

ارزیابی شاخص‌های اقلیمی و روند کلی تغییرات اقلیم؛ مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک شیراز.

امیر سالاری^۱، محمد توکل صدر آبادی^۲، عبدالرسول زارعی^۳، مهدی بهرامی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶

چکیده

وقوع خشکسالی‌های بی‌درپی در اکثر نقاط دنیا سبب دگرگونی چهره زمین شده است. لذا بررسی دقیق میزان تغییرات شاخص‌های اقلیمی و تأثیر آنها بر محیط‌زیست و منابع آبی در هر نقطه از کره‌خاکی امری اجتناب‌ناپذیر است. در این پژوهش تغییرات بارشی و دمایی ایجاد شده در ایستگاه سینوپتیک شیراز در بازه ۱۳۹۲-۱۳۶۳ بررسی گردید. بدین‌منظور شاخص‌های خشکسالی SPI، PNPI، DI، SIAP و RAI در مقیاس سالانه محاسبه و رژیم‌های مختلف بارشی شیراز بر اساس آنها دسته‌بندی گردید. بر این اساس بیشترین شباهت بین شاخص SIAP با شاخص‌های DI و RAI و کمترین میزان شباهت بین شاخص‌های SPI و RAI بر اساس پایش شرایط مختلف خشکسالی و ترسالی به‌دست آمد. همچنین بررسی روند تغییرات پارامترهای مختلف نشان داد طی دهه اخیر روند تغییرات بارش کل سالانه، حداکثر شدت بارش و حداقل دما منفی بوده و میزان میانگین بارش حدود ۵۰ میلی‌متر نسبت به دهه‌های گذشته کاهش یافته است، شدت حداکثر بارش روزانه ۲۰ درصد و میانگین حداقل مطلق دما حدود ۲ درجه کاهش یافته است. روند تغییرات حداکثر مطلق دما و تعداد روزهای یخبندان مثبت بوده و اختلاف حداقل و حداکثر دما افزایش یافته است. میزان افزایش میانگین ده ساله حداکثر مطلق دما حدود ۰/۶ درجه سانتی‌گراد بوده و تعداد روزهای یخبندان افزایش چشمگیری داشته است.

واژه‌های کلیدی: آزمون روند یابی من کندال، تغییرات اقلیمی، شاخص‌های خشکسالی، ضریب همبستگی.

^۱ . استادیار گروه تولیدات گیاهی و گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران، ۰۵۱۵۲۲۹۹۶۰۳، Salari.1361@yahoo.com

^۲ . کارشناسی مهندسی آب دانشگاه فسا، دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب و سازه هیدرولیکی، دانشکده مهندسی آب، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران فارس_ فسا، میدان استاد محمد بهمن بیگی، anohammad.tavakol@outlook.com، ۰۹۱۷۶۸۶۶۰۷۷

^۳ . استادیار، گروه مهندسی منابع طبیعی (مرتع و آبخیزداری)، دانشگاه فسا، شهر فسا، ایران. ۰۹۱۷۹۳۱۵۲۵۷، Ar_Zareiee@yahoo.com، Ar_Zareiee@Fasau.ac.ir (مسئول مکاتبه)

^۴ . استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه فسا، شهر فسا، ایران، ۰۹۱۷۶۰۹۶۵۶۱، mehdibahrami121@gmail.com و bahrami@fasau.ac.ir

مقدمه

نشده‌اند اما در بارش‌های زمستانه و سالانه با دقت ۹۹/۹۹ درصد در میانگین‌های ۱۰ ساله روند منفی وجود دارد.

شایق و سلطانی (۱۳۹۰) پنج شاخص مختلف خشکسالی هواشناسی را در استان یزد مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که دو شاخص RAI و DPI بیشترین تشابه را با یکدیگر دارند و این شاخص‌ها نسبت به سه شاخص SPI و BMDI و PNPI از کارایی بیشتری برخوردار می‌باشند. به دلیل تأثیرات متقابل پدیده‌های جوی بر یکدیگر، داشتن دید وسیع و همه جانبه بر همه پدیده‌ها و متمرکز شدن بر یک نقطه جغرافیایی باعث ایجاد درک کلی از جنبه‌های مختلف اقلیم و تأثیرات آنها بر یکدیگر در منطقه مورد نظر شده و الگوهای تغییرات کلی اقلیم در منطقه مورد نظر را به دست می‌دهد.

لذا هدف این پژوهش محاسبه و مقایسه شاخص‌های خشکسالی SPI، PNPI، DI، SIAP و RAI در مقیاس سالانه و تعیین ضرایب همبستگی شاخص‌ها در ایستگاه شیراز از سال ۱۳۶۳ لغایت ۱۳۹۲ می‌باشد. سپس در ادامه به کمک آزمون روندیابی من کندال، روند تغییرات شدت بارش روزانه، تعداد روزهای بارانی، متوسط دما، حداقل و حداکثر دما و تعداد روزهای یخبندان محاسبه گردید، سپس تأثیرات متقابل آنها و نیز تأثیر آنها بر روند تغییرات بارش مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ایستگاه سینوپتیک شیراز می‌باشد که در طول جغرافیایی $36^{\circ} 52'$ درجه شرقی و عرض $29^{\circ} 32'$ درجه شمالی قرار دارد. این منطقه دارای ارتفاع ۱۴۸۴ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی این منطقه ۳۱۹/۲ میلی‌متر در سال و متوسط دمای آن ۱۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

