه به تغییر اقلیم جهانی خواهد بود. درک ما از تأثیرات بشر روی محیط، به‌ویژه آن‌هایی که در ارتباط با گرم شدن ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای هستند، نشان می‌دهد که تعدادی از پارامترها در حال تغییر می‌باشند. خاورمیانه نیز در منطقه‌ای خشک و نیمه خشک واقع شده و منابع آب محدودی دارد و تغییر اقلیم به خوبی در آن مشهود می‌باشد. بررسی روند تغییرات زمانی بارش در برنامه‌ریزی و طراحی دقیق‌تر پروژه‌های آبی در آینده از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در این مطالعه روند تغییرات بارش منطقه جنوب غرب آسیا (4152 ایستگاه) در دو مقیاس سالانه و ماهانه در دوره آماری 2014-1970 با استفاده از آزمون ناپارامتری مان-کندال اصلاح شده با حذف کامل ساختار خودهمبستگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی روند تغییرات سالانه مقادیر بارش جنوب غرب آسیا نشان داد که از بین کشورهای مورد بررسی، روند تغییرات دو کشور عراق و ایران نسبت به سایر کشورها بحرانی‌تر بوده و به ترتیب حدود 1/2 و 1/03 میلی‌متر از مجموع بارش‌های سالانه در هر سال کاهش یافته است. روند کاهشی بارش تمام نواحی این دو کشور را در مقیاس سالانه در بر گرفته است و حتی می‌توان کانون بحران کمبود بارش را در این دو کشور بیان کرد. در بین کشورهای مورد بررسی در مقیاس سالانه و ماهانه وضعیت چهار کشور ترکیه، یمن، ترکمنستان و تاجیکستان بهتر از سایر کشورها از نظر کاهش بارندگی می‌باشد. در مقیاس ماهانه نیز شرایطی همانند مقیاس سالانه وجود دارد. در ماه‌های سردتر سال نیز روند تغییرات بارش نواحی مرکزی منطقه مورد مطالعه کاهشی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آسیا، خاورمیانه، روند، مان کندال اصلاح شده

مقدمه

افزایش خشک‌سالی‌های پی در پی و مداوم و همچنین به رشد تقاضا برای آب و کمبود آب توجه شود، این چالش ابعاد وسیعی به خود می‌گیرد. بر اساس برآورد IPCC این منطقه در آینده گرم‌تر و خشک‌تر خواهد شد. افزایش در آستانه‌های دمایی و کاهش بارندگی منجر به خشک‌سالی‌های شدیدی در منطقه خواهد شد. مطابق با مدل‌سازی‌های IPCC بیش از 80 تا 100 میلیون نفر تا سال 2050 در معرض کمبود آب در منطقه قرار خواهند گرفت و آب‌های زیرزمینی نیز کاهش سریعی می‌یابد. این عوامل نشان می‌دهد که سطح آب در این منطقه تا 0/5 متر بالا خواهد آمد و سواحل کشورهای همچون قطر، امارات، کویت و غیره در معرض آب‌گرفتگی و نابودی قرار خواهند گرفت. بر اساس گزارش FAO در بیش از 80 درصد مدل‌های برآورد تغییر اقلیم، بارش موجود در منطقه بیش از 40 میلی‌متر در سال کاهش خواهد داشت. با کاهش بارش منطقه منابع آبی نیز با خطر جدی روبرو خواهند شد.

اولین گام در اعمال مدیریت صحیح منابع آب، مطالعه عوامل اثرگذار بر این منابع از جمله تغییرات اقلیمی می‌باشد. اقلیم فرآیندی

تغییر اقلیم و افزایش گرمایش جهانی باعث گسترش خشک‌سالی‌ها و تداوم آن‌ها شده و همچنین این تغییر باعث ناپیکنواختی توزیع بارش می‌شود و بر منابع آب تأثیر می‌گذارد. خاورمیانه نیز از این تأثیرات مستثنا نبوده و در این مناطق نیز همانند سایر نقاط جهان منابع آب کم شده و این منطقه با کمبود ذخیره آب در آینده مواجه خواهد بود. این موضوع نه تنها در خاورمیانه بلکه بیش از چهار میلیارد نفر از ساکنین کره زمین تحت تأثیر کم‌آبی قرار خواهند گرفت. علیرغم رشد علمی و افزایش آگاهی ما نسبت به پیامدهای منطقه‌ای و جهانی تغییر اقلیم، توجه چندانی به اثرات این تغییرات در خاورمیانه و آسیای مرکزی نشده است. در منطقه خاورمیانه تغییر اقلیم چالشی بزرگ محسوب می‌شود، مخصوصاً اگر به

1 و 2- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند
* - نویسنده مسئول: (Email: m_nazeri2007@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v31i5.62604

پویاست که در مقیاس زمانی و مکانی تغییر می‌کند. بخش‌های زیادی از کره زمین تغییرپذیری را به صورت بخشی از اقلیم عادی خود در دوره‌های کوتاه مدت و بلندمدت تجربه می‌کنند تغییرات اقلیمی کوتاه مدت به دلیل تفاوت سالانه در مقادیر متغیرهای اقلیمی معین در دوره‌های متوسط مثل دوره‌های 30 ساله می‌باشند (20). دلایل و اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم در نقاط مختلف جهان به طور گسترده از جنبه‌های گوناگون مورد مطالعه قرار گرفته است. از بین متغیرهای هیدرولوژیکی، بارش مهم‌ترین پارامتر چرخه پیچیده هیدرولوژیکی می‌باشد. به دنبال پدیده گرم شدن هوای سطح زمین الگوی بارش جهانی دچار دگرگونی شده است. تغییر الگوی بارش متأثر از تغییر تبخیر در اثر گرم شدن هوا و دگرگونی الگوی گردش عمومی می‌باشد. به نظر می‌رسد به دنبال تغییر الگوی عمومی، برخی نواحی مرطوب‌تر و برخی خشک‌تر از گذشته خواهند شد. گذشته از تغییر مقدار ریزش‌های جوی، زمان وقوع بارش و نوع ریزش هم در معرض دگرگونی است. بررسی روند تغییرات پارامترهای تأثیرگذار بر خشک‌سالی یک منطقه نظیر بارش کمک بسزایی در شناخت اقلیم منطقه دارد. در سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در این زمینه در سراسر جهان انجام شده است. از این رو در سالیان اخیر مطالعات متعددی در زمینه تحلیل روند متغیرهای هیدرولوژی در سراسر جهان صورت پذیرفته است که نشان از اهمیت بالای این مطالعات دارد. بررسی روند تغییرات بارش در نقاط مختلف دنیا توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. از جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

دلیما و همکاران (6) روند بارش‌های ماهانه و سالانه 107 ایستگاه هواشناسی کشور پرتغال را در دوره 1941-2000 با آزمون مان - کندال مورد مطالعه قرار دادند. بیکر و همکاران (3) روند بارش را در حوزه رودخانه یانگ تسه در چین با آزمون مان - کندال تحلیل کردند. کایا و پارتال (10) روند فصلی بارش‌های ترکیه را با استفاده از آزمون مان - کندال مورد بررسی قرار دادند. پال و اتیاء (22) روند بارش‌های حدی فصلی را در فصول زمستان، بهار و پائیز منطقه کرالای در هندوستان را با استفاده از آزمون مان - کندال مورد بررسی قرار دادند. کارمشو (11) روند تغییرات بارش و دمای سالانه شمال غرب ایالات متحده را در دوره آماری 1900 تا 2011 با استفاده از آزمون مان - کندال اصلاح شده در سطح معنی‌داری 5 درصد، بررسی کردند. یانگ و همکاران (28) بر اساس درجه حرارت و بارش میانگین ماهانه 53 ساله در حوضه رودخانه ژانگوبیان و 5 ایستگاه هواشناسی اطراف آن با استفاده از آزمون مان - کندال روند این عوامل را مورد بررسی قرار داده و روند کاهشی معنی‌دار در بارندگی سالانه و روند صعودی دما در در فصول تابستان و بهار گزارش نمودند. جین و همکاران (9) در مطالعه‌ای تغییرات بلندمدت بارش و دمای شمال غرب

