Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال یازدهم، شماره ۲، پائیز ۱۳۹۴
Volume 11, No. 2, Fall 2015 (IR-WRR)
۱۵۱-۱۵۶

یادداشت فنی

بررسی روند بارش در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک ایران با روش ناپارامتری و جمع متحرک داده با مرتبه ۱ تا ۴۸ ماهه طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵

محمدرضا اختصاصی[۱]، فرشید جهانبخشی[۲*] و محمدرضا کوثری[۲]

چکیده

هر گونه تغییر در الگوی بارش می‌تواند تاثیر قابل توجهی در دسترسی به منابع آب، کشاورزی و اکوسیستم داشته باشد. بنابراین، آگاهی از روند بارش از جنبه‌های مهم مدیریت منابع آب است. در این تحقیق سری‌های زمانی جمع متحرک بارش با مرتبه ۱ تا ۴۸ ماهه با استفاده از روش‌های ناپارامتری من-کندال (بعد از حذف اولین مقدار همبستگی از سری‌ها) و تخمین‌گر شیب سن در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک کشور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده فراوانی وجود روند (در کل ۶۰ درصد از روندهای بدست آمده به صورت نزولی معنادار، ۳۲ درصد به شکل صعودی معنادار و ۸ درصد نشان دهنده عدم روند معنادار) در سری‌های زمانی طولانی مدت نسبت به سری‌های کوتاه مدت (۱ تا ۶ ماهه) است. بررسی مکانی توزیع روندها نشان داد که اغلب مناطق کشور دارای روندهای نزولی بارش قابل توجهی بوده‌اند. از آنجا که بخش مهمی از منابع آب در ایران مربوط به منابع آب زیرزمینی می‌شود و معمولا منابع آب زیرزمینی در ارتباط مستقیم با سری‌های طولانی مدت بارندگی هستند، لذا شرایط حاضر می‌تواند تهدیدی جدی برای منابع آب زیرزمینی در اکثر مناطق کشور باشد.

کلمات کلیدی: مجموع متحرک، بارش، روند، آزمون ناپارامتری، من-کندال

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۱۲/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۷/۱۳

۱- استاد دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، ایران.
۲- دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی، دانشگاه یزد، ایران.
*- نویسنده مسئول

Technical Note

Evaluating the Trend of Precipitation in 32 Synoptic Stations in Iran with Nonparametric Method and Moving Summation of Data for the Period of 1970 to 2005 with Ranks of 1 to 48 Months

M.R. Ekhtesasi [1] , F. Jahanbakhshi [2] and M.R. Kousari[2]*

Abstract

Any change in the pattern of precipitation can have a significant impact on the water resources availability, agriculture, and ecosystem. Therefore, knowledge on rainfall trends is an important aspect of water resources management. In this study time series of moving summation with ranks of 1 to 48 months were studied in the 32 national synoptic stations using nonparametric Mann-Kendall method (after removing the correlation value of the first series) and Sen's slop stimulator. The Results indicated abundance of trends in the long series compared to the short-term series (in total 60% of the obtained trends have significant downward trend, 32% showed a significant upward trend, and 8% were in non-significant trend). Spatial distribution of significant downward trends in most parts of the country is considerable. The present condition can be a serious threat to groundwater resources in most parts of the country since the significant portion of water resources in Iran is dependent on the groundwater resources and these resources are in direct contact with long series of precipitation.

