

## تحلیل روند برای زیرسری‌های زمانی بارش در استان فارس

مرضیه جهاندیده<sup>1\*</sup> و امین شیروانی<sup>2</sup>

تاریخ دریافت: 90/7/16 تاریخ پذیرش: 91/1/18

### چکیده

اطلاع از تغییرات زمانی شروع و پایان روند بارش برای برآورد تغییر اقلیم مهم می‌باشد. در این مطالعه، از آزمون نافراسنجی من-کندال دنباله‌ای برای تعیین تغییرات در زمان بارش سالانه برای ایستگاههای همدیدی در استان فارس استفاده شده است. این آزمون دنباله‌ای برای تحلیل روند زیر سری‌های زمانی مناسب می‌باشد. نتایج نشان دادند که در ایستگاه آباده یک روند کاهشی بارش در سالهای 1980 و 2005 شروع شده، و این روند در سالهای 1985 و 1990 در سطح 5% معنی دار بوده است. در سالهای 1955 و 2007 یک روند کاهشی بارش در ایستگاه شیراز آغاز گردیده است. در این ایستگاه، روند کاهشی معنی داری در بارش سالهای 1962، 1963، 1964، 1966، 1971 و 1973 در سطح 10% اتفاق افتاده است. در ایستگاه فسا یک روند کاهشی بارش در سالهای 1970 و 1997 شروع شده و کمترین مقدار آماره‌ی آزمون من-کندال دنباله‌ای در سال 2010 رخ داده است که نشان می‌دهد روند کاهشی بارش در این سال بسیار شدید بوده است. واژه‌های کلیدی: بارش، تحلیل روند، روش‌های نافراسنجی، آزمون من-کندال دنباله‌ای.

1- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت، گروه ریاضی.

2- استادیار بخش مهندسی آب و مرکز پژوهش‌های جوی اقیانوسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

\*- نویسنده مسئول: [jahandidehmr@gmail.com](mailto:jahandidehmr@gmail.com)

**مقدمه**

فراورده‌های کشاورزی و باغی نقشی مهم را در اقتصاد استان فارس ایفا می‌کنند. اهمیت کشاورزی استان فارس در کشور به عنوان قطب مهم تولیدی کشاورزی برهیچ کس پوشیده نیست. بخش کشاورزی فارس نقشی اساسی را در تامین، تولید، اشتغال و امنیت غذایی کشور داشته، و همچنین سهم عمده ای را از تولید ناخالص ملی به خود اختصاص می‌دهد. بطوری که 9/8 درصد ارزش افزوده‌ی بخش کشاورزی کشور (مقام اول) مربوط به استان فارس است.

بارش به عنوان یکی از عوامل مهم اقلیمی نقش تعیین کننده‌ای را در نوسانهای میزان فراورده‌های کشاورزی دارد؛ بدین ترتیب، پراکندگی زمانی و مکانی بارش برای بخش کشاورزی و باغی از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو، تحلیل بارش و اطلاع از روند آن گامی موثر در بخش کشاورزی می‌باشد.

خلیلی و بذرافشان (2004) داده‌های پنج ایستگاه قدیمی شامل بوشهر، اصفهان، تهران، مشهد و جاسک را طی دوره‌ی اقلیمی (1877-2001) مطالعه کرده و بر مبنای آزمون من-کندال نشان دادند که در مقیاس سالانه، وجود روند زمانی کمی بارش تأیید نمی‌شود، ولی در مقیاس فصلی، 25% روند منفی و 8% روند مثبت وجود دارد. نصری و مدرس (2008) نشان دادند که از کل ایستگاههای انتخابی در استان اصفهان، دو ایستگاه دارای

روند معنی دار کاهشی شمار بیشینه‌ی سالانه‌ی روزهای بدون بارش بوده‌اند. آنها همچنین نتیجه گرفتند که 3 ایستگاه دارای روند افزایشی در شمار دوره‌های بدون بارش، و یک ایستگاه دارای روند کاهشی در شمار دوره‌های بدون بارش بوده‌اند. مدرس و سیلوا (2007) با کاربرد آزمون من - کندال و مطالعه در مورد 20 ایستگاه همدیدی در مناطق خشک و نیمه خشک کشور نشان دادند که ایستگاههای سبزوار و زاهدان به ترتیب بارش سالانه‌ی افزایشی و کاهشی دارند، و در اغلب ایستگاهها فصول زمستان و بهار دارای روند می‌باشند. در تحقیق آنها دو ایستگاه منتخب استان فارس (فسا و شیراز) در مقیاس سالانه روند معنی داری نداشتند. مرادی و همکاران (2007) روند خشکسالی‌های سالانه را در استان فارس با استفاده از نمایه‌ی معیار شده‌ی بارش با مقیاس زمانی 12 ماهه مورد مطالعه قرار داده و نتیجه گرفتند که در نواحی مرکزی استان شدت خشکسالی‌ها بیشتر از دیگر نواحی می‌باشد. سهرابی و همکاران (2009) با کاربرد آزمون من کندال نشان دادند که بارش سالانه در ایستگاههای آغاجانبلاغی، تویسرکان و قهاوند در استان همدان روند معنی دار افزایشی دارد.