به طور کلی آب و هوای زمین چه در مقیاس محلی و چه در مقیاس جهانی به طور پیوسته تحت تأثیر گردش زمین و تابش‌های خورشیدی در حال تغییر و دگرگونی است. اما بر اساس پژوهش‌های علمی نشان داده شده که روند این تغییرات در حال حاضر با شتاب بیشتری نسبت به دوره‌های تاریخی گذشته در حال انجام است (حسن‌لی، ۱۳۹۰). سرعت این تغییرات بسیار بیشتر از این است که به‌طور مستقیم تحت تأثیر گردش محوری زمین به دور خورشید باشد (Pittok, 2003). به طور کلی بارندگی به عنوان بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می‌تواند در بررسی خشکسالی به‌ویژه خشکسالی هواشناسی مورد توجه قرار گیرد (نوحی و عسگری، ۱۳۸۴).

مدرس و سیلوا با کاربرد آزمون من-کندال و مطالعه در مورد ۲۰ ایستگاه همدیدی در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور نشان دادند که ایستگاه‌های سبزوار و زاهدان به ترتیب بارش سالانه افزایشی و کاهش‌ی دارند (Modarisi and silva, 2007).

مرادی و همکاران (۱۳۸۶) روند خشکسالی‌های سالانه را در استان فارس با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش با مقیاس زمانی ۱۲ ماهه مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که در نواحی مرکزی استان شدت خشکسالی‌ها بیشتر از دیگر نواحی می‌باشد. بهرامی و توکل (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص SPI شدت، مدت و فراوانی خشکسالی‌های ایستگاه شیراز را محاسبه نموده و نتیجه گرفتند که شدت، دوام و فراوانی خشکسالی‌های اخیر در حال افزایش بوده و سال‌های نرمال به سمت خشکی متمایل شده‌اند. آن‌ها همچنین با کمک آزمون روندیابی من کندال دنباله‌ای نشان دادند که اگرچه روند تغییرات سری بارشی شیراز در مقیاس‌های فصلی و سالانه در سطح ۵ درصد معنی‌دار

(۴)

$$A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln(x)}{n}$$

(۵)

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}$$

که در آن:

\bar{x} : میانگین سری داده ماهانه یا سالانه یا هر مقیاس مورد نظر می‌باشد.

شاخص درصد از نرمال بارندگی (PNPI)

شاخص درصد از نرمال بارندگی یکی از ساده‌ترین سنج‌های خشکسالی در یک مکان است. این شاخص عبارت است از:

(۶)

$$PNPI = \frac{P_i}{\bar{p}} \times 100$$

که در آن:

 P_i : بارندگی سالانه \bar{p} : بارندگی نرمال

شاخص دهک‌های بارندگی (DI)

در این روش، وقایع ثبت شده درازمدت را به صورت یک دهم، یک دهم تقسیم بندی می‌کنند که هر قسمت را یک دهک می‌نامند. دهک اول، اندازه بارشی است که از ۱۰ درصد حد پایین بارشها تجاوز نمی‌کند. دومین دهک اندازه بارشی است که از ۲۰ درصد حد پایین تجاوز نکند و دهک‌ها به همین صورت ادامه می‌یابند. دهک پنجم، میانه می‌باشد یعنی مقدار بارشی که از ۵۰ درصد داده‌های بارندگی تجاوز نکند و درحد نرمال است.

شاخص‌های خشکسالی

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

این شاخص توسط (Mackee et al., 1993) با توجه به بررسی اثرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، کلاهک برفی و جریان آبراهه در ایالت کلرادو ارائه شد. شاخص SPI حاصل برازش توزیع آماری گاما بر سری بارندگی و محاسبات احتمالات توزیع تجمعی گاما است. تابع توزیع گاما به صورت تابع چگالی یا فراوانی به صورت معادله ۱ تعریف شده است:

(۱)

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{Sd}$$

که در آن:

 P_i : مقدار بارندگی \bar{P} : متوسط بارندگی Sd : انحراف از معیار بارندگی

شاخص SPI حاصل برازش توزیع آماری گاما بر سری بارندگی و محاسبات احتمالات توزیع تجمعی گاما است. تابع توزیع گاما به صورت تابع چگالی یا فراوانی به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۲)

$$g(x) = x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \frac{1}{\gamma(\alpha)\beta^\alpha}$$

که در آن:

 X : برابر با میزان تجمعی بارش ماهانه

α و β : برآورد پارامترهای توزیع گاما از روی داده‌ها می‌باشد که با روش حداکثر درست نمایی می‌توان مقادیر بهینه α و β را براساس معادلات زیر برآورد کرد:

(۳)

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right]$$

شاخص ناهنجاری بارندگی (RAI)

اساس این شاخص بر انحراف مقادیر بارندگی از مقدار نرمال می‌باشد. نحوه محاسبه این شاخص به شرح زیر است:

$$RAI = \pm 3 \frac{P - \bar{P}}{E - \bar{P}}$$

که در آن:

P : برابر بارش سال مورد نظر

\bar{P} : میانگین بارشی

E : برابر با میانگین ۱۰ مورد از شدیدترین

ناهنجاری‌های مثبت و منفی است. برای ناهنجاری

مثبت، پیشوند مثبت است.