Keywords: Moving Summation, Precipitation, Trend, Nonparametric Test, Mann- Kendall

Received: March 04, 2014
Accepted: October 05, 2014

1- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Iran. E-mail: mr_ekhtesasi@yazd.ac.ir
2- Ph.D. Candidate in Watershed Management Studies, Faculty of Natural Resources, University of Yazd, Iran.
*- Corresponding Author

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

تغییر اقلیم و استفاده انسان از زمین و منابع آب منجر به تغییر در میانگین درازمدت متغیرهای اقلیمی می‌شود (Rougé et al., 2013). مطالعات هیدرولوژی تاریخی نشان می‌دهد تغییر کوچکی در متوسط‌های اقلیمی منجر به تغییرات شدید در مقادیر حدی وقایع هیدرولوژیکی خواهد شد (Milly et al., 2008). بارش یکی از مهم‌ترین متغیرهای هواشناسی است که می‌تواند وقوع خشکسالی یا سیل را تحت تاثیر قرار دهد (Gocic & Trajkovic, 2013). سری زمانی به مجموعه‌ای از دیده‌بانی‌ها با مقادیر ثبت شده از یک متغیر گفته می‌شود که بر حسب زمان مرتب شده باشد. هدف از سری زمانی، تعیین قانونمندی و شناسایی رفتار آن جهت پیش‌بینی در آینده است (ویسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). جهت تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌گردد که این آزمون‌ها به دو دسته پارامتری و غیرپارامتری قابل تفکیک می‌باشند (سبزی پرور و شادمانی، ۱۳۹۰؛ جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۰). تاکنون تحقیقات قابل توجهی در رابطه با روند پارامترهای اقلیمی خصوصاً بارش با استفاده از آمار ناپارامتری انجام شده است. Teklab et al. (2013) با استفاده از آزمون‌های من کندال و پتیت هیچ روند مشخصی را چه در مقیاس سالانه و چه در مقیاس فصلی در سری‌های زمانی بارش حوضه Abay/Upper Blue Nile اتیوپی کشف نکردند. Duhan and Pandey (2013) تغییرات مکانی و زمانی بارندگی ۴۵ ناحیه ایالت مادیا پرادش هند در طی ۱۰۲ سال (۱۹۰۱-۲۰۰۲) را با استفاده از آزمون من-کندال و آزمون تخمینگر شیب سن در پایه زمانی فصلی و سالانه بررسی کردند. ناظم السادات و همکاران (۱۳۸۴) روند تغییرات سری‌های زمانی بارش در جنوب و جنوب غرب ایران را طی سال‌های ۱۹۵۱ تا ۱۹۹۹ بررسی کردند، نتایج این بررسی نشان داد بارش سالانه بعد از سال ۱۹۷۵ در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه افزایش داشته است. ایران‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) با بررسی توزیع مکانی روند بارش سالانه در ایران نشان دادند که بارش سالانه در منطقه غرب و شمال غرب روند منفی و در مناطق مرکزی و جنوبی ایران روند مثبت داشته است. Kousari et al. (2011) روند تغییرات ماهانه و سالانه ۵ پارامتر اقلیمی را در ۲۶ ایستگاه در طی ۵۵ سال با استفاده از آزمون همبستگی رتبه‌ای کندال بررسی کردند، نتایج نشان داد بارش سالانه در ایستگاه بابلسر روند افزایشی و در ۳ ایستگاه تبریز، زاهدان و کرمان روند کاهشی داشته است. از دیگر تحقیقات انجام شده در رابطه با بررسی روند بارش می‌توان به کارهای Rougé et al. (2013)، Kousari and Asadi Zarch (2011)، عسگری و رحیم‌زاده (۱۳۸۵)، خوشحال دستجردی و قویدل رحیمی (۱۳۸۷)، حجام و همکاران (۱۳۸۷)، محمدی (۱۳۹۰) و فرسادنیا و همکاران (۱۳۹۱) اشاره نمود.