در خارج از کشور مطالعه‌های گسترده‌ای بر ای بررسی روند بارش صورت گرفته که به چند مورد اشاره می‌شود. پارتال و کاهای (2006) روند بارش در ترکیه را برای دوره ی 1929-1993 با استفاده از آزمون من-کندال و من-

روند فراسنجهای آبشناسی مانند رواناب نیز استفاده می‌شود (یانگ و تیان، 2009).

یکی از معایب مهم آزمون من-کندال دستخوش شدن نتایج بر اثر تغییر اندازه‌ی نمونه می‌باشد. به بیان دیگر، برای یک دوره‌ی آماری 50 ساله (1951-2000) ممکن است روند بارش افزایشی، و برای یک دوره‌ی آماری 60 ساله (1951-2010) روند بارش کاهش‌ی باشد. از این رو در تحقیق حاضر برای در نظر گرفتن تاثیر اندازه‌ی نمونه، و مطالعه در مورد زیر سری‌های زمانی از آزمون من-کندال دنباله، که در تحقیق‌های قبلی در داخل کشور مورد استفاده قرار نگرفته است، بهره بردیم.

هدف مهم این تحقیق یافتن زیردوره‌های زمانی است که بارش جهش و روند ناگهانی دارد. در این تحقیق با استفاده از آزمون من-کندال دنباله‌ای شروع و پایان روندهای افزایشی و کاهش‌ی بارش برآورد می‌گردد. این که هم اکنون بدانیم الگوی بارش در زیر دوره‌ی افزایشی، کاهش‌ی یا بدون روند است، و به کدام سمت تمایل دارد، گامی مهم در هدایت بخش منابع آب و کشاورزی می‌باشد.

### مواد و روشها

داده‌های بارش ماهانه و روزانه برای سه ایستگاه همدیدی آباده (طول:  $40^{\circ}$   $52^{\circ}$ ، عرض:  $11^{\circ}$   $31^{\circ}$ )، شیراز (طول:

$36^{\circ}$   $52^{\circ}$

، عرض:  $32^{\circ}$   $29^{\circ}$ ) و فسا (طول:  $41^{\circ}$   $53^{\circ}$ ، عرض:  $58^{\circ}$

$28^{\circ}$ ) در استان فارس از پایگاه سازمان هواشناسی کشور

کندال دنباله‌ای بررسی کرده و نشان دادند که در پهنه-های جنوبی و غربی میانگین بارش سالانه کاهش داشته است و سالهای شروع روند کاهش‌ی بارش را نیز مشخص کردند. تحلیل روند بارش در کشور عمان برای دوره‌ی 1922-2003 نشان می‌دهد که از سال 1957 به بعد بارش روند کاهش‌ی داشته است (اسمادی و زگول، 2006). شهید (2010) الگوهای مکانی روند بارندگی سالانه و فصلی بنگلادش را برای دوره‌ی زمانی 1958-2007 برای 17 ایستگاه مورد بررسی قرار داد. وی با استفاده از آزمون من-کندال نشان داد که بارندگی سالانه دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشد. روند سالانه و فصلی بارش برای 553 ایستگاه در اسپانیا برای دوره‌ی 1961-2006 به وسیله‌ی ریو و همکاران (2011) بررسی شده است. آنها با کاربرد آزمون نافرانسیجی من-کندال نشان دادند که بارندگی سالانه در 11% از موارد، و همچنین بارندگی تابستان و زمستان در 28% از موارد کاهش‌ی معنی دار دارد. پراکنندگی زمانی و مکانی بارش در کره‌ی جنوبی برای 183 ایستگاه برای دوره‌ی 1973-2005 به وسیله‌ی جانگ و همکاران (2011) مورد مطالعه قرار گرفت. آنها نشان دادند که بارش در فصلهای بهار و زمستان کاهش، ولی بارندگی سالانه افزایش داشته، و این افزایش به خاطر افزایش فراوانی و شدت بارندگی تابستانه می‌باشد. از آزمون من-کندال و من-کندال دنباله‌ای به منظور تحلیل

توزیع نمی باشند.