معیار بارش سالانه (SIAP)

اساس این شاخص بر انحراف از معیار بارندگی، مقدار نرمال بارش و مقدار بارش سالانه استوار است. نحوه محاسبه این شاخص به شرح زیر است:

$$SIAP = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

که در آن:

P_i : بارندگی سالانه

\bar{P} : بارندگی نرمال

SD : انحراف از معیار بارش

طبقه بندی شاخص‌های فوق به شرح جدول (۱) می‌باشد:

جدول (۱): شاخص‌های خشکسالی و طبقه‌بندی آن‌ها

| شدت خشکسالی | SPI (McKee, 1993) | RAI (Rooy, 1965) | DI (Gibbs, 1967) | $PNPI$ (قربانی, ۱۳۸۹) | $SIAP$ (Hirsh, 1984) |
|---------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| نرمال | +۰/۵ تا -۰/۵ | +۰/۳ تا -۰/۳ | ۴۰ تا ۶۰٪ | ۱۲۰٪ تا ۸۰٪ | +۰/۲۵ تا -۰/۲۵ |
| خشک‌سالی ضعیف | -۱ تا -۰/۵ | -۱/۲ تا -۰/۳ | ۳۰ تا ۴۰٪ | ۷۰٪ تا ۸۰٪ | -۰/۲۵ تا -۰/۵۲ |
| خشک‌سالی متوسط | -۱٫۵ تا -۱ | -۲/۱ تا -۱/۲ | ۲۰ تا ۳۰٪ | ۵۵ تا ۷۰٪ | -۰/۵۲ تا -۰/۸۴ |
| خشک‌سالی شدید | -۲ تا -۱٫۵ | -۳ تا -۲/۱ | ۱۰ تا ۲۰٪ | ۴۰ تا ۵۵٪ | -۰/۸۴ تا -۱/۲۸ |
| خشک‌سالی بسیار شدید | کمتر از -۲ | کمتر از -۳ | کمتر از ۱۰٪ | کمتر از ۴۰٪ | کمتر از -۱/۲۸ |

آزمون ناپارامتری من کندال دنباله ای

آزمون ناپارامتری من- کندال ابتدا توسط Mann, 1945 ارائه گردید و سپس توسط Kendall, 1975 بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی فاقد همخوانی با توزیع آماری خاصی اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است.

فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. توجه به توانمندی‌هایی که این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است.

آماره آزمون من کندال، S ، با استفاده از روابط ۹ و ۱۰ به دست می‌آید و با میانگین صفر و پراش محاسبه شده در رابطه (۱۱) به‌طور مجانبی دارای توزیع به‌هنگار می‌باشد.

(۹) (۱۲)

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & , \text{ if } s > 0 \\ 0 & , \text{ if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & , \text{ if } s < 0 \end{cases}$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (10)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n-5) - \sum t_m t_m (t_m - 1)(2t_m + 5)}{18}$$

بنابراین در آزمون روندیابی دو دامنه، اگر قدر مطلق آماره آزمون بزرگتر از عدد جدول بهنجار $(Z > Z_{\alpha/2})$ در سطح معنی داری α باشد آن گاه فرض H_0 رد می‌شود. $Z_{\alpha/2}$ نقطه بحرانی توزیع بهنجار معیار می‌باشد که بالادست آن به میزان $\alpha/2$ احتمال وجود دارد. مقادیر S مثبت و منفی به ترتیب نشان دهنده روند افزایشی و کاهش در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. این زمان رخداد نقطه تقاطع منحنی‌های پیشرو و پسرو آماره آزمون در نظر گرفته می‌شود. به منظور معنی داری در سطح خطای ۵ درصد آماره S مثبت یا منفی آزمون باید از عدد $\pm 1/96$ گذشته و در آن قسمت بماند.

t_m برای نمایش طول m امین گره در سری‌های زمانی داده‌ها استفاده می‌شود. گره موقعی ایجاد می‌شود که دو داده با مقدار مساوی پشت سرهم در سری زمانی وجود داشته باشند. طول گره برابر تعداد تکرار داده‌های مساوی می‌باشد. اگر اندازه نمونه بزرگتر از ۱۰ باشد، آن گاه آماره آزمون در رابطه (9) به صورت یک متغیر بهنجار معیار شده در رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود:

نتایج و بحث

نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های خشکسالی ایستگاه شیراز و طبقه‌بندی آنها در جدول ۲ آمده است:

جدول (۲): مقادیر شاخص‌های خشکسالی محاسبه شده ایستگاه شیراز در بازه ۱۳۹۲-۱۳۶۳

| سال | بارش (میلی-متر) | DI Index | شدت خشکی | PNPI Index | شدت خشکی | SIAP Index | شدت خشکی | RAI Index | شدت خشکی | SPI Index | شدت خشکی |
|------|-----------------|----------|--------------|------------|----------|------------|--------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
| ۱۳۶۳ | ۳۶۴/۴ | ۶ | نرمال | ۱۱۱/۹۸ | نرمال | ۰/۳۱۴ | ترسالی متوسط | ۰/۶۶ | ترسالی ضعیف | -۰/۰۸ | نرمال |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ۱۳۹۱ | ۳۰۴/۹ | ۵ | نرمال | ۹۳/۷ | نرمال | -۰/۱۶۵ | نرمال | -۰/۴۹ | خشکی ضعیف | -۰/۵۵ | خشکی ضعیف |
| ۱۳۹۲ | ۳۸۰/۵ | ۸ | ترسالی متوسط | ۱۱۶/۹۳ | نرمال | ۰/۴۴۴ | ترسالی ضعیف | ۰/۹۳ | ترسالی ضعیف | ۰/۰۳ | نرمال |

بیشترین تعداد ترسالی‌ها با درجات مختلف مربوط به شاخص SIAP می‌باشد. بیشترین فراوانی سال‌های

بر اساس نتایج جدول (۲) کمترین فراوانی ترسالی‌ها با درجات مختلف مربوط به شاخص SPI و

دید شاخص RAI شامل ۹ مورد بوده و از دید شاخص SPI شامل ۳ سال بود. بیشترین تعداد خشکسالی‌ها با درجات مختلف توسط شاخص RAI و کمترین تعداد خشکسالی‌ها توسط شاخص PNPI مشخص گردید. همچنین شاخص‌های RAI و SIAP بیشترین تعداد ترسالی را با درجات مختلف و شاخص SPI کمترین تعداد ترسالی را نشان داد.

در جدول (۳) تعداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌های با درجات مختلف از دید هر شاخص مشخص شده است.

نرمال مربوط به شاخص PNPI و کمترین فراوانی سال‌های نرمال مربوط به شاخص RAI بود. بیشترین دوام خشکسالی‌ها برابر با ۸ سال از ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ بوده و توسط دو شاخص RAI و SPI پایش شد. همچنین شدت این خشکسالی در شاخص RAI بیشتر از شدت آن در شاخص SPI بود. به غیر از ۵ سال اشتراک بین این دو شاخص در بقیه سال‌ها، شاخص RAI شدت ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها را بیشتر از شاخص SPI نشان داد. همچنین خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید از

جدول (۳): مقایسه تعداد خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شیراز از نظر شاخص‌های مختلف

| DI Index | PNPI Index | SIAP Index | RAI Index | SPI Index | |
|----------|------------|------------|-----------|-----------|--------------------|
| ۲ | ۳ | ۴ | ۳ | ۰ | ترسالی بسیار شدید |
| ۳ | ۱ | ۲ | ۳ | ۰ | ترسالی شدید |
| ۳ | ۲ | ۲ | ۰ | ۲ | ترسالی متوسط |
| ۳ | ۲ | ۵ | ۷ | ۳ | ترسالی ضعیف |
| ۷ | ۱۲ | ۲ | ۱ | ۱۰ | نرمال |
| ۳ | ۲ | ۵ | ۲ | ۵ | خشکسالی ضعیف |
| ۳ | ۶ | ۴ | ۵ | ۷ | خشکسالی متوسط |
| ۴ | ۱ | ۴ | ۶ | ۲ | خشکسالی شدید |
| ۲ | ۱ | ۲ | ۳ | ۱ | خشکسالی بسیار شدید |

تشابه ۶۶/۶٪ بوده و پس از آن میزان تشابه RAI و SIAP در رتبه دوم قرار دارد (جدول ۴).

نتایج مقایسه درصد تشابه بین شاخص‌های مختلف در طبقه‌بندی خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها نشان داد بیشترین میزان تشابه بین شاخص‌های DI و SIAP با

جدول (۴): درصد تشابه بین شاخص‌های مختلف در پایش شدت‌های مختلف خشکسالی و ترسالی

| شاخص | DI | SIAP | RAI | SPI | PNPI |
|------|------|-------|-------|-------|-------|
| DI | ٪۱۰۰ | ٪۶۶/۶ | ٪۴۶/۶ | ٪۳۳/۳ | ٪۵۳/۳ |
| SIAP | | ٪۱۰۰ | ٪۶۰ | ٪۳۳/۳ | ٪۳۰ |
| RAI | | | ٪۱۰۰ | ٪۱۶/۷ | ٪۲۶/۶ |
| SPI | | | | ٪۱۰۰ | ٪۴۳/۳ |
| PNPI | | | | | ٪۱۰۰ |

SIAP و PNPI و کمترین میزان همبستگی بین زوج شاخص‌های SPI، SIAP و PNPI با شاخص دهک‌ها (DI) وجود دارد (جدول ۵).