با نگاهی به مطالعات انجام پذیرفته مشخص می‌شود که روند سری‌های زمانی بیشتر به صورت گسسته مورد بررسی قرار گرفته است. برای مثال روند بارش برای یک ماه خاص و در طی سال‌های متوالی مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که بررسی روند در سری‌های پیوسته بارش کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا در این مطالعه سعی بر آن گردیده است تا روند سری‌های بارش به صورت پیوسته مورد بررسی قرار گیرد. البته سری‌های زمانی بارش ۱ تا ۴۸ ماهه با استفاده از تکنیک مجموع متحرک از سری‌های زمانی اولیه پیوسته بارش تولید شدند. با این عمل میزان نوسان داده‌های سری‌های زمانی محدود گردید. خصوصاً در سری‌های زمانی طولانی مدت هر گونه تغییر در این سری‌های زمانی شامل روند صعودی، نزولی و یا نوسان، حاکی از تغییرات و نوسانات بلند مدت است. از آنجایی که در این تحقیق از داده‌های ماهانه استفاده شده است، سری‌های زمانی حاصل نسبت به سری‌های زمانی سالانه، تفکیک[1] بالاتری دارند. همچنین جهت درک چگونگی روند سری‌های بارش از دو آزمون ناپارامتری من-کندال[2] و تخمین شیب تغییرات به روش سن[3] استفاده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- داده‌های بارش

داده‌های بارش ماهانه ۳۲ ایستگاه هواشناسی کل کشور از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵ از سایت سازمان هواشناسی کل کشور تهیه گردید. شکل ۱ نشان دهنده پراکنش ایستگاه‌های مورد استفاده است.

شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID

۲-۲- محاسبه جمع متحرک در سری‌های زمانی بارش

اگر سری زمانی بارش را برابر P_t و $t=1, \ldots, N$ و N برابر طول یا تعداد داده‌ها باشد، آنگاه:

$$S_{t+q-1} = \sum_{t}^{t+q-1} P_t \qquad (۱)$$

که در آن S_{t+q-1} مقدار جمع متحرک مرتبه q بارش در زمان t است. به عنوان مثال اگر جمع متحرک ۳ ماهه را در نظر بگیریم، q برابر با ۳ خواهد بود. در واقع S_{t+q-1} بیان می‌کند که در زمان $t+q-1$، مقدار جمع متحرک بارش برابر است با بارش در زمان t تا $t+q-1$، لذا اگر N، تعداد داده‌ها باشد، بعد از اعمال تابع جمع متحرک با مرتبه q بر سری زمانی، طول خروجی آن یا S برابر با $N-q-1$ خواهد بود. مزیت جمع متحرک آن است که مجموعه‌ای جدید از سری زمانی داده بارش را تولید می‌کند، به طوری که هر کدام از این سری‌های زمانی بیانگر مجموع بارش در آن ماه و $q-1$ ماه قبل از آن است. برای مثال در سری زمانی بارش ۳ ماهه (q برابر با ۳) هر عدد از سری زمانی بیانگر مجموع بارش در آن ماه و دو ماه قبل از آن است. به همین ترتیب در یک سری زمانی بارش ۴۸ ماهه، هر عدد نمایانگر بارش در آن ماه و ۴۷ ماه قبل‌تر از آن است. بدیهی است که یک سری ۴۸ ماهه، مقدار بارش را در ۴ سال گذشته و در طول سری زمانی نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که شاخصی مانند شاخص استاندارد شده بارش یا *SPI* (McKee et al., 1993) نیز از همین سری‌های زمانی مجموع متحرک بارش به عنوان ورودی استفاده می‌نماید. در این تحقیق، مرتبه سری زمانی از ۱ تا ۴۸ ماهه تعریف گردید. بدیهی است که مرتبه ۱ این سری‌های زمانی برابر همان سری زمانی بارش یا P_t می‌باشد.

۲-۳- آزمون‌های آماری من- کندال و سن

این آزمون از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به شمار می‌رود. این آزمون ابتدا توسط Mann (1945) ارائه و سپس توسط Kendall (1948) توسعه یافت. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد. وجود خود همبستگی[۴] در سری‌های زمانی موجب ایجاد خطا در بیان سطح معناداری روندها می‌گردد. لذا در این تحقیق، با استفاده از روش Prewhitening یک مرحله همبستگی در سری‌های زمانی ۱ تا ۴۸ ماهه در هر ایستگاه برداشته شد و سپس با استفاده از آزمون من- کندال وجود روند در سری‌ها بررسی گردید.