آماره ی آزمون من کندال،  $S$ ، با میانگین صفر و پراش محاسبه شده در رابطه ی (3) بطور مجانبی دارای توزیع بهنجار می باشد و با استفاده از رابطه های 1 و 2 به دست می آید (هیرش و اسلاک، 1984).

1

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

2

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

3

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t_m} t_m(t_m-1)(2t_m+5)}{18}.$$

نماد  $t_m$  برای نمایش طول هر گره برای  $m$  امین گره در سری های زمانی داده ها استفاده می شود. گره موقعی ایجاد می شود که دو داده با مقدار مساوی پشت سرهم در سری زمانی وجود داشته باشند. طول گره برابر تعداد تکرار داده های مساوی می باشد. اگر اندازه ی نمونه بزرگتر از 10 باشد، آن گاه آماره ی آزمون در رابطه ی 1 به صورت یک متغیر بهنجار معیار شده در رابطه ی 4 محاسبه می شود:

به نشانی <http://www.irimo.iri> استخراج گردیدند. این داده ها برای دوره های آماری 1977-2010، 2010-1951 و 1967-2010 به ترتیب برای ایستگاههای آباده، شیراز و فسا مورد مطالعه قرار گرفتند. وجود دوره ی آماری بلند مدت (حدود 30 سال) ملاک انتخاب این ایستگاهها بود. از بارش سالانه ی این ایستگاهها برای محاسبه ی آزمونهای نافرانجی استفاده شد.

در این تحقیق، آزمون های نافرانجی من-کندال (من 1945) و من-کندال دنباله ای (اسنیرز، 1990) برای تعیین روند سری های زمانی بارش استفاده می شوند. این آزمونها برای ارزیابی روند متغیرهای هواشناسی و آبشناسی به کار می روند. آزمون من-کندال به آماره ی  $t$  کندال نیز معروف می باشد. فرض صفر این آزمون حاکی از عدم روند و تصادفی بودن داده های سری های زمانی است، و فرض مقابل مبتنی بر وجود روند می باشد. یکی از مزیت های این آزمون آن است که نسبت به تاثیر مقادیر حدی استوار بوده، و برای متغیرهای چوله مناسب می باشد. دلیل این امر آن است که آماره ی کندال بر پایه ی رتبه ی داده ها ساخته می شود، و یک آزمون آزاد از توزیع می باشد. آزمون فرض این آماره به صورت زیر است.

$$\begin{cases} H_0: & (x_1, x_2, \dots, x_n) \text{ یک نمونه از متغیرهای} \\ H_1: & \text{تصادفی هم توزیع و مستقل می باشد.} \end{cases}$$

برای هر  $j, k \leq n; k \neq j$ ،  $x_k$  و  $x_j$  هم

4

گرفته می‌شود و سپس بر پایه‌ی رتبه‌ها در این سری جدید  $j$  تایی آماره‌ی آزمون بنا می‌شود. بنابراین، آماره‌ی آزمون  $n-1$  بار محاسبه می‌شود و سری پیشرو تشکیل می‌گردد. برای محاسبه‌ی من-کندال دنباله‌ای مراحل زیر به کار برده می‌شوند:

1- بزرگی  $x_j, (j = 2, \dots, n)$  با  $x_k, (k = 1, \dots, j-1)$  مقایسه می‌شود. در هر مقایسه، تعداد دفعاتی که  $x_j > x_k$  باشد با  $n_j$  نمایش داده می‌شود. آماره‌ی آزمون در رابطه‌ی 5 محاسبه می‌شود:

5

$$t_j = \sum_{i=2}^j n_i, \quad j = 2, \dots, n$$

2- این آماره دارای توزیع بهنجار با میانگین و پراش زیر می‌باشد:

6

$$E(t_j) = \frac{j(j-1)}{4},$$

7

$$\text{Var}(t_j) = \frac{j(j-1)(2j+5)}{72}$$

3- مقادیر دنباله‌ای آماره  $U(t)$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