هند را مورد بررسی قرار دادند. این محققین از روش مان - کندال در تشخیص روند بهره برده و در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بارش، در دوره آماری 1871 تا 2008 هیچ‌گونه روند معنی‌داری مشاهده نکردند، اما دما در هر سه مقیاس زمانی، روند افزایشی را تجربه کرده بود. Wang و همکاران (27) روند تغییرات سالانه دما و بارش را در طی پنجاه سال برای منطقه لوئس پلاتیو¹ در چین مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میانگین سالانه درجه حرارت منطقه مورد مطالعه $1/19^{\circ}\text{C}$ در پنجاه سال گذشته افزایش و میزان بارندگی ($mm/50\text{year}$) 29/11 کاهش یافته است. دوهان و پاندی (7) در پژوهشی به مطالعه تغییرات زمانی و مکانی بارش 102 ساله منطقه مادها پارادش هندوستان پرداختند. آن‌ها از آزمون مان - کندال و تخمین گر شیب سن به منظور تعیین روند یکنواخت بارش و از آزمون پتیت برای تشخیص نقاط شکست استفاده کردند. چن و همکاران (5) روند تغییرات بارش، دما و رواناب حوضه آبریز یانگتس چین را در دوره آماری 1955 تا 2011 با استفاده از آزمون مان - کندال مورد بررسی قرار دادند. خلیلی و همکاران (14) روند تغییرات بارش سالانه نیم‌قرن اخیر ایران را با استفاده از آزمون مان - کندال اصلاح شده و هم‌چنین توزیع الگوی بارش را مورد بررسی قرار داده و روند کاهشی بارش سالانه را در بیشتر نقاط ایران نشان دادند. ناظری تهرودی و همکاران (21) نیز با استفاده از آزمون مان - کندال اصلاح شده روند تغییرات بارش و دبی حوضه دریاچه ارومیه را مورد بررسی قرار داده و کاهش بارش‌ها و دبی این حوضه را در سال‌های اخیر نشان دادند. از مرور منابع استنباط می‌شود که تحقیق‌های صورت گرفته در سطح ایران در زمینه بررسی روند تغییرات بارش‌ها از داده‌های بارش ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک استفاده شده است در حالی که پوشش داده‌های ریزمقیاس شده و تصحیح و تکمیل شده آن در سطح هر حوضه و یا هر منطقه‌ای گسترده‌تر می‌باشد و استفاده از این داده‌ها تغییرات بارش‌ها را بهتر نمایش می‌دهد. هم‌چنین فرض اصلی مطالعات تحلیل روند با استفاده از آزمون مان - کندال مستقل بودن و عدم وجود خودهمبستگی معنی‌دار در داده‌های نمونه است، ممکن است برخی سری‌های هیدرولوژیکی مانند بارش دارای ضریب خودهمبستگی معنی‌دار باشند. در علم آمار، خودهمبستگی یک فرآیند تصادفی همبستگی بین مقادیرهای فرآیند در نقاط مختلف، زمان را به عنوان تابع دو زمانه یا تفاضل زمانی توصیف می‌کند. بنابراین برای حذف اثر خودهمبستگی روی آزمون مان - کندال ضروری است قبل از انجام آزمون، اجزای خودهمبستگی از قبیل فرآیند خودهمبستگی مرتبه اول ($AR(1)$) از سری داده‌ها حذف گردد. با توجه به مطالب ارائه شده و هم‌چنین با توجه به تغییرات اقلیم و تغییرات آب و هوایی در سطح در سطح جهان به نظر می‌رسد بررسی تغییرات روند بارش

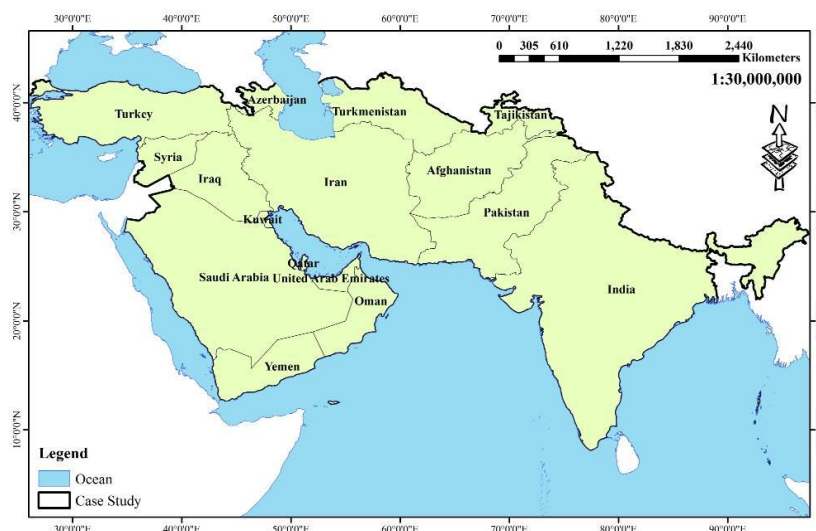
افغانستان را در بر می‌گیرد. در بخش شرقی این برجستگی‌ها، زمین‌های همواری دیده می‌شود که با رسوبات دجله و فرات پدید آمده و خاک حاصلخیزی دارند. در جنوب رودهای دجله و فرات که به خلیج فارس می‌ریزند، غیر از زمین‌های پست بین‌النهرین، شبه جزیره عربستان قرار دارد که از نظر وسعت، بزرگ‌ترین شبه جزیره جهان است و با وجود هم‌مرز بودن با دریا از سه طرف، سرزمین خشک و صحرایی است. با توجه به ورود سامانه هوایی استوایی با منشأ اقیانوس هند، کشور هندوستان نیز در محدوده مطالعاتی اضافه گردید. در این مطالعه از داده‌های بارش ماهانه و سالانه کشورهای افغانستان، جمهوری آذربایجان، هندوستان، عراق، کویت، عمان، پاکستان، عربستان، سوریه، تاجیکستان، ترکیه، ترکمنستان، قطر، امارات، یمن و ایران استفاده گردید. منطقه مورد مطالعه واقع در جنوب شرقی آسیا به شرح شکل 1 ارائه گردید.

هدف از آزمون روند این است که وجود و یا عدم وجود سیر صعودی یا نزولی در سری داده‌ها مشخص گردد. با توجه به اینکه در روش‌های پارامتری فرضیه‌هایی نظیر نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود داشته و این فرضیات اغلب برای متغیرهای هیدرولوژیکی اعتبار ندارد، از روش ناپارامتری من-کندال که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی دارد، می‌توان استفاده کرد (13). یکی از معروف‌ترین آزمون‌های ناپارامتری روند، آزمون من-کندال می‌باشد (19 و 12).

ماهانه و سالانه کشور ایران و همچنین بررسی روند تغییرات بارش در کشورهای همسایه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد. ایران کشوری پهناور و با اقلیم‌های متفاوت می‌باشد که پراکندگی بارش در نقاط مختلف آن متفاوت می‌باشد. همچنین با توجه به این که تحت تأثیر توده هوای ورودی به کشور از سمت کشورهای همسایه می‌باشد، لذا بارش‌های مناطق مختلف ایران به شدت تحت تأثیر وضعیت کشورهای همسایه قرار دارد. از این رو مطالعه روند تغییرات بارش‌های ایران باید به صورت کلی و در سطح وسیع صورت گیرد. هدف از مطالعه حاضر بررسی روند تغییرات داده‌های ماهانه و سالانه منطقه جنوب غرب آسیا با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده و با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های ماهانه و مجموع بارش سالانه حدود 4152 ایستگاه باران‌سنجی ریزمقیاس شده¹ در ایران و 15 کشور همسایه آن در دوره آماری 1970-2014 جهت بررسی روند تغییرات بارش‌های ماهانه و سالانه مناطق موردنظر استفاده گردید. مناطق انتخاب شده با توجه به اقلیم گرم و خشک در قسمت جنوب غربی آسیا واقع شده و خاورمیانه نیز بخشی از آن را شامل می‌شود. این ناحیه به لحاظ آب و هوایی از تابستان‌های بسیار گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً کوتاه، برخوردار است. نواحی شمالی این منطقه را رشته کوه‌هایی فرا گرفته که بخش‌های زیادی از ترکیه، ایران و



شکل 1- منطقه مورد مطالعه واقع در جنوب غرب آسیا
Figure 1- The studied area that located in South-West of Asia

آزمون من - کندال

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

لازم به ذکر است که α برابر با سطح معنی داری می باشد. در شرایطی که $s=0$ باشد داده‌ها فاقد روند بوده و هیچ روند معنی دار یا غیر معنی داری در داده‌ها وجود ندارد که این شرایط ایده آل برای داده‌های هیدرولوژیکی به ندرت ممکن است اتفاق بیفتد. اما برای داده‌هایی که روند افزایشی دارند مقدار S صفر نبوده و مقداری مثبت دارد و در رابطه ارائه شده توسط من - کندال آماره Z با کسر یک واحد از S مثبت تقسیم بر انحراف معیار S به دست می آید و برای داده‌هایی که روند کاهشی دارند مقدار S صفر نبوده و مقداری منفی دارد و در رابطه ارائه شده توسط من - کندال آماره Z با اضافه کردن یک واحد به S منفی تقسیم بر انحراف معیار S حاصل می گردد (21).

تخمین گر شیب سن

یک شاخص بسیار مفید در آزمون من - کندال شیب خط روند یا به اصطلاح شیب Sen می باشد که بزرگی روند یکنواخت را نشان می دهد. مقدار شیب روند با استفاده از شیوه ارائه شده توسط تیل (26) و سن (24) با رابطه زیر برآورد شد:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right) \quad \forall i < j \quad (6)$$

که در آن β برآوردگر شیب خط روند و x_j, x_i به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می باشند. مقادیر مثبت β نشان دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن روند کاهشی را نشان می دهند. این روش در مطالعات هیدرولوژیکی به طور وسیعی استفاده شده است. لازم به ذکر است که برآورد مقدار شیب سن جهت محاسبات آزمون مان - کندال اصلاح شده مورد نیاز می باشد.