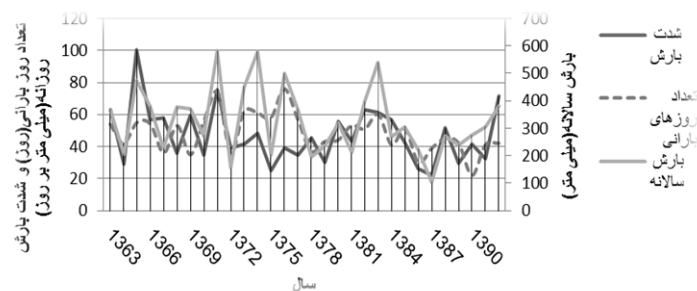
بررسی ضرایب همبستگی محاسبه شده بین مقادیر زوج شاخص‌ها و همچنین بین بارش و شاخص‌ها نشان داد که بیشترین همبستگی بین مقادیر زوج شاخص‌های

جدول (۵): ضرایب همبستگی (R^2) بین مقادیر شاخص‌های مختلف خشک‌سالی و بارندگی ایستگاه شیراز

| DI | PNPI | SIAP | RAI | SPI | بارش | نماینه |
|----|------|------|------|------|------|--------|
| ۱ | ۰/۹۴ | ۰/۹۴ | ۰/۹۵ | ۰/۹۴ | ۰/۹۴ | DI |
| | ۱ | ۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷ | ۱ | PNPI |
| | | ۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹۷ | ۱ | SIAP |
| | | | ۱ | ۰/۹۹ | ۰/۹۹ | RAI |
| | | | | ۱ | ۰/۹۸ | SPI |

تغییرات حداکثر شدت بارش روزانه بین حداکثر ۱۰۰/۴ و حداقل ۲۲/۳ میلی‌متر می‌باشد.

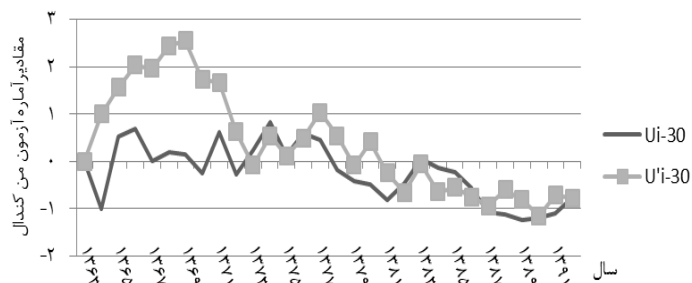
شکل (۱) میزان بارش سالانه را در مقابل حداکثر بارش روزانه طی یک سال و تعداد روزهای بارانی همان سال نشان می‌دهد. دامنه تغییرات روزهای بارانی شیراز بین ۲۲ تا ۷۶ روز، میانگین تعداد روزهای بارانی در طی دوره ۱۳۹۱-۱۳۶۳ برابر ۴۸ روز و همچنین دامنه



شکل (۱): تغییرات حداکثر شدت بارش سالانه، تعداد روزهای بارانی و بارش سالانه شیراز

همچنین میانگین بارش ده ساله اخیر نسبت به دهه قبل از آن حدود ۵۰ میلی‌متر کاهش یافته است.

بر اساس شکل (۲) روند غالب (من‌کندال) در بارش سالانه شیراز منفی بوده و اگرچه این روند در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار نشده است ولی در سال‌های اخیر شدت گرفته و به معنی‌داری نزدیک‌تر شده است.



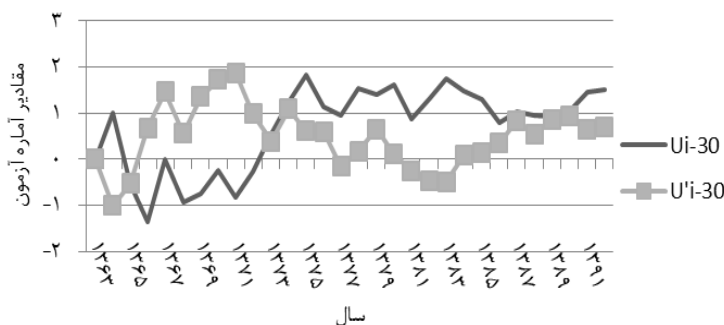
شکل (۲): نمودار من‌کندال دنباله‌ای بارش سالانه شیراز

مقیاس سالانه ایجاد شده است و در سال ۱۳۷۵ آماره آزمون به حداکثر مقدار خود رسیده است. این روند

همان‌طور که در شکل (۳) مشخص است از سال ۱۳۷۳ یک روند مثبت در تعداد روزهای بارانی در

است و سال ۱۳۹۰ با تعداد ۲۲ روز بارندگی، کمترین میزان روزهای بارانی را دارد. شکل ۳ نشان می‌دهد که سیر کلی حرکت داده‌ها به سمت بازگشت به مقدار نرمال می‌باشد.

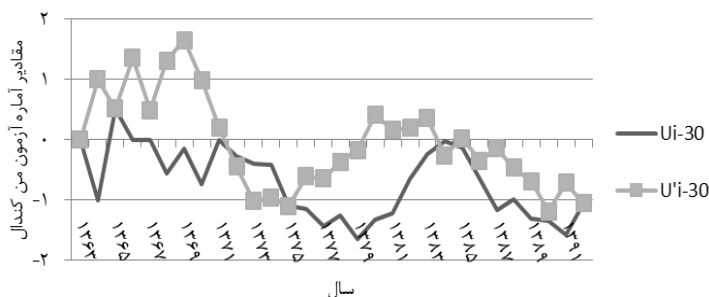
مثبت از نظر زمانی منطبق با روند منفی در بارش کل سالانه (شکل ۲) می‌باشد. بررسی میانگین‌های ۱۰ ساله نشان می‌دهد در طی دهه اخیر نسبت به دهه قبل به‌طور متوسط تعداد روزهای بارانی ۲۰٪ کاهش یافته



شکل (۳): روند یابی مجموع روزهای بارانی سالانه

روندهای منفی با روند مثبت تعداد روزهای بارانی هم زمان می‌باشد.