8

$$U(t_j) = \frac{t_j - E(t_j)}{\sqrt{\text{Var}(t_j)}}, \quad j = 2, \dots, n.$$

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

بنابراین، در آزمون روند یابی دودامنه، اگر قدر مطلق آماره‌ی آزمون بزرگتر از عدد جدول بهنجار معیار (یعنی  $|Z| > Z_{\alpha/2}$ ) در سطح معنی داری  $\alpha$  باشد آن گاه فرض  $H_0$  رد می‌شود.  $Z_{\alpha/2}$  نقطه‌ی بحرانی توزیع بهنجار معیار می‌باشد که بالا دست آن به میزان  $\alpha/2$  احتمال وجود دارد. مقدار  $S$  مثبت و منفی به ترتیب نشان دهنده‌ی روند افزایشی و کاهش‌ی در سری زمانی داده‌ها می‌باشد.

در آزمون من-کندال دنباله‌ای اندازه‌ی نمونه،  $n$ ، متغیر در نظر گرفته می‌شود و آماره‌ی آزمون برپایه‌ی رتبه‌های به دست آمده برای  $n-1$  زیر نمونه، که نمونه‌ی اول شامل  $x_1, x_2$ ، نمونه‌ی دوم شامل  $x_1, x_2, x_3$ ، نمونه‌ی سوم شامل  $x_1, x_2, x_3, x_4$  و در نهایت نمونه‌ی آخر شامل کل نمونه، یعنی  $x_1, x_2, \dots, x_n$  باشد در نظر گرفته می‌شود. این آزمون دنباله‌ای برای ارزیابی و بررسی شروع یک روند در داخل نمونه  $x_1, x_2, \dots, x_n$  بوده و بر پایه‌ی رتبه‌ی سری پیشرو و پسرو داده‌های خام نمونه است که در حقیقت برای تعیین مشاهده تغییر روند با زمان می‌باشد. به بیان دیگر، در هر مرحله یک زیر نمونه  $j$  تایی ( $j = 2, \dots, n$ ) از کل نمونه  $n$  تایی در نظر

انحراف معیارهای مربوطه به ترتیب برابر با  $70/3$ ،  $133/5$  و  $124/3$  میلی متر می باشند؛ بنابراین، ضریب تغییر بارش سالانه ی ایستگاههای آباد، شیراز، و فسا به ترتیب حدود 40، 42 و 51 درصد است که نشان می دهد پراکندگی بارش سالانه شیراز نزدیک به ایستگاه فسا می باشد. همبستگی سری‌های زمانی بارش سالانه ی این ایستگاهها در تأخیرهای مختلف به منظور آشکارسازی خود همبستگی در سری‌های زمانی با استفاده از نمودار تابع خود همبستگی بررسی شد. برای نمونه، نمودار تابع خود همبستگی بارش سالانه ی ایستگاه شیراز در شکل 1 آورده شده است. خطوط خط چین در این شکل محدوده ی  $\pm 1.96/\sqrt{n}$  را نشان می‌دهند و مقادیر خود همبستگی نمونه‌ای در تاخیرهای مختلف بین این محدوده واقع شده و نشان می‌دهند که مقادیر خود همبستگی نمونه‌ای سری زمانی بارش سالانه ی ایستگاه شیراز اختلاف معنی داری با صفر در سطح 5% ندارند. برای سری‌های زمانی بارش دو ایستگاه آباد و فسا نیز نمودارهای تابع خودهمبستگی نشان دادند که همبستگی-ها در تأخیرهای مختلف معنی دار نبودند.

مقدار آماره ی آزمون من-کندال (رابطه 4) برای ایستگاههای همدیدی آباد، شیراز، و فسا به ترتیب برای دوره‌های آماری 2010-2010، 1977، 2010-1951 و 2010-1967 برابر با  $0.83$ ،  $0.86$ ، و  $0.66$  - به دست آمد. علامت منفی آماره نشان می‌دهد که در هر سه ایستگاه روند

دنباله ی  $U(t)$  دنباله ی پیشرو می‌باشد. دنباله ی پیشرو  $U'(t)$  با استفاده از مراحل بالا محاسبه می‌شود، با این تفاوت که نقطه ی شروع داده‌ها از آخر سری های زمانی در نظر گرفته می‌شود، و محاسبات از آخر سری های زمانی شروع می‌شوند. به عبارت دیگر، در محاسبات بالا  $x_n$  به جای  $x_1$ ،  $x_{n-1}$  بجای  $x_2$  و به همین ترتیب تا آخر منظور می‌گردد.