آزمون مان کندال با حذف ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (MK2)

این روش توسط کومار و همکاران (17) شرح داده شده است. در این روش اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (r_1) محاسبه و در صورتی که معنی دار باشد، از سری داده‌ها حذف می گردد. برای این کار مراحل زیر انجام شد:

1- ضریب خودهمبستگی مرتبه اول، r_1 ، از رابطه زیر محاسبه گردید:

در این مطالعه روند تغییرات سری های زمانی بارش کشورهای موجود در جنوب غرب آسیا با استفاده از آزمون ناپارامتری من - کندال اصلاح شده مورد بررسی قرار می گیرد. این آزمون به طور وسیعی در مطالعات هیدرولوژی، کلیماتولوژی و متئورولوژی مورد استفاده قرار گرفته است. شرط لازم برای استفاده از این آزمون عدم وجود خودهمبستگی در سری زمانی داده‌ها می باشد، با این حال ممکن است داده‌ها دارای خودهمبستگی معنی دار باشند. بنابراین باید ابتدا اثر خودهمبستگی داده‌ها حذف گردد تا بتوان از آزمون مان - کندال استفاده نمود (21). بدین منظور در مطالعه حاضر به جای آزمون من - کندال مرسوم (MK1) از ویرایش دیگر آن شامل آزمون من - کندال با حذف کامل ساختار خودهمبستگی (MK3) استفاده شد. در ادامه روش های آزمون من - کندال شرح داده می شود.

آزمون مان - کندال بدون در نظر گرفتن خودهمبستگی

داده‌ها

در آزمون MK1 هر مقدار در سری زمانی به صورت پیوسته و پشت سرهم با بقیه مقادیر سری، مورد مقایسه قرار می گیرد. آماره S به صورت زیر در نظر گرفته شد:

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

که در آن x_j مقادیر داده‌های متوالی، n طول مجموعه داده‌ها و $\text{sgn}(\theta)$ تابع علامت بوده که به صورت زیر تعریف گردید:

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

مان (19) و کندال (12) نشان دادند که وقتی $n \geq 8$ باشد، آماره S تقریباً به طور نرمال توزیع شده و میانگین و واریانس آن به صورت زیر می باشد:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام و m برابر با تعداد گروه‌های جفتی می باشند. آماره آزمون استاندارد شده Z به صورت زیر محاسبه می شود:

آماره آزمون MK1 استاندارد شده Z از توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس 1 پیروی می کند. فرض صفر به شرطی پذیرفته می شود که $-Z_{1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{1-\alpha/2}$ قرار گیرد.

همان‌طوری که در قسمت معنی‌داری ضرایب شرح داده شد (بخش مربوط به آزمون مان - کندال با حذف ضریب خودهمبستگی مرتبه اول (MK2)) اثر خودهمبستگی ضرایب در تأخیرهای مختلف بررسی شده و ممکن است در مرتبه اول یا مرتبه‌های دیگر داده‌ها مستقل نبوده و نیاز به حذف اثر خودهمبستگی در مرتبه اول یا برای باقی ضرایب صورت گیرد (21). آزمون من-کندال اصلاح شده به‌منظور حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار توسط حامد و رائو (8) ارائه گردید. در این آزمون همه ساختار خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی بررسی و حذف می‌گردد. ابتدا واریانس اصلاح شده که با $V(S)^*$ نشان داده می‌شود به شرح زیر حساب شد:

$$V(S)^* = V(S) \cdot \frac{n}{n^*} \quad (11)$$

$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \times \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2) \cdot r_i \quad (12)$$

که در آن n^* اندازه مؤثر نمونه بوده و از طریق رابطه (12) قابل محاسبه می‌باشد، $V(S)$ از رابطه (4) و r_i ضریب خودهمبستگی با تأخیر i در سطح معنی‌داری 10 درصد از رابطه (7) محاسبه شدند. برای محاسبه Z من-کندال، در رابطه (5) مقدار عبارت $V(S)$ با $V(S)^*$ جایگزین گردید. حامد و رائو (8) نشان دادند که در این روش، معنی‌داری روند دقیق‌تر از روش مان-کندال مرسوم بوده و اثری بر توان (قدرت) آزمون ندارد. این روش در تحقیقات زیادی مانند کومار و همکاران (17) و خلیق و همکاران (15) به کار برده شده است.

نتایج و بحث

در این مطالعه روند تغییرات داده‌های بارش ماهانه و سالانه نواحی جنوب غرب آسیا با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح شده محاسبه گردید. در ابتدا مقادیر آماره Z آزمون مان - کندال اصلاح شده مربوط به بارش‌های منطقه مورد مطالعه در مقیاس زمانی سالانه محاسبه و نتایج به شرح شکل 2 ارائه گردید. شکل 3 نیز نمودار جعبه‌ای این مقادیر را در دو مقیاس سالانه و ماهانه نشان می‌دهد. همچنین شیب خط روند موجود در داده‌های مورد بررسی با استفاده از آزمون شیب خط سن محاسبه و به شرح شکل 4 ارائه گردید. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که روند غالب در سری سالانه این منطقه کاهش است.

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

2- سری داده‌ها در صورتی (در سطح معنی‌داری 10 درصد) مستقل از هم فرض شد که در شرط $\frac{-1-1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \leq r_1 \leq \frac{-1+1.645\sqrt{n-2}}{n-2}$ صدق می‌کرد که در این حالت آزمون MK با روش کلاسیک (یا MK1) انجام می‌شود در غیر این صورت اثر ضریب خودهمبستگی مرتبه اول داده‌ها بر روی روند آن‌ها به‌صورت زیر حذف می‌شود. لازم به ذکر است در صورتی که r_1 در رابطه صدق کند، داده‌ها مستقل از هم بوده و نیازی به حذف اثر خودهمبستگی نخواهد بود اما در غیر این صورت بایستی برای تک‌تک مرتبه‌های خودهمبستگی (k) این شرط بررسی شود و در صورت عدم برقراری شرط بالا، داده‌ها مستقل نبوده و بایستی اثر خودهمبستگی از داده‌ها حذف گردد (8).
3- شیب خط روند یا β برای سری داده‌ها از رابطه (6) محاسبه و سری جدیدی به شرح زیر به دست آمد.

$$x'_i = x_i - (\beta \times i) \quad (8)$$

4- ضریب r_1 داده‌های سری جدید مجدداً محاسبه شد.
5- مؤلفه ضریب خودهمبستگی مرتبه اول $AR(1)$ ، از سری جدید به شرح زیر حذف و سری باقیمانده‌ها (y'_i) از رابطه زیر به دست آمد:

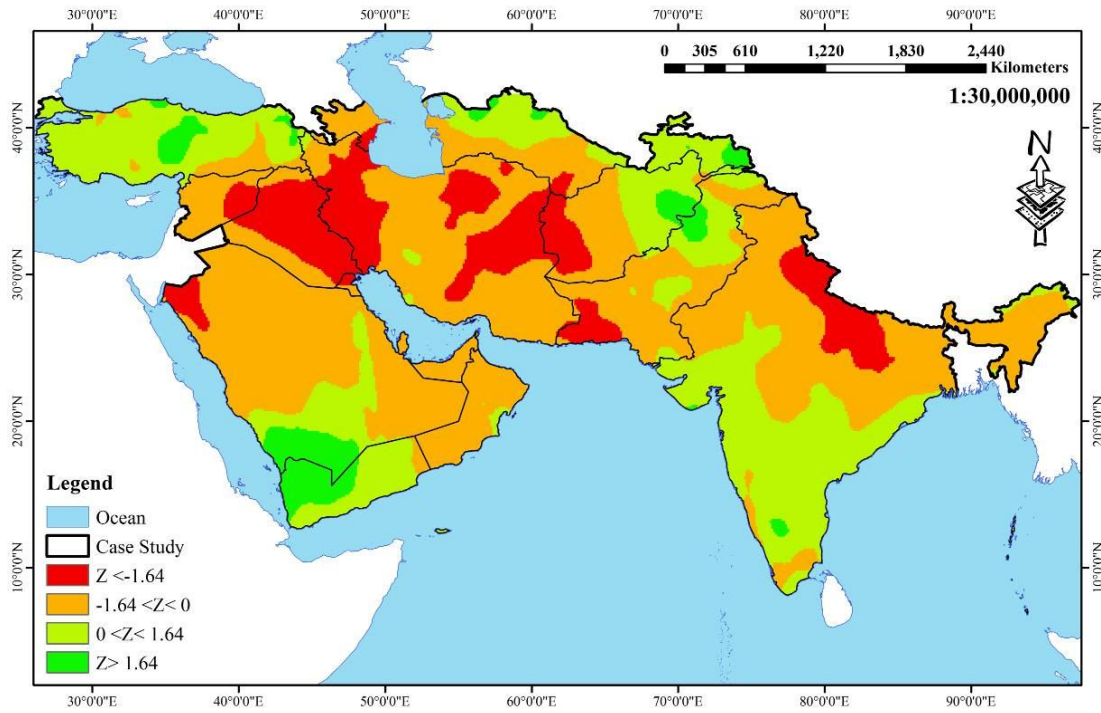
$$y'_i = x'_i - r_1 \times x'_{i-1} \quad (9)$$

6- بار دیگر مقدار روند $(\beta \times i)$ به سری اخیر افزوده شد و سری نهایی (y_i) به شرح زیر به دست آمد:

$$y_i = y'_i + (\beta \times i) \quad (10)$$

اکنون با اعمال آزمون مان - کندال (MK1) به سری داده‌های ترکیبی، وجود روند در آن‌ها بررسی می‌شود. این کار با محاسبه آماره Z من-کندال (رابطه 5) برای سری اخیر انجام گرفت. اگر Z محاسبه شده بزرگ‌تر از رقم $1/645$ می‌شد روند داده‌ها در سطح 10 درصد معنی‌دار فرض می‌شد و اگر Z محاسبه شده بزرگ‌تر از ارقام $1/96$ و $2/33$ می‌شد روند داده‌ها به ترتیب در سطح 5 درصد و 1 درصد معنی‌دار فرض شد. در غیر این صورت فرض صفر مبنی بر وجود روند در داده‌ها در سطح معنی‌داری مورد نظر رد - شد. این روش توسط بورن و همکاران (4)، لو و همکاران (18) و باندیپادهایا و همکاران (2) نیز بکار برده شده است.