برای شیب و مقدار روندهای بارش مورد بررسی، از آزمون سن استفاده شد. این آزمون توسط Sen (1968) ارائه شده و از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره می‌گیرد. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب بدست آمده در سطوح اطمینان مختلف می‌باشد. داده‌های سری زمانی ۱ تا ۴۸ ماهه در هر ایستگاه به عنوان ورودی تابع سن مورد استفاده قرار گرفت و شیب تغییرات در هر سری محاسبه گردید.

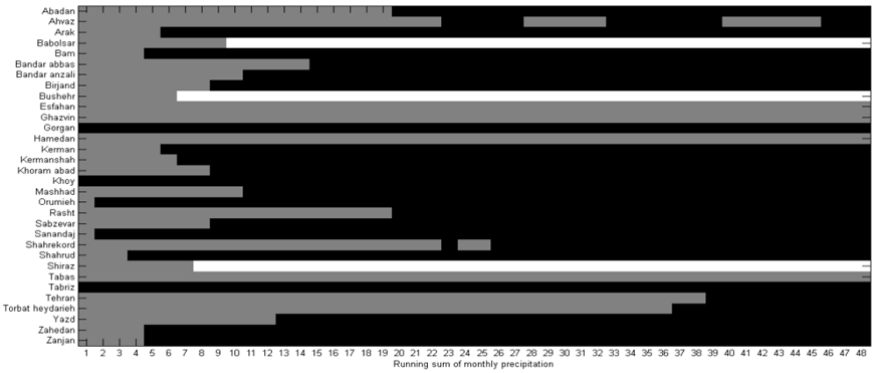
۳- نتایج و بحث

شکل ۲ نشان دهندهٔ ماتریکس معناداری در سطح ۵ درصد روندهای بارش در ایستگاه‌های مختلف مورد بررسی و در سری‌های زمانی ۱ تا ۴۸ ماهه است که بر اساس تابع من-کندال و به صورت یک تصویر نمایش داده شده است. در این تصویر رنگ سیاه نشان دهنده روند معنادار نزولی، رنگ سفید نشان دهنده روند معنادار صعودی و رنگ خاکستری نشان دهنده عدم معناداری روند است. همان‌طور که مشخص است، مجموعه‌ای از روندها شامل روندهای مثبت، منفی و بدون روند مشاهده می‌گردد. بر اساس نتایج، در کل ۶۰ درصد از روندهای بدست آمده به صورت نزولی معنادار، ۸ درصد به شکل صعودی معنادار و ۳۲ درصد نشان دهنده عدم روند معنادار بوده‌اند. بعضی از ایستگاه‌ها مانند ایستگاه گرگان، خوی و تبریز در کل و برای ۴۸ سری مورد بررسی روند معنادار نزولی را نمایش داده‌اند. این در حالی است که ایستگاه‌های اصفهان، قزوین، همدان و طبس در کل روند معناداری را نشان نمی‌دهند. در سری‌های زمانی کوتاه مدت (۱ تا ۶ ماهه) معمولاً ایستگاه‌ها روند معناداری را نشان نمی‌دهند. این در حالی است که با افزایش مرتبهٔ سری‌های زمانی، وجود روند معنادار مثبت یا منفی آشکار می‌گردد. آشکار سازی روند معنادار از این جهت اهمیت دارد که تغییر کوچکی در میزان بارش می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در میزان دسترسی به منابع آبی گردد و این امر به طور حتم در کشوری چون ایران که وسعت کشت و کار در بخش اعظمی از آن وابسته به منابع آب است، تولیدات کشاورزی را متاثر خواهد ساخت.