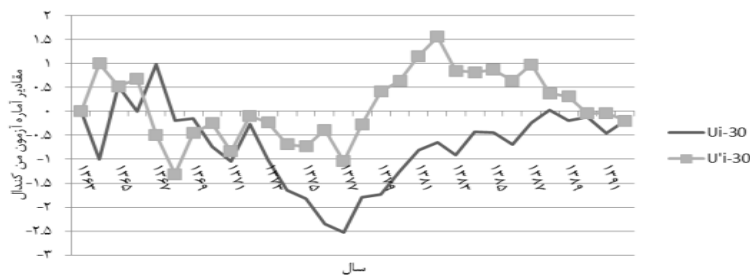
همان‌گونه که در شکل ۴ مشخص است دو روند منفی در سری داده‌های شدت بارش وجود دارد. این



شکل (۴): روند یابی حداکثر شدت بارش روزانه در مقیاس سالانه

مقیاس سالانه با اطمینان ۹۹٪ الگوهای بارشی از بارش‌های اغلب شدید و رگباری به سمت بارش‌های ملایم تغییر کرده است که شکل ۴ مؤید این قضیه است. پس از سال ۱۳۷۷ به مرور از شدت این روند کاسته شده و به نوعی روندی مثبت در سری داده‌ها ایجاد شده است و شدت روند کاهشی در هر دو سری داده‌ها تا حدودی بر هم منطبق شده است.

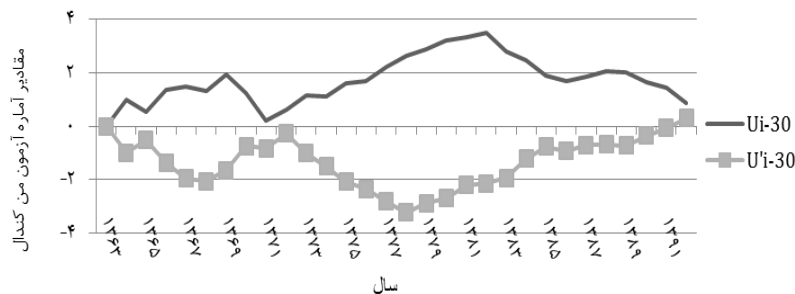
شکل (۵) به روندیابی نسبت حداکثر بارش روزانه به بارش کل سالانه اختصاص دارد. از سال ۱۳۶۹ یک روند منفی در سری داده‌ها به وجود آمده است که به‌طور نسبی هم‌زمان با شروع روند منفی در حداکثر شدت بارش روزانه و شروع روند مثبت در تعداد روزهای بارانی می‌باشد. مقدار آماره آزمون این روند در سال ۱۳۷۷ به میزان $-2/52$ رسیده و در سطح اعتماد ۹۹٪ معنی‌دار شده است. این موضوع نشان می‌دهد که در



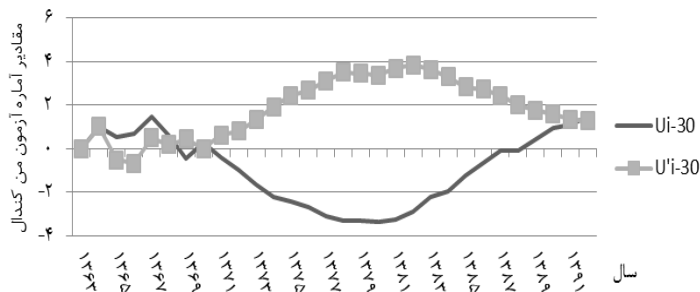
شکل (۵): روند یابی نسبت حداکثر بارش روزانه به بارش کل سالانه

بارش روزانه (شکل ۴) و میزان بارش سالانه و همچنین روند منفی در تعداد روزهای یخبندان (شکل ۷) منطبق می‌باشد. بیشترین میانگین دمای سالانه متعلق به سال ۱۳۷۷ با میانگین $۱۹/۵$ درجه سانتی‌گراد و تعداد روزهای یخبندان برابر با ۶ روز و بارش سالانه ۳۶۸ میلی‌متر می‌باشد. بررسی تغییرات تعداد روزهای یخبندان نشان داد که متوسط تعداد روزهای با دمای زیر صفر در دهه دوم (۱۳۸۲-۱۳۷۳) به میزان چشم‌گیری کاهش یافته و در دهه اخیر افزایش چشم‌گیری داشته است.