آزمون من-کندال با حذف اثر کامل ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار (MK3)



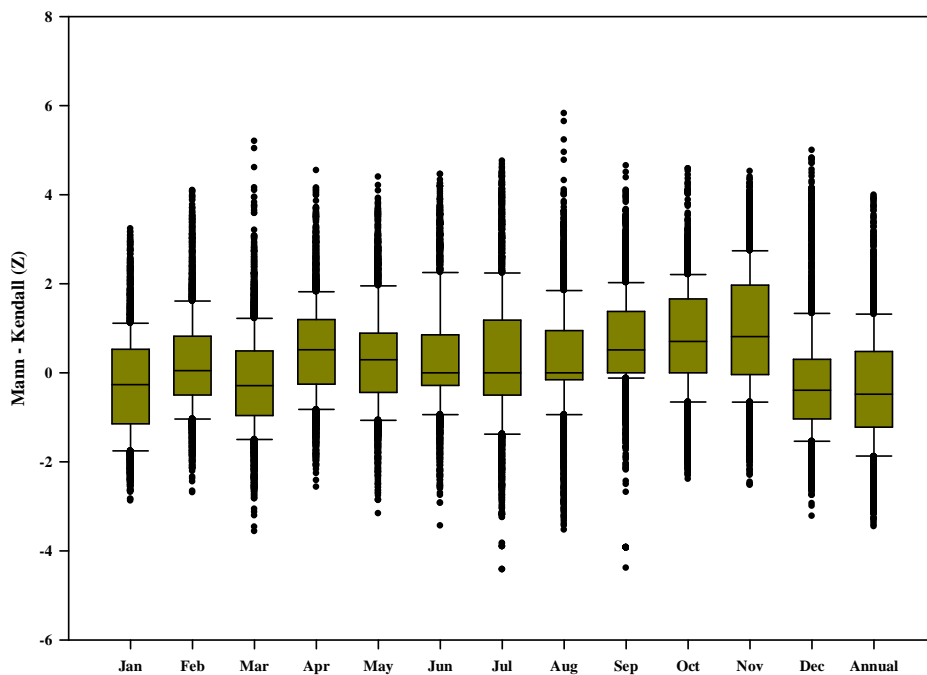
شکل 2- نتایج آزمون مان- کندال اصلاح شده در بررسی روند سالانه بارش منطقه مورد مطالعه

Figure 2- Results of modified Mann-Kendall test in evaluation the trend of annual precipitation of studied area

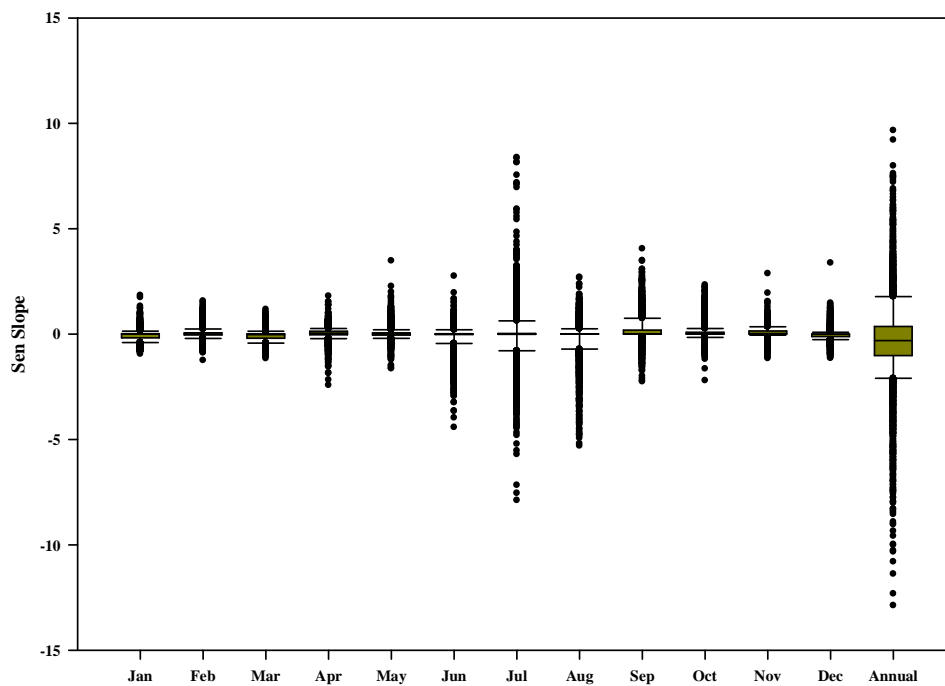
این کشورها تقریباً در تمام نواحی افزایشی بوده است. در بین کشورهای مورد مطالعه کشور عراق بیشترین آسیب‌ها را در طی دوره آماری مورد بررسی از نظر پراکندگی زمانی بارش متحمل شده است به طوری که در اکثر نقاط این کشور روند تغییرات بارش‌ها کاهشی و معنی‌دار می‌باشد. بعد از کشور عراق، رتبه دوم را در کمبود بارش‌های سالانه مربوط به کشور ایران می‌باشد. با توجه به شکل 2 می‌توان مشاهده کرد که دو کشور ایران و عراق بیشترین آسیب‌ها را در این مورد متحمل شده‌اند. این دو کشور از نظر تغییرات زمانی بارندگی در شرایط خوبی قرار ندارند. این تغییرات کاهشی در مقایسه با مجموع بارش سالانه پیامدهای ناگواری را در آینده در بر خواهد داشت. با کاهش مقادیر بارش‌های سالانه در سطح کشور منابع آب سطحی و زیرزمینی با کاهش و مشکل روبرو شده و در آینده نیز بحران‌ساز خواهد شد. به‌طور مثال وضعیت دریاچه ارومیه را نیز می‌توان به‌عنوان یکی از این مشکلات نام برد. این دریاچه در شمال غرب ایران واقع شده است. نواحی‌ای که بارش‌های سالانه آن با کاهش معنی‌دار روبرو شده است. این مشکلات خسارات سنگین اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را در منطقه ایجاد می‌کند. خلیلی و همکاران (14) نیز در تحقیقات خود نشان دادند که اکثر مناطق ایران را روندی کاهشی در بر گرفته است.

نتایج حاصل از بررسی روند تغییرات سالانه بارش ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره آماری 1970-2014 با استفاده از آزمون مان کندال اصلاح شده با حذف کامل اثر خودهمبستگی نشان داد که در سطح کشور ایران تمام نواحی را روندی کاهشی در مقادیر بارش سالانه در بردارد که این خصوص روند تغییرات نواحی غربی ایران و همچنین نواحی غربی دریای خزر، برخی از نواحی مرکزی و شرقی ایران در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. سایر نقاط نیز روندی کاهشی را در مقادیر بارش سالانه در سطح کشور ایران شامل تجربه کرده‌اند.