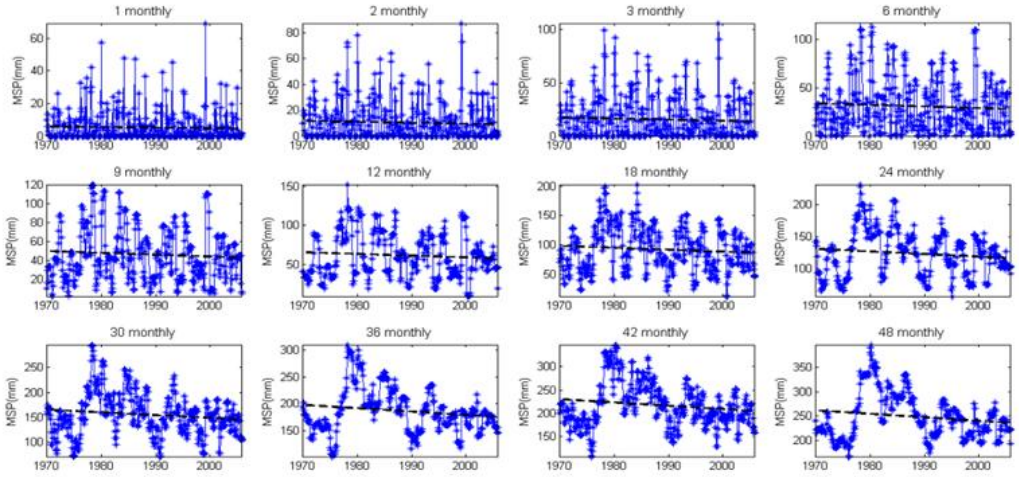
شکل ۳ سری‌های زمانی جمع متحرک ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماهه بارش در ایستگاه سینوپتیک یزد (ایستگاه دارای روند نزولی معنادار در سری‌های زمانی طولانی مدت) را نشان می‌دهد. در این شکل خطچین روی هر یک از سری‌های زمانی، نشان دهنده روند خطی سری زمانی است. بر اساس اطلاعات این شکل، نوسان شدید سری زمانی در سری‌های زمانی کوتاه مدت مشهود است، به طوری که تعیین یک الگوی مشخص به صورت بصـــری در آن‌ها مشکـــل است. این در حالی است که با افزایـــش

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- ماتریکس معناداری روندهای بارش در سطح ۵ درصد بر اساس تابع من-کندال، رنگ‌های سیاه، سفید و خاکستری به ترتیب نشان دهنده روند معنادار نزولی، روند معنادار صعودی و عدم معناداری روند هستند، محور yها نام ایستگاه‌ها و محور xها مرتبهٔ جمع متحرک ۱ تا ۴۸ ماه را شامل می‌گردد