مقادیر مثبت و منفی  $U(t)$  به ترتیب بیانگر یک روند افزایشی و کاهش می‌باشند؛  $U'(t)$  مشابه  $U(t)$  می‌باشد. کاربرد مهم آزمون من-کندال دنباله‌ای برای یافتن تقریبی زمان شروع رخداد یک روند می‌باشد. این زمان رخداد نقطه ی تقاطع منحنیهای پیشرو و پسرو آماره ی آزمون در نظر گرفته می‌شود.

در تحقیق حاضر، برای محاسبه ی آماره ی آزمونهای من-کندال و من-کندال دنباله‌ای برنامه‌های رایانه‌ای آنها در محیط برنامه نویسی R نوشته شد. R یک نرم افزار رایگان جهت برنامه نویسی محاسبه‌های آماری می‌باشد (اطلاعات بیشتر در پایگاه

<http://www.r-project.org> موجود است).

## نتایج و بحث

میانگین سری‌های زمانی بارش سالانه ی ایستگاههای آباد، شیراز و فسا به ترتیب برای دوره‌های آماری 2010-1977، 2010-1951 و 2010-1967 برابر با  $136/9$ ،  $334/5$  و  $292/2$  میلی متر می‌باشند. همچنین،

نوع روند (افزایشی یا کاهش) و شدت روند، استفاده از آماره‌ی پیشرو یا منحنی  $U(t)$  کافی است.

شکل 2 نشان می‌دهد که در ایستگاه همدیدی آباده یک دوره‌ی روند کاهش بارش از سال 1980 شروع می‌شود. مقدار آماره‌ی آزمون من-کندال دنباله‌ای در سالهای 1985 و 1990 در سطح  $\alpha = 0.05$  معنی دار می‌باشد، که بیانگر آن است که در این سالها روند کاهش بارش معنی دار بوده و خشکسالیهای شدیدی اتفاق افتاده است. از سال 1992 به بعد از شدت بارش کاهش کاسته شده، و از سال 1997 تا 2002 دوباره روند بارش کاهش شدت یافته است.

در سال 2004 روند بارش افزایشی بوده، ولی یک دوره‌ی کاهش بارش از سال 2005 شروع شده و تا سال 2010 ادامه داشته است؛ بنابراین، روند بارش ایستگاه آباده به صورت زیر طبقه بندی می‌شود.

1- دهه‌ی 80 میلادی جزء روند کاهش بارش این ایستگاه می‌باشد، و روند کاهش معنی داری در سالهای 1985 و 1990 اتفاق افتاده است؛

2- از سال 1992 تا 1997 از شدت روند کاهش بارش کاسته شده است؛

3- به جز سال 2004، دوره‌ی 1998 تا 2010 روند بارش کاهش بوده است.

شکل 3 نشانگر آن است که از سال 1954 به بعد از شدت بارشهای افزایشی در ایستگاه همدیدی شیراز کاسته

بارش کاهش می‌باشد، ولی اندازه‌ی بزرگی این مقادیر کوچکتر از عدد جدول بهنجار معیار در سطح خطای 5% ( $Z_{0.025} = 1.96$ ) است که نشان می‌دهد این روندهای کاهش معنی دار نیستند. مقدار آماره‌ی آزمون من-کندال برای ایستگاههای همدیدی آباده، شیراز، و فسا به ترتیب برای دوره‌های آماری 1977-2000، 1951-2000 و 1967-2000 برابر با  $1.20$ ،  $1.27$  و  $1.34$  به دست آمدند. این نتایج نشان می‌دهند که برای این زیر سری‌های زمانی (زیر دوره‌ی آماری) روند بارش در ایستگاه شیراز، و فسا افزایشی می‌باشد ولی از نظر آماری معنی دار نیست. یافته‌های مدرس و سیلوا (2007) برای ایستگاههای شیراز و فسا، به ترتیب با دوره‌های آماری 50 و 34 ساله، نیز حاکی از نبودن روند در بارش سالانه می‌باشد.