همان‌طور که از شکل 2 قابل مشاهده است، در مقیاس سالانه کشورهایی که از در مرز محدوده مورد مطالعه قرار دارند، با روندی افزایشی در مقادیر بارش سالانه مواجه بوده‌اند به طوری که از شکل 2 مشاهده می‌شود، کشور ایران در مرکز بحران (مرکز کمبود بارش) قرار گرفته است. نواحی جنوبی کشور هندوستان، جنوب غربی کشور عربستان، نواحی شمالی کشور ترکمنستان و همچنین نواحی شرقی کشورهای افغانستان و پاکستان با روندی افزایشی در مقادیر بارش سالانه در طی دره آماری 1970-2014 روبرو بوده است. کشورهای یمن، ترکیه و تاجیکستان نیز در دوره آماری مورد بررسی وضعیت خوبی نسبت به سایر کشورها داشته و روند تغییرات بارهای سالانه در



شکل 3- نمودار جعبه‌ای آماره Z من- کندال اصلاح شده (MMK) برای بارش‌های منطقه جنوب غرب آسیا
 Figure 3- Box plot of Z values of modified Mann-Kendall (MMK) for South-West of Asia precipitations



شکل 4- نتایج شیب خط روند سری بارش سالانه و ماهانه ایستگاه‌های مورد مطالعه
 Figure 4- Results of Sen's slope of the trend of annual and monthly precipitation in studied stations

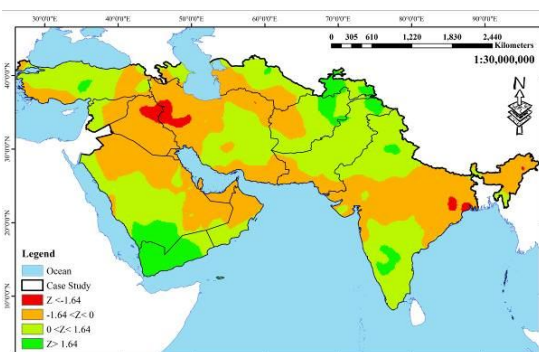
این کشور (تاجیکستان) برابر با $1/25$ می‌باشد که بیانگر افزایش بارش‌ها در طی دوره آماری مورد بررسی در این کشور می‌باشد. مقادیر ماهانه بارش‌های منطقه مورد مطالعه نیز با استفاده از آزمون مان - کندال اصلاح شده برآورد و به صورت شکل‌های 5 تا 16 ارائه گردید.

روند تغییرات مقادیر بارش ماهانه مربوط به ماه ژانویه (ماه دوم) نشان داد که در این ماه روند تغییرات مقادیر بارش در تمامی نواحی مرکزی و شرقی منطقه مورد مطالعه کاهش می‌باشد و مرکز این کاهش‌ها در شرق ایران و نواحی مرکزی و غربی کشور افغانستان می‌باشد. روند کاهش مقادیر بارش‌های ماهانه در دو کشور در ماه ژانویه در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. در این ماه کشورهای ترکیه، سوریه، قسمت‌های شمالی و شرقی کشور عراق و کشور یمن و همچنین بیشتر نواحی عربستان افزایش می‌باشد. در برخی از نواحی کشور یمن نیز روند افزایشی بارش‌ها در ماه ژانویه معنی‌دار می‌باشد. در این ماه که در فصل زمستان قرار دارد، تمامی نواحی ایران با روندی کاهش در مقادیر بارش روبرو شده که این روند در نواحی شرقی بحرانی می‌باشد.

در ماه فوریه (ماه دوم میلادی) شرایط بارندگی‌ها در منطقه مورد مطالعه و همچنین در کشور ایران از نظر تغییرات زمانی بهتر شده و مناطقی از ایران با افزایش بارش‌ها روبرو شده است. این نواحی در قسمت‌های مرکزی و شرقی ایران می‌باشد. در این ماه (فوریه) کانون کاهش بارش‌ها دو کشور ایران و عراق می‌باشد که روند کاهش بارش‌ها در این نواحی معنی‌دار می‌باشد. در این ماه (فوریه) کشور یمن نیز روندی افزایشی را در مقادیر بارش ماهانه تجربه کرده است. روند تغییرات اکثر مناطق ترکیه، عربستان، شمال و جنوب هندوستان، تاجیکستان و بیشتر نواحی افغانستان و پاکستان روندی افزایشی را در مقادیر بارش ماهانه تجربه کرده‌اند.

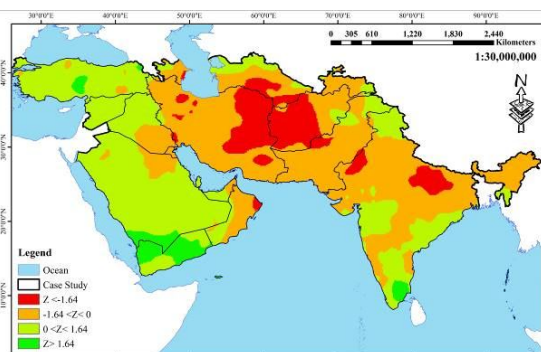
کاهش بارش‌های سالانه در سطح کشور پهناور و گرم و خشکی همچون ایران نگرانی‌هایی را در میزان آب قابل در دسترس در بر خواهد داشت که باید برای آن تمهیداتی در نظر گرفته شود. همچنین با توجه به وضعیت موجود در کشورهای همسایه احتمال کمبود آب سالم در این کشورها نیز دور از انتظار نیست. لذا استان‌های غربی ایران که وابستگی شدیدی به آب سطحی دارند، مشکلات بیشتری خواهند داشت زیرا در این نواحی هم در مورد آب زیرزمینی و روش‌های کاهش آلودگی آن کمتر کار شده و هم این‌که ورودی آب‌های مرزی با توجه به وضع موجود در کشورهای همسایه کم خواهد شد. در مورد کمبود بارش‌های معنی‌دار در استان‌های شرقی که متوسط بارش کمتری نسبت به سایر مناطق ایران دارند، نگرانی‌های بیشتری وجود دارد. شکل 3 مقادیر آماره Z مان - کندال اصلاح شده را در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه به صورت نمودار جعبه‌ای نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عمده تغییرات این مقادیر در نزدیکی صفر و کمتر از آن می‌باشد که بیانگر کاهش بودن مقادیر بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد بررسی می‌باشد. متوسط مقدار آماره مان - کندال اصلاح شده برای کشور ایران حدود $1/4$ می‌باشد.

شکل 4 نیز تغییرات شیب خط روند را برای مقادیر بارش ماهانه و سالانه مناطق مورد مطالعه (جنوب شرق آسیا) نشان می‌دهد. با توجه به شیب خط روند محاسبه شده به‌طور متوسط در طی دوره آماری مورد بررسی هرساله حدود $1/06$ میلی‌متر از مجموع بارش سالانه از سال 1970 کاسته شده است که با توجه به دوره آماری مورد بررسی (45 ساله) نتایج نشان داد که از سال 1970 تا 2014 حدود 48 میلی‌متر از متوسط بارش سالانه کشور ایران کاسته شده است. این مقدار کمبود بارش در کشور عراق نیز حدود $1/22$ میلی‌متر به ازای هرسال می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که کشور تاجیکستان با افزایش حدود $1/63$ میلی‌متر در هر سال بیشترین افزایش بارش را تجربه کرده است. متوسط آماره Z مان - کندال اصلاح شده نیز در