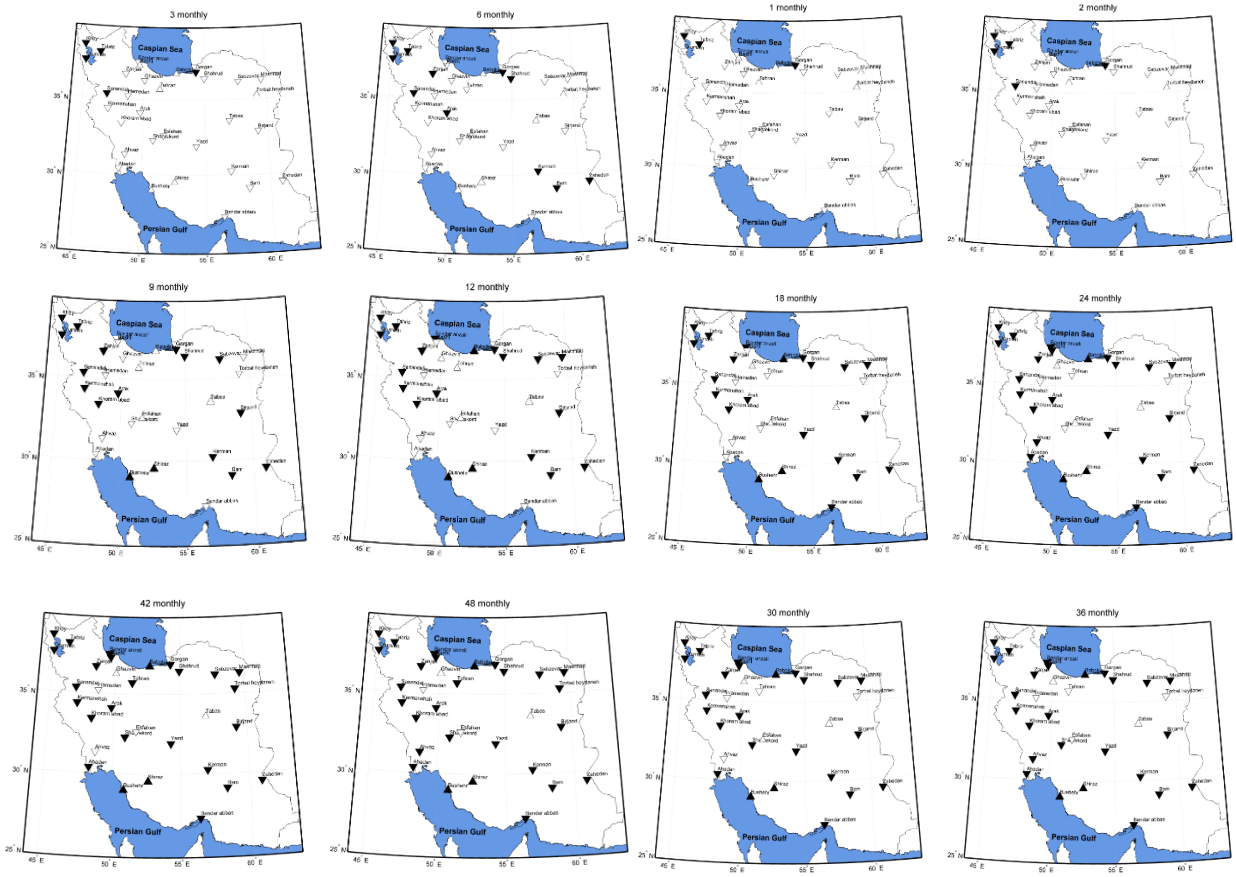


شکل ۳- سری زمانی جمع متحرک ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماهه بارش در ایستگاه سینوپتیک یزد، خط چین سیاه رنگ نشان دهنده روند خطی بر روی سری زمانی است

سری‌های زمانی و در انواع طولانی مدت، نوسان‌های کوچک به مراتب کمتر شده و نمود آن‌ها در سری‌های زمانی با نقاط اوج بارش مشهود است. شکل ۴ پراکنش مکانی روندها بر اساس آزمون من-کندال در سری‌های زمانی جمع متحرک ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماهه بارش در کشور را نشان می‌دهند. در واقع مقادیر Z تابع من- کندال به صورت نقشه ارائه شده‌اند. در این نقشه‌ها، Δ و ∇ به ترتیب نشان دهنده روند صعودی و نزولی بدون معنا می‌باشند، در حالی که ▲ و ▼ به ترتیب بیانگر روند صعودی و نزولی معنادار هستند. به طور خاص در نقشه‌های مربوط به سری‌های زمانی کوتاه مدت، فراوانی روندهای بدون معنا قابل توجه است. مطابق نتایج بخش مهمی از کشور توسط روندهای نزولی معنادار در سری‌های زمانی طولانی مدت پوشیده شده است. به طوری که اگر نتایج بررسی روند در سری زمانی جمع متحرک ۴۸ ماهه مد نظر قرار گیرد، از کل ۳۳ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی در کشور تنها ۵ ایستگاه (بوشهر، بابلسر، شیراز، قزوین و طبس) دارای روند افزایشی بوده‌اند که این روند افزایشی خود تنها در ۳ ایستگاه بوشهر، بابلسر و شیراز معنادار بوده است. Kousari, et al. (2011) روند افزایشی بارش در ایستگاه بابلسر و ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۴) روند افزایشی بارش سالانه در ایستگاه‌های بوشهر و شیراز پس از سال ۱۹۷۵ را گزارش نمودند. یافته‌های این تحقیق در تطابق با نتیجهٔ مطالعات مذکور است. این در حالی است که روند بارش در ۲۸ ایستگاه دیگر کشور نزولی بوده و این روند نزولی تنها در ۲ ایستگاه اصفهان و همدان معنادار نبوده است. Bari Abarghouei, et al. (2011) نشان دادند که سری‌های زمانی خشکسالی در چند سال اخیر در کشور روند افزایشی قابل توجهی داشته است. شاید بتوان گفت که نتایج حاصل از بررسی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- پراکنش مکانی روندها بر اساس آزمون من-کندال در سری‌های زمانی جمع متحرک ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۳۰، ۳۶، ۴۲ و ۴۸ ماهه بارش (در نقشه‌ها، Δ و ∇ به ترتیب نشان دهنده روند صعودی و نزول بدون معنا می‌باشند، در حالی که ▲ و ▼ به ترتیب بیانگر روند صعودی و نزولی معنادار هستند)