روندیابی متوسط دمای سالانه شیراز (شکل ۶) نشان می‌دهد از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۲ روند افزایشی دما با معنی‌داری ۹۹ درصد در سری داده‌ها وجود دارد. شدت این افزایش به حدی است که میانگین ده ساله دمای سالانه در دهه دوم حدود $۰/۹$ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. پس از آن از شدت این روند کاسته شده و در سال ۱۳۸۶ به زیر خط مرزی برای معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان رسیده است و میانگین دمای سالانه به حد نرمال نزدیک شده است. این روند افزایشی دما دقیقاً بر روند کاهشی در پارامتر حداکثر



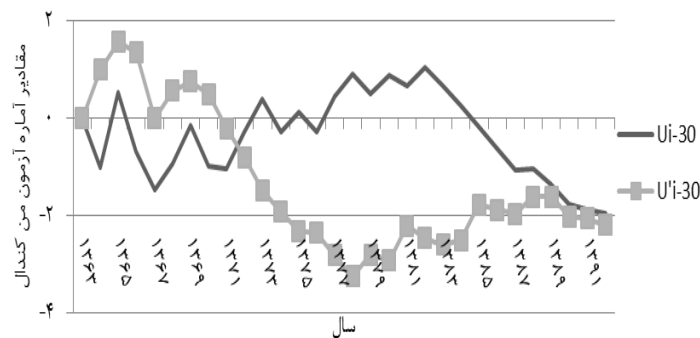
شکل (۶): روند یابی متوسط دمای سالانه شیراز



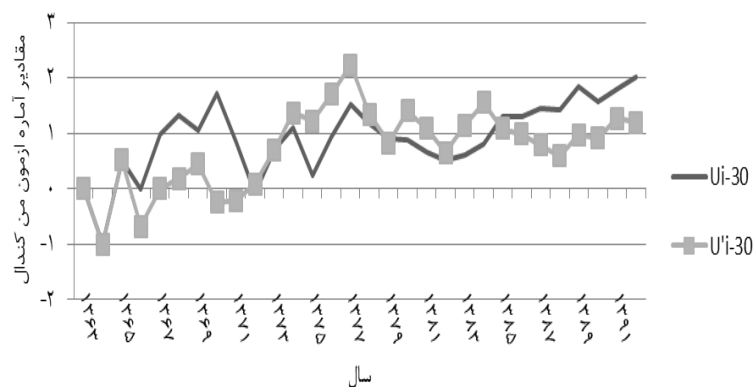
شکل (۷): روند یابی تعداد روزهای یخبندان شیراز در مقیاس سالانه

حداقل کاهش یافته و از دهه‌های قبل منفی‌تر شده است. این موضوع به همراه افزایش میانگین حداکثر مطلق دمای سالانه (شکل ۹)، نشان از افزایش دامنه تغییرات و بیابانی‌تر شدن اقلیم شیراز دارد. دلیل ثابت ماندن نسبی متوسط دمای سالانه با وجود افزایش حداکثر دما نیز منفی‌تر شدن حداقل دما می‌باشد.

بدیهی است کاهش تعداد روزهای یخبندان نتیجه بالا رفتن دمای حداقل و نیز کاهش تداوم دمای منفی است. همان‌گونه که شکل (۸) نشان می‌دهد یک روند افزایشی در دمای حداقل ایستگاه شیراز وجود داشته که در طی چند سال اخیر و پس از پایان خشکسالی‌های شدید دهه ۸۰ منفی شده و دمای



شکل (۸): روندیابی حداقل مطلق دمای سالانه ایستگاه شیراز



شکل (۹): روند یابی حداکثر دمای مطلق سالانه ایستگاه شیراز

است. همچنین تعداد روزهای یخبندان افزایش چشمگیری داشته است. افزایش دامنه تغییرات حداقل و حداکثر دمایی نشان از حرکت اقلیم شیراز به سمت بیابانی‌شدن دارد. همچنین مجموعه دلایل ذکر شده باعث افزایش عدم قطعیت‌های موجود شده و هرگونه پیش‌بینی احتمالی را با مشکلات بسیاری مواجه خواهد کرد. افزایش حداکثر دما و کاهش میزان بارش در جهت تغییرات اقلیمی جهانی و متناسب با آن‌ها می‌باشد اما تشخیص میزان تأثیرپذیری تغییرات منطقه‌ای از تغییرات جهانی و یا عوامل موجود در

نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش بررسی همه‌جانبه تغییرات اقلیمی احتمالی در خرد اقلیم شیراز در مقیاس سالانه بود. نتایج به دست آمده بیانگر کاهش ملموس و قابل توجه میانگین بارش‌های سالانه در دهه اخیر، همچنین کاهش ۲۰ درصدی تعداد روزهای بارانی و شدت بارش روزانه بود.

از نظر تغییرات دمایی نیز با وجود ثابت ماندن متوسط دما، میزان حداکثر دما افزایش یافته و حداقل دما در دهه اخیر نسبت به دهه‌های قبل منفی‌تر شده

تقدیر و تشکر

بر خود لازم می دانیم که از مسئولان محترم سازمان هواشناسی استان فارس بدلیل در اختیار قرار دادن آمار و اطلاعات تشکر و قدردانی نماییم.

خود منطقه، موضوعی پیچیده است که نیاز به بررسی‌های دقیق و ژرف دارد.