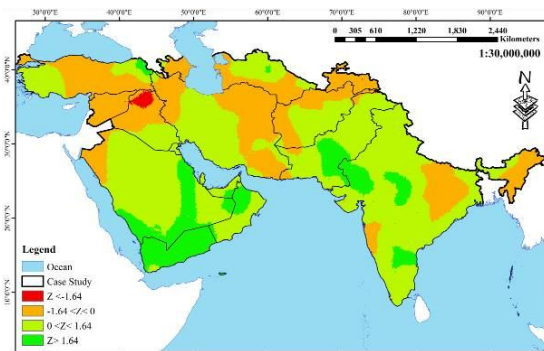
شکل 6- تغییرات روند بارش ماه Feb

Figure 6- The trend of monthly precipitation in Feb



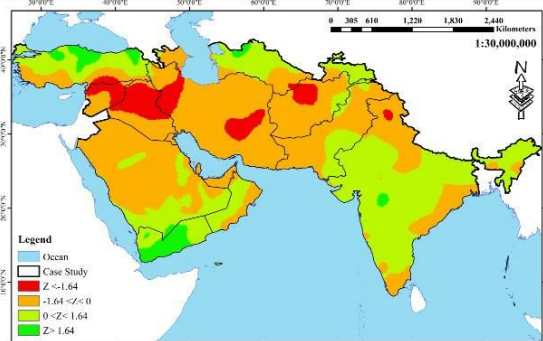
شکل 5- تغییرات روند بارش ماه Jan

Figure 5- The trend of monthly precipitation in Jan



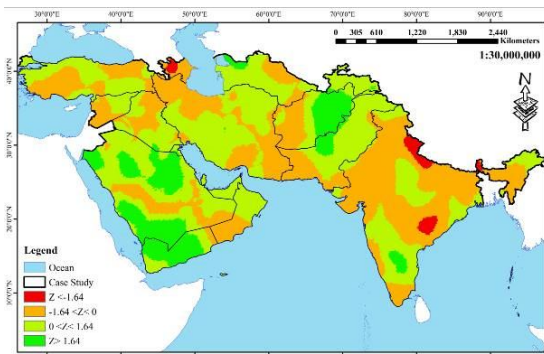
شکل 8- تغییرات روند بارش ماه Apr

Figure 8- The trend of monthly precipitation in Apr



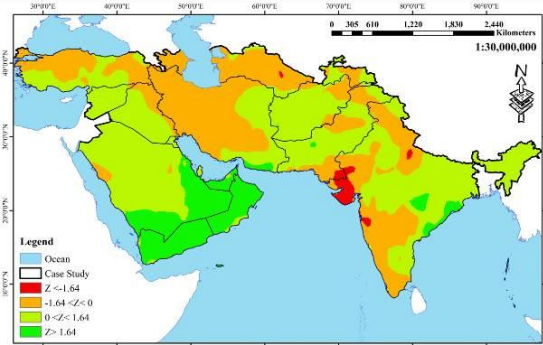
شکل 7- تغییرات روند بارش ماه Mar

Figure 7- The trend of monthly precipitation in Mar



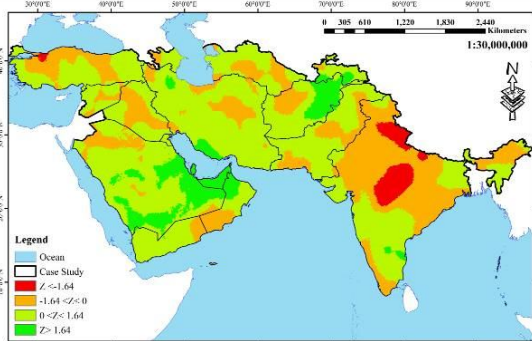
شکل 10- تغییرات روند بارش ماه Jun

Figure 10- The trend of monthly precipitation in Jun



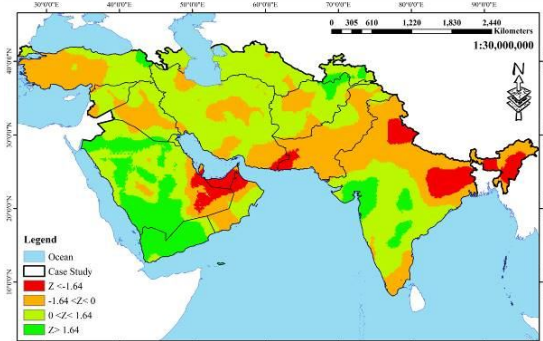
شکل 9- تغییرات روند بارش ماه May

Figure 9- The trend of monthly precipitation in May



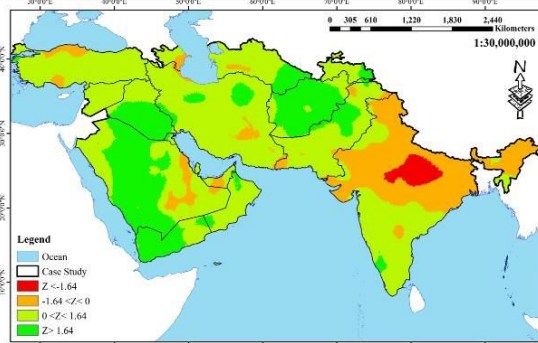
شکل 12- تغییرات روند بارش ماه Aug

Figure 12- The trend of monthly precipitation in Aug



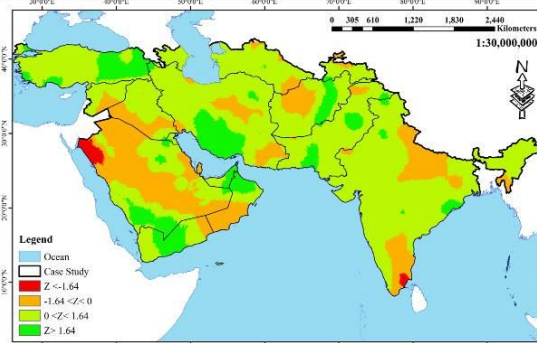
شکل 11- تغییرات روند بارش ماه Jul

Figure 11- The trend of monthly precipitation in Jul



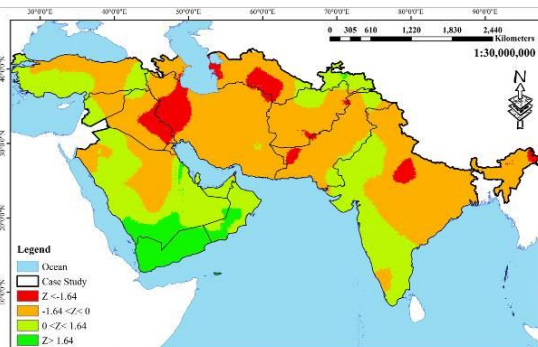
شکل 14- تغییرات روند بارش ماه Oct

Figure 14- The trend of monthly precipitation in Oct



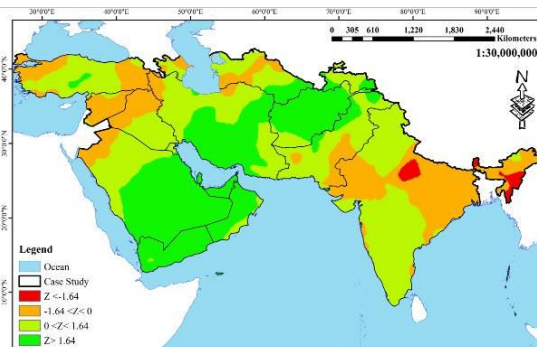
شکل 13- تغییرات روند بارش ماه Sep

Figure 13- The trend of monthly precipitation in Sep



شکل 16- تغییرات روند بارش ماه Dec

Figure 16- The trend of monthly precipitation in Dec



شکل 15- تغییرات روند بارش ماه Nov

Figure 15- The trend of monthly precipitation in Nov

است. وضعیت کشورهای هندوستان، پاکستان، عربستان، امارات، یمن، عمان و کویت نیز نسبت به سایر ماهها بهتر شده و روندی افزایشی در مقادیر بارش‌های را تجربه کرده‌اند.

اما در ماه مه (ماه پنجم میلادی) اکثر نواحی ایران، ترکمنستان، شمال غربی ترکیه و غرب هندوستان با روندی کاهش‌ی در مقادیر بارش‌ها روبرو شده است. سایر نواحی منطقه مورد مطالعه افزایش بارش‌ها را نشان می‌دهد. در این ماه نواحی جنوب شرقی کشور ایران روندی افزایشی در مقادیر بارش ماهانه داشته و قسمت‌های جنوبی استان سیستان و بلوچستان این روندی افزایشی معنی‌دار بوده است. کشورهای یمن، عمان و امارات نیز در این ماه روندی افزایشی و معنی‌دار در مقادیر بارش ماهانه دارند. تغییرات پراکنده کاهش‌ی و افزایشی در مقادیر بارش ماهانه در ماه ژوئن منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته است. در این ماه کشور هندوستان بیشترین روند کاهش‌ی را تجربه کرده است. این موضوع بیانگر کاهش مقادیر بارش‌های موسمی در این کشور می‌باشد. کشور جمهوری آذربایجان نیز با روندی کاهش‌ی و معنی‌دار در مقادیر بارش ماهانه مواجه بوده است. نواحی شمال غرب و جنوب شرق ایران نیز در این ماه (ژوئن) روند

در ماه مارس تغییرات کاهش‌ی مقادیر بارش ماهانه به سمت غرب منطقه مورد مطالعه حرکت کرده و کانون روند کاهش‌ی معنی‌دار بارش در کشور عراق و سوریه و همچنین مناطق غربی ایران می‌باشد. در این ماه قسمت اعظم منطقه مورد مطالعه را روندی کاهش‌ی در بر گرفته است. در این ماه (مارس) کشور هندوستان، تاجیکستان، یمن و ترکیه روندی افزایشی را در مقادیر بارش‌های ماهانه تجربه کرده‌اند. همچنین در این ماه کشورهای ایران، افغانستان، سوریه و عراق برترین شرایط را در منطقه جنوب غرب آسیا دارند. باگذشت از ماه مارس رفته‌رفته روند کاهش‌ی بارش‌ها از سمت غرب منطقه مورد مطالعه خارج شده و روندی افزایشی بر منطقه مورد مطالعه غالب می‌شود. در ماه آوریل وضعیت نواحی مختلف ایران نیز بهتر شده به طوری که نواحی مرکزی، جنوب شرق و جنوب غرب با افزایش در مقادیر بارش‌ها مواجه شده است. اما همچنان کشور عراق کانون کاهش بارش‌ها می‌باشد. در این ماه (آوریل) کشور عراق تنها کشوری است که با روند کاهش‌ی شدید (معنی‌دار) در بارش‌ها مواجه است. نواحی شمال غربی منطقه مورد مطالعه نیز روندی کاهش‌ی دارد. به طوری که تمام نواحی کشور سوریه روندی کاهش‌ی را تجربه کرده