سری‌های زمانی جمع متحرک بارش نیز، روند افزایش خشکسالی‌ها در دهه‌های اخیر را تایید می‌نماید.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان‌دهنده وجود روندهای صعودی و نزولی معنادار و همچنین روندهای بدون معنا در سری‌های زمانی مورد مطالعه است. البته وجود این روندها در سری‌های زمانی طولانی مدت بیشتر مشهود است. چنین به نظر می‌رسد که در واقع، در سری زمانی عادی یک ماهه (مرتبه ۱) یا دیگر سری‌های کوتاه مدت، وجود نوسانات زیاد موجب می‌گردد که سری زمانی در بیشتر موارد به صورت یک سری تصادفی نمایان گشته و لذا مانع تشخیص روند در سری‌ها می‌گردد. این در حالی است که با افزایش مرتبه جمع متحرک، از نوسانات سری کاسته شده و روندهای کلی نمایان می‌گردد که تابع مورد استفاده قادر به شناسایی آن است. شکی نیست که از لحاظ مدیریت منابع آبی، وجود روندهای نزولی نگران کننده می‌باشد. البته باید توجه داشت که در این تحقیق جمع متحرک سری‌های زمانی مورد بررسی قرار گرفت. همان طور که نتایج این مقاله نشان داد، بیشتر سری‌های طولانی‌مدت روند کاهشی معناداری را در اکثر مناطق نشان دادند. از آنجا که بخش مهمی از منابع آب در ایران مربوط به منابع آب زیرزمینی می‌شود و معمولا منابع آب زیرزمینی به سری‌های طولانی مدت واکنش قابل توجهی نشان می‌دهند، لذا شرایط حاضر می‌تواند تهدیدی جدی برای منابع آب زیرزمینی در اکثر مناطق کشور باشد. شایان ذکر است که نتایج حاصل از این بررسی مربوط به دوره آماری ۱۹۷۰ الی ۲۰۰۵ بوده و با اضافه شدن آمار، نتایج حاصله را می‌توان بهنگام‌سازی و تعدیل نمود.

پی نوشت‌ها

1- Resolution
2- Mann-Kendall
3- Sen's slope estimator
4- Autocorrelation

www.SID.ir

Archive of SID

۵- مراجع

ایران نژاد پ، کتیرایی بروجردی پ س، حجام س (۱۳۸۸) توزیع مکانی روند بارش سالانه در ایران در دوره ۱۹۶۰– ۲۰۰۱. مجله فیزیک زمین و جغرافیا، دوره ۳۵(۴): ۷۹–۹۴.

جهانبخش اصل س، تدینی م، نوری ح (۱۳۹۰) تحلیل روند تغییرات بارش‌های سالانه‌ی حوضه‌ی سفیدرود با استفاده از روش ناپارامتری من–کندال. مجله‌ی جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۹(۱۷):۲۲۹–۲۴۱.