منابع

- عسکری، ا. و ک. نوحی. ۱۳۸۵. مطالعه خشکسالی و دوره بازگشت خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در منطقه قم. خشکسالی کشاورزی، ش ۱۵، صفحه ۴۷.
- قربانی، خ.، ع. خلیلی، س. علوی پناه و غ. نخعی زاده. ۱۳۸۹. مطالعه تطبیقی نمایه‌های هواشناسی خشکسالی SIAP و SPI به روش داده کاوی (مطالعه موردی کرمانشاه). نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۳.
- حسن‌لی، ع. ۱۳۹۰. تغییرات اقلیمی و پیامدهای آن بر منابع آب و محیط زیست. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
- مرادی، ح. ر.، م. رجبی. و م. فرج‌زاده. ۱۳۸۶. تحلیل روند و خصوصیات مکانی شدت خشکسالی‌های استان فارس. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۴، شماره ۱.
- شایق، ا. و س. سلطانی. ۱۳۹۰. مقایسه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در استان یزد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال پانزدهم، شماره پنجاه و هفتم.
- Askari, A. and K. Nouhi. 2006. Consideration of droughts and return period of drought and wet years in qom province. *Agricultural drought journal*. No. 15. P. 47.
- Bahrami. M. and M. Tavakol sadrabadi. 2015. Analysis of Intensity, duration and frequency of shiraz drought using SPI Index. 2014. International conference on Engineering, Arts management and Environmet. szczcein, Poland.
- Ghorbani, Kh., S. Alavipanah and G. Nakhaizade. 2009. Comparative study of meteorological drought indices including SIAP and SPI data using mining method (Case study: Kermanshah). *Journal of soil and water*. No. 3.
- Hasanli, A. 2012. Climate change and its effect on water resources and environment. Mashahd jahad daneshgahi publications.
- Jahandide, M. and A. shirvani. 2012. Precipitation Time series trend Analysis in Fars province. *Journal of Water Resources Engineering*.
- Katiraie, P., S. Hejam and P. Irannejad. 2007. Contribution of changes in precipitation frequency and intensity of daily rainfall in the trend of precipitation in Iran in period of 1960-2001. *Journal of Earth and Space Physics*. Vo33.
- Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th ed., Charles Griffin: London.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend, *Econometrica* 13, 245-259.
- McKee, T. B., N. J. Doesken, J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993 Anaheim CA, pp. 179-186., 233-236.
- Moradi, H., M. Rajabi and R. Farjzade. 2007. Analysis of trend and location charactersitics of drought severity in fars province. *Research quarterly on grassland and desert*. volume14.no1.
- Modarres, R. and V. P. R. Silva. 2007. Rainfall trends in arid and semi- aridregions of Iran. *Journal of Arid Environments*. No 13. PP 34-41.
- Pittock, B. 2003. Climate change: an Australian guide to the science and potential impacts, Australian Greenhouse Office, Canberra.

Shayegh, E. and S. Soltani. 2012. Comparison of drought indices in yazd province. Journal of Agriculture and natural resources science and technology, soil-water sciences-no57.

Willke, G., J. R. M. Hosking, J. R. Wallis and N. B. Guttman. 1994. The national drought atlas. Institute for water resources, report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.

Zare abyaee, H., V., Yazdani and K. Azhdari. 2010. A comparative study of four meteorological drought indices based on relative yield of wheat in Hamedan province. Journal of natural geography research. No. 69.

Evaluation of Elimate Indices and the General Trend of Climate Changes (Case study: Shiraz synoptic station)

Amir Salari¹, Mohamad Tavakol Sadrabadi², Abdol Rassoul Zarei³, Mehdi Bahrami⁴

Abstract

Continual drought affected on the earth surface and has changed appearance of it. Therefore accurate assessment of changes in the climate parameters and effect of them on the environmental factors and water resources is very important and necessary. In this paper, precipitation and temperature changes in Shiraz synoptic station since 1983 to 2013 were evaluated. In this study various drought indexes such as SPI, RAI, PNPI, DI and SIAP evaluated in the annual scale and based of them, the different rainfall regimes in Shiraz were categorized. According to the monitoring of drought and wet years condition, maximum similarity is between SIAP index and DI, RAI indexes, SPI and RAI indexes have minimum similarity. According to the Results of this paper in the recent decade changes trend of annual precipitation, maximum intensity of rainfall and minimum absolute of temperature have been decreased. So that annual precipitation decreased about 50 millimeters in the last decade, maximum intensity of daily precipitation decreased 20 percent and average of minimum annual temperature decreased 2 degrees centigrade. Also the trend changes of maximum absolute temperature and number of frost days have been increased. According to results difference between maximum and minimum annual temperature have been increased, average of maximum absolute temperature in the ten years periods have been increased about 0.6 degrees centigrade.

Keywords: Climate changes, Correlation coefficient, Drought Indices, Man-Kendal trend test.

¹ . Assistant Professor, College of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Torbat Heydarieh, Iran, 05152299603, E-mail: salari.1361@yahoo.com

² . Graduate Student of Civil Engineering, Faculty of Water Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.(Former Student of Water and Sciences Engineering of Fasa University)

Email: mohammad.tavakol@outlook.com, Tel: 09176866077

³ . Corresponding Author: Assistant professor in Department of Rang and Watershed Management. Faculty of Agricultural Science. Fasa University, Iran.

Email: Ar_zareiee@Fasau.ac.ir and Ar_zareiee@Yahoo.com, Tel: 09179315257

⁴ . Assistant professor in Department of water engineering. Faculty of Agricultural Science. Fasa University, Iran.

Email: MehdiBahrami121@Gmail.com and Bahrami@Fasau.ac.ir, Tel: 09176096561