تغییرات زمانی بارش دارد. در ماه دهم میلادی (اکتبر) همانند ماه سپتامبر کشور هندوستان روندی کاهشی در مقادیر بارش ماهانه داشته و سایر نواحی منطقه مورد مطالعه را روند افزایشی بارش در بر گرفته است و این وضعیت در ماه نوامبر برای کشور ایران و همسایگان غرب و شرق آن مناسب‌تر نیز می‌باشد. به‌طور کلی این نواحی (ایران و همسایگان غرب و شرق آن) روند افزایشی در مقادیر بارش را تجربه کرده‌اند. ماه دسامبر تقریباً اوایل زمستان می‌باشد که اکثر نواحی منطقه مورد مطالعه (جنوب غرب آسیا) را روند کاهشی بارش‌ها در بر گرفته است. در این بین روند تغییرات بارش‌های ماهانه در قسمت‌های غربی و شمال شرقی ایران و نواحی شرقی کشور عراق معنی‌دار می‌باشد. دوهان و پاندی (7) نیز در تحقیقات خود در مورد روند تغییرات بارش‌های هندوستان، روند تغییرات بارش بیشتر نقاط ایالت ماهایا پرادش را کاهشی اعلام کردند. پال و اتبء (22) نیز در تحقیقات خود وجود روند کاهشی بارش ایالت کرالا در هند را در فصل‌های بهار و تابستان و همچنین وجود روند افزایشی بارش‌ها را در فصل‌های پاییز و زمستان تأیید کردند. جین و همکاران (9) در بررسی روند تغییرات بارش و دمای مناطق جنوبی هند در دوره آماری 2008-1871، روند معنی‌داری در مقادیر بارش‌ها را گزارش نکردند. اما روند تغییرات مقادیر دما (بیشینه، کمینه و متوسط) در مناطق جنوبی هند را در این دوره آماری افزایشی گزارش کردند. وجود روند کاهشی بارش در پهنه کشور ایران در مطالعات مختلفی نظیر کوثری و همکاران (16) و خلیلی و همکاران (14) نیز تأیید شده است. از طرفی طبری و حسین‌زاده (25)، صبوچی و همکاران (23)، کوثری و همکاران (16) و زارع نیستانک و همکاران (29) نشان دادند که روند افزایشی دما در پهنه کشور ایران به‌ویژه در ماه‌های سرد سال وجود دارد و از این رو می‌توان تغییرات دمایی را به‌عنوان یکی از دلایل کاهش بارندگی در ایران دانست، چراکه افزایش درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه ظرفیت جو برای پذیرش و نگهداری رطوبت را افزایش داده و موجب شده است تا هوا به اندازه کافی برای فراهم شدن شرایط بارش، سرد نشود. به عبارت دیگر، وجود روند افزایشی دما باعث ذخیره بیشتر رطوبت در جو شده و مانع گرد هم آمدن شرایط مورد نیاز برای بارش می‌گردد.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که ذکر گردید ایران کشوری پهناور و با اقلیم‌های متفاوت می‌باشد که پراکندگی بارش در نقاط مختلف آن متفاوت و تحت تأثیر توده هوای ورودی و وضعیت کشورهای همسایه قرار دارد. لذا بررسی روند تغییرات بارش کشورهای همسایه ایران اطلاعات مفیدی در مورد تغییرات بارش‌های باران را در اختیار می‌گذارد. در این مطالعه روند تغییرات بارش‌های ماهانه و سالانه

کاهشی را در مقادیر بارش‌ها نشان می‌دهد. در این بین بیشتر نواحی کشور افغانستان را روندی افزایشی تشکیل داده است.

در ماه ژوئیه (ماه هفتم میلادی) کشورهای هندوستان (نواحی شمال شرق و شرق)، پاکستان، قطر، امارات و قسمت‌های جنوب شرق عربستان را روندی کاهشی و معنی‌دار در مقادیر بارش‌ها در بر گرفته است. کاهش بارش‌های این ماه بیانگر کاهش شدید مقادیر بارش‌های موسمی در این نواحی بوده که این خود نیز نگرانی‌های جدی در مورد خشک‌سالی و ایجاد بارش‌های حدی در منطقه ایجاد می‌کند. در این بین بارش کشورهای یمن، تاجیکستان، جمهوری آذربایجان در این ماه افزایشی بوده و حتی در بسیاری از نواحی این روند افزایشی معنی‌دار نیز بوده است.

بادهای موسمی در فصل تابستان هوای گرم و مرطوب حاره‌ای را گسترش می‌دهند. هوای گرم و مرطوب حاره‌ای به دو طریق وارد نواحی جنوب ایران می‌شود. اول از طریق نسیم دریا که از دریای عمان و خلیج فارس تا شعاع و ارتفاع محدودی وارد خاک ایران می‌گردد محدوده آن بسیار کوچک است و به دلیل گسترش پر فشار جنب حاره‌ای آژور بر بالای منطقه نقش چندانی در بارندگی ندارد. راه دوم، ورود هوای موسمی از طریق کم فشار حرارتی در فصل تابستان بر روی پاکستان و هندوستان است. به هر حال فراوانی و شدت بارش‌های موسمی تابستانه در سرزمین ایران با توجه به سمت ورود آن‌ها پایین می‌باشد. اثر آب و هوایی سرزمین‌های عربستان نیز عمدتاً در فصل تابستان ظاهر می‌شود. در دوره گرم سال بر اثر استقرار پر فشار جنب حاره‌ای آژور بر بالای ایران، آسمان ایران بدون ابر می‌باشد، که در نتیجه سبب گرمایش سطح زمین می‌گردد. گرمایش زمین مرکز کم فشاری بر روی خلیج فارس را به وجود می‌آورد. این مرکز کم فشار هوای شبه جزیره عربستان را به داخل ایران می‌کشد (می‌مکد). ورود هوای گرم و خشک عربستان به داخل ایران سبب بالا رفتن دمای شهرهای جلگه خوزستان می‌شود و هوای گرم و خشک بر این منطقه حاکم می‌شود. (1).

کانون کاهش بارش‌های ماهانه در ماه (اوت) به سمت کشور هندوستان حرکت کرده و قسمت اعظم این کشور را شامل شده است. اکثر نواحی کشور ایران نیز در این ماه روندی افزایشی در مقادیر بارش‌های این ماه تشکیل شده است که این روند افزایشی در همسایگان غربی و شرقی ایران نیز دیده می‌شود. به‌طور کلی وضعیت ایران و کشورهای همسایه آن در این ماه خوب می‌باشد.

برخلاف سایر ماه‌های مورد بررسی در ماه هشتم میلادی (سپتامبر) روند کاهشی مقادیر بارش‌های ماهانه به سمت نواحی جنوب غربی منطقه مورد مطالعه (منطقه جنوب غرب آسیا) حرکت کرده و کشور عربستان در این ماه کانون رند کاهشی می‌باشد. مناطق جنوب غربی کشور ایران نیز در این ماه بهترین شرایط را از نظر

و ژوئیه شیب تغییرات مقادیر بارش ماهانه در ایران کاهش یافته و در ماه‌های مشابه وضعیت شیب خط روند بارش‌ها در منطقه جنوب غرب آسیا افزایش می‌باشد. در سایر ماه‌ها نیز شیب روند تغییرات مقادیر بارش ماهانه افزایش یافته که در ماه‌های آوریل، سپتامبر و اکتبر متوسط تغییرات افزایش بارش کشور ایران کمتر از متوسط منطقه جنوب غرب آسیا در دوره آماری مشترک می‌باشد. اما شیب تغییرات مقادیر بارش ماهانه در ماه‌های مارس و نوامبر در ایران نسبت به متوسط منطقه بهتر می‌باشد. با بررسی مقادیر آماره Z مان-کندال اصلاح شده نتایج نشان داد که دو کشور عراق و ایران در منطقه مورد مطالعه وضعیت نامناسب‌تری از نظر تغییرات زمانی بارندگی نسبت به سایر کشورهای مورد بررسی دارند. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که در مقیاس سالانه و ماهانه و در اکثر ماه‌ها این دو کشور (ایران و عراق) به‌عنوان کانون کاهش بارش‌های منطقه یاد شده و در مرکز تغییرات کاهش بارش‌ها قرار دارند. در واقع این دو کشور هستند که متحمل کمبودهای شدید بارش شده و با خشک‌سالی مواجه شده‌اند.

منطقه جنوب غرب آسیا در دوره آماری 2014-1970 با استفاده از آزمون مان-کندال اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی روند تغییرات سالانه در کشور ایران نشان داد که در مقیاس سالانه شمال غرب کشور با روند کاهش معنی‌دار در بارش مواجه بوده است. همچنین بارش سالانه مناطق شرقی و شمال شرق و بخشی از غرب کشور نیز روند معنی‌دار کاهش داشته و مناطق مرکزی نیز از روند کاهش بارش در دوره آماری مورد مطالعه برخوردار بوده‌اند. متوسط کاهش بارش‌های ایران در مقیاس سالانه و ماهانه نشان داد که در مقیاس سالانه به‌طور متوسط در هر سال 1/06 میلی‌متر کاهش می‌یابد که این مقدار به‌طور متوسط در منطقه مورد مطالعه (جنوب شرق آسیا) برابر با کاهش حدود 0/33 میلی‌متر در هر سال می‌باشد که نشان دهنده کاهش بیش از سه برابری بارش‌های ایران نسبت به بارش‌های منطقه جنوب غرب آسیا در مقیاس سالانه می‌باشد. همچنین نتایج بررسی شیب خط روند در ماه‌های مختلف نشان داد که ماه‌های دسامبر، مارس و ژانویه بارش‌های ایران نسبت به متوسط تغییرات بارش منطقه مورد بررسی به-ترتیب حدود 5، 3 و 5 برابر کاهش‌تری می‌باشد. در ماه‌های فوریه، مه