حجام س، خوشخو ی، شمس‌الدین وند ر (۱۳۸۷) تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری. فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، سال۴۰(۶۴): ۱۵۷–۱۶۸.

خوشحال دستجردی ج، قویدل رحیمی ی (۱۳۸۷) بررسی رابطهٔ تغییرات بارش سالیانه تبریز با ناهنجاریهای دمایی کرهٔ زمین و شبیه‌سازی عددی آن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱۲(۲ (پیاپی ۵۷) (جغرافیا)):۲۹–۵۱.

سبزی پرور ع ا، شادمانی م (۱۳۹۰) 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 غذایی)، جلد ۲۵(۴): ۸۲۳–۸۳۴.

عسگری ا، رحیم زاده ف (۱۳۸۵) مطالعه تغییر پذیری بارش دهه‌های اخیر ایران. پژوهش‌های جغرافیایی. جلد ۳۸(۵۸): ۶۸–۸۰.

فرسادنیا ف، رستمی کامرود م، مقدم نیا ع (۱۳۹۱) تحلیل روند بارندگی در استان مازندران با استفاده از روش من–کندال منطقه‌ای. تحقیقات منابع آب ایران، سال ۸، شماره۲: ۶۰–۷۰.

محمدی ب (۱۳۹۰) تحلیل روند بارش سالانه ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲((۳) پیاپی۴۳): ۹۵– ۱۰۶.

ناظم السادات س م ج، سامانی ن، مولایی نیکو م (۱۳۸۴) تغییر اقلیم در جنوب و جنوب غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش. برهمکنش با پدیده النینو نوسانات جنوبی. نشریه علمی کشاورزی. جلد ۲۸(۲): ۸۱–۹۷.

ویسی پور ح، معصوم پور سماکوش ج، صحنه ب.، یوسفی ی (۱۳۸۹) تحلیل پیش بینی روند بارش و دما با استفاده از مدل‌های سری زمانی (ARIMA). جغرافیا، جلد ۴(۱۲): ۶۳–۷۷.

Bari Abarghouei H, Kousari M, Asadi Zarch M (2011) Prediction of drought in dry lands through feedforward artificial neural network abilities. Arabian Journal of Geosciences 6:1417-1433.

Duhan D, 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.

Gocic M, Trajkovic S (2013) Analysis of precipitation and drought data in Serbia over the period 1980–2010. Journal of Hydrology 494:32-42.

Kendall MG (1948) Rank Correlation Methods. Griffin, London, 160 pp.

Kousari MR, Asadi Zarch M (2011) Minimum, maximum, and mean annual temperatures, relative humidity, and precipitation trends in arid and semi-arid regions of Iran. Arabian Journal of Geosciences 4:907-914.

Kousari MR, Ekhtesasi M, Tazeh M, Saremi Naeini M, Asadi Zarch M (2011) An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters. Theoretical and Applied Climatology 103:321-335.

Mann HB (1945) Nonparametric tests against trend. Econometrica 13:245-259.

McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the 8th conference on applied climatology. 17-22 January, Anaheim, California.

Milly PCD, Betancourt J, Falkenmark M, Hirsch RM, Kundzewicz ZW, Lettenmaier DP, Stouffer RJ (2008) Stationarity is Dead: whither water management?. Science 319:573-574.

Rougé C, Ge Y, Cai X (2013) Detecting gradual and abrupt changes in hydrological records. Advances in Water Resources 53:33-44.

Sen PK (1968) Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. Journal of the American Statistical Association 63:1379-1389.

Serrano A, Mateos VL, Garcia JA (1999) Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian peninsula for the period 1921–1995. Physics and Chemistry of the Earth Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere 24:85-90.

Tekleab S, Mohamed Y, Uhlenbrook S (2013). Hydro-climatic trends in the Abay/Upper Blue Nile basin, Ethiopia. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C (60-62): 32-42.

www.SID.ir