منابع

- 1- Alijani B. 1995. Iran's Weather. Tehran, PNU. 236 Pp. ISBN: 978-964-455-621-0. (In Persian)
- 2- Bandyopadhyay A., Bhadra A., Raghuwanshi N.S., and Singh R. 2009. Temporal Trends in Estimates of Reference Evapotranspiration over India. *Journal of Hydrology Engineering*. 14(5):508-515.
- 3- Becker S., Gemmer M., and Jiang T. 2006. Spatiotemporal analysis of precipitation trends in the Yangtze River catchment. *Stochastic Environ and Research Risk Assessment*. 20:435-444.
- 4- Burn D.H., Cunderlik J.M., and Pietroniro A. 2004. Hydrological trends and variability in the Liard River basin. *Hydrological Sciences*. 49(1):53-67.
- 5- Chen j., Wub X., Finlayson B., Webber M., Wei T., and Li M. 2014. Variability and trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. *Journal of Hydrology*. 513:403-412.
- 6- De Lima M.I.P., Marques A.C., De Lima J.L.M.P., and Coelho F.E.S. 2005. Precipitation Trends in Mainland Portugal in the period 1941-2000. *Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability - Actas do Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources*. Guimarães, 11-13 de Julho de 2005, 12 p.
- 7- Duhan D., and Pandey A. 2013. Statistical analysis of long term spatial and temporal trends of precipitation during 1901-2002 at Madhya Pradesh, India. *Atmospheric Research*. 122:136-149.
- 8- Hamed K.H., and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrology*. 204:182-196.
- 9- Jain S.K., Kumar V., and Saharia M. 2013. Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India. *International Journal of Climatology*. 33: 968-978.
- 10- Kahya E., and Partal T. 2007. Is seasonal precipitation decreasing or increasing in Turkey?. *Online Journal of Earth Sciences*. 1(1): 43-46.
- 11- Karmeshu N. 2012. Trend Detection in Annual Temperature & Precipitation using the Mann Kendall Test-A Case Study to Assess Climate Change on Select States in the Northeastern United States.
- 12- Kendall M.G. 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.
- 13- Khalili K., Nazeri-Tahrudi M., and Khanmohammadi N. 2014. Trend Analysis of Precipitation in Recent two Decades over Iran. *Journal of Applied Environment and Biological Science*. 4(1s):5-10.
- 14- Khalili K., Tahoudi M.N., Mirabbasi R., and Ahmadi F. 2016. Investigation of spatial and temporal variability of precipitation in Iran over the last half century. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 30(4):1205-1221.

- 15- Khaliq M.N., Ouarda T.B.M.J., and Gachon P. 2009. Identification of temporal trends in annual and seasonal low flows occurring in Canadian rivers: The effect of short- and long-term persistence. *Journal of Hydrology*. 369:183–197.
- 16- Kousari MR., Ahani H., and Hendi-Zadeh R. 2013. Temporal and spatial trend detection of maximum air temperature in Iran during 1960-2005. *Global and Planetary Change*. 111:97-110.
- 17- Kumar S., Merwade V., Kam J., and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374(1-2): 171-183.
- 18- Luo Y., Liu S., Fu S.L., Liu J.S., Wang G.Q., and Zhou G.Y. 2008. Trends of precipitation in Beijiang River Basin, Guangdong Province, China, *Hydrological Processes*. 22: 2377–2386.
- 19- Mann H.B. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13:245-259.
- 20- Mirabbasi R. 2010. Evaluation the time's properties of precipitation trend (Case study: North-west of Iran). Research plan report, East Azarbaijan Regional Water Company. (in Peesian).
- 21- Nazeri Tahroudi M., Ahmadi F., and Khalili K. 2017. Evaluation the Trend and Trend Chang Point of Urmia Lake Basin Precipitation. *Journal of Water and Soil*. DOI: 10.22067/jsw.v3i2.55338 (in Persian).
- 22- Pal I., and Al-Tabbaa A. 2009. Trends in seasonal precipitation extremes an indicator of 'climate change' in Kerala, India. *Journal of Hydrology* 367:62–69.
- 23- Saboohi R., Soltani S., and khodaghohi M. 2012. Trend analysis of temperature parameters in Iran. *Theatrical Applied Climatology*. 109:529–547.
- 24- Sen P.K. 1968. Estimates of the regression coefficients based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63(324):1379-1389.
- 25- Tabari H., and Hosseinzadeh-Talae P. 2011. Analysis trends in temperature data in arid and semi-arid regions of Iran. *Atmospheric Research*. 79:1-10.
- 26- Thiel H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial analysis, part 3.
- 27- Wang Q., Fan X., Qin Z and Wang M. 2012. Change trends of temperature and precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961–2010. *Global and Planetary Change* 93:138-147.
- 28- Yang X. L., Xu L. R., Li C. H., Hu J., and Xia H.X. 2012. Trends in temperature and precipitation in the Zhangweinan river basin during last 53 years. *Procedia Environmental Sciences*. 13: 1774-1966.
- 29- Zarenistanak M., Dhorde AG., and Kripalani RH. 2014. Temperature analysis over southwest Iran: trends and projections. *Theatrical Applied Climatology*. 116:103-117. DOI 10.1007/s00704-013-0913-1.



Evaluation the Trend of South-West of Asia Precipitations

M. Nazeri Tahroudi^{1*} - H. Khozaymeh Nejad²

Received: 13-03-2017

Accepted: 07-08-2017

Introduction: Despite our scientific development and awareness of the consequences of regional and global climate change little attention has been paid to the effects of the changes in the Middle East and Central Asia yet. In the Middle East, climate change is a big challenge, especially if successive droughts and persistent increase as well as growing demand for water and water shortages attention, the challenge take on a large scale. Iran is a vast country with a different climate Rainfall distribution. Also precipitation is influenced by air mass entering the country from the neighboring countries, so rainfall in different regions of Iran is heavily influenced by the situation in neighboring countries. The aim of this study is evaluation of the trend of annual and monthly precipitations of the South-West of Asia with modified Mann-Kendall test by considering the effect of autocorrelation.

Materials and Methods: In this study monthly and annual precipitation data of 4152 rain gauge stations in Iran and its 15 neighboring in a period of 1970-2014 was used and been downscaled to evaluate the trend of monthly and annual precipitations. In this study the monthly and annual precipitations time series of Afghanistan, Azerbaijan, India, Iraq, Kuwait, Oman, Pakistan, Saudi Arabia, Syria, Tajikistan, Turkey, Turkmenistan, Qatar, Yemen and Iran were used. The purpose of the trend test is to specify the presence or absence of ascending or descending order in the data series. Since there are assumptions in the parametric methods such as the normality, stationary and independent variables and this assumption is often not valid for hydrological variables, the nonparametric Mann-Kendall method that is applicable to the hydrological and meteorological studies can be used.

Results and Discussion: The results of evaluating the trend of annual precipitation of study stations in the period of 1971-2014 using the Mann-Kendall modified by omitting the effect of autocorrelation indicated that all of the regions of Iran has decreasing trend in annual precipitations and there are significant decreasing trend in the western regions of Iran and western areas of Caspian sea, some central and eastern regions of Iran in five percentage significantly. The rest of the decreasing trend in annual rainfall amounts included in the country has experienced. In annual terms in countries, that border the study area is faced with an increasing trend in annual rainfall amounts so that the country at the center of the crisis (lack of rain) is located. The southern part of India, southwestern Saudi Arabia, the northern region of Turkmenistan and the eastern regions of Afghanistan and Pakistan with the increasing trend in annual rainfall amounts over the 1970-2014 statistical has faced. The trend of monthly rainfall amounts for the month of January (second month) showed that the amount of rainfall during the month trend of central and eastern regions of the study area is decreasing. In February (second month of the year) rainfall conditions in the study area as well as in the country in terms of changes time has improved and areas of Iran is faced with increasing precipitation. Changes decreasing the amount of monthly precipitation in March moved to the West study area and focus a significant decline in rainfall in the western regions of Iraq and Syria and Iran. However, in May (fifth month) most regions of Iran, Turkmenistan, northwestern Turkey and the West areas of India has been facing a decreasing trend in rainfall amounts. Other areas showed an increase in precipitation. In July (the seventh month), India (regions Northeast and East), Pakistan, Qatar, Saudi Arabia, the South East of United Arab Emirates has significant decreasing trend in rainfall amounts. Focus of decreasing monthly precipitation for the August moved to India and much of the country is included. Unlike other months of the study, in the eighth month (September) process to reduce the amount of monthly precipitation moved to south western parts of the study area (South West Asian countries) and Saudi Arabia in this month is central of decreasing.

Conclusion: The results of the annual trend of precipitation in Iran indicated that in an annual scale the North West of Iran is faced with the significant decrease trend in rainfall. The annual rainfall across eastern and northern part Iran also has significant decreasing trend and Central regions had a decreasing trend of precipitation in the period of studied. Iranian medium-scale review of the annual and monthly precipitation

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Sciences and Water Engineering, Birjand University, Birjand

(*- Corresponding Author Email: m_nazeri2007@yahoo.com)

showed that the annual precipitation is reduced about 1.06 mm per year that the average amount of it's in the study area (South-West of Asia) equal to the reduction of 0.33 mm per year which represents more than three times decreasing precipitation of Iran's regional in a year as South West Asia. Also the results of evaluating the slope of trend line in different months indicated that in December, March, January, the Iran's precipitations is most decreasing as average of annual precipitation in studiing regions about 5, 3 and 5 times respectively.

Keywords: Asia, Meddle East, Modified Mann-Kendall, Trend