مقدار آماره‌ی آزمون من-کندال دنباله‌ای رابطه‌ی 8 برای ایستگاههای همدیدی آباده، شیراز، و فسا بطور جداگانه محاسبه شد و منحنیهای  $U(t)$ ،  $U'(t)$  و بازه‌های بحرانی بالایی و پایینی در سطح 5% در شکلهای 2، 3 و 4 آورده شده اند. برای تشخیص شروع و پایان دوره‌ی افزایشی یا کاهش بارش از مقادیر آماره‌ی آزمونهای پیشرو و پسرو بطور همزمان استفاده می‌شود، بطوری که تقاطع منحنیهای  $U(t)$  و  $U'(t)$  به عنوان شروع یا پایان این دوره‌ها می‌باشد، ولی برای تشخیص

2- از سال 1975 به بعد گذر از دوران روند کاهشی بارش می‌باشد، و این وضعیت تا سال 1982 ادامه داشته است؛

3- از سال 1983 تا 1990 نیز یک دوره کاهشی بارش مشاهده می‌شود؛

4- در دوره ی 1991 تا 1996 از شدت روند بارش کاهشی کاسته شده و در اواخر این دوره روند بارش افزایشی می‌باشد؛

5- از سال 2007 به بعد یک دوره جدید روند کاهشی بارش شروع شده است و تا سال 2010 ادامه داشته است. در ایستگاه همدیدی فسا یک روند کاهشی بارش از سال 1970 شروع می‌شود، ولی از سال 1975 به بعد از شدت آن کاسته شده، روندی افزایشی در سال 1987 آغاز گردیده و این روند تا سال 1982 ادامه می‌یابد (شکل 4). بعد از سال 1982 روند بارش همچنان افزایشی می‌باشد، ولی شدت این روند رو به کاهش بوده است، که در حقیقت یک دوره ی روند کاهشی بارش شروع می‌شود که تا سال 1991 ادامه داشته است. از سال 1992 تا 1996 روند بارش افزایشی بوده است و شدت می‌گیرد. از سال 1997 بارش دچار روند کاهشی شده و این روند شدت می‌یابد، و در سال 2010 مقدار آماره ی آزمون به کمترین مقدار خود در دوره ی مورد مطالعه می‌رسد، ولی در سالهای 2004 و 2006 از روند افزایشی خوبی برخوردار بوده است.

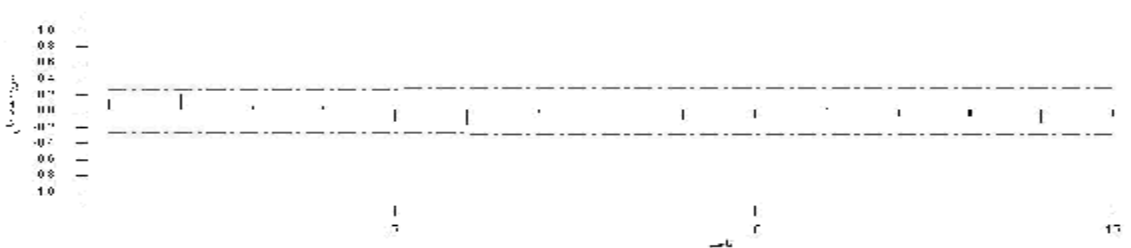
شده، و از سال 1957 به بعد روند کاهشی بارش شدت یافته است. این روند کاهشی بارش تا سال های 1975 ادامه می‌یابد بطوری که در بین سالهای 1960 تا 1975، در وضعیت شدید خشکسالی سپری شده است. قدرمطلق  $U(t)$  برای سالهای 1971، 1966، 1963، 1964، 1962 و 1973 کمتر از نقطه ی بحرانی،  $Z_{0.025} = 1.96$  می‌باشد (شکل 3) که بیانگر آن است که آماره ی من-کندال دنباله‌ای در این سالها در سطح 5% معنی دار نمی‌باشد. ولی این آماره در سالهای ذکر شده در سطح 10% معنی دار بوده است؛ بنابراین، روند کاهشی بارش در سالهای ذکر شده در سطح 10% معنی دار می‌باشد. از سالهای 1975 به بعد از شدت روند کاهشی بارش کاسته شده و این روند بهبود بارش تا سالهای 1995 ادامه داشته است. از سال 1996 روند بارش افزایشی داشته ولی در سالهای 2001 تا 2003 روند کاهشی داشته است. میزان بارش در این سال بطوری معنی داری بیشتر از میانگین دراز مدت می‌باشد. در دوره ی 2007 تا 2010 نیز روند بارش کاهشی می‌باشد، و این روند ادامه داشته و شدت آن نیز افزوده شده است؛ بنابراین، می‌توان دسته بندی زیر را برای ایستگاه همدیدی شیراز در نظر گرفت:

1- در سالهای 1957 تا 1975 بارش روند کاهشی داشته است، بطوری که در بین سالهای 1960 تا 1974 خشکسالی های شدیدی رخ داده است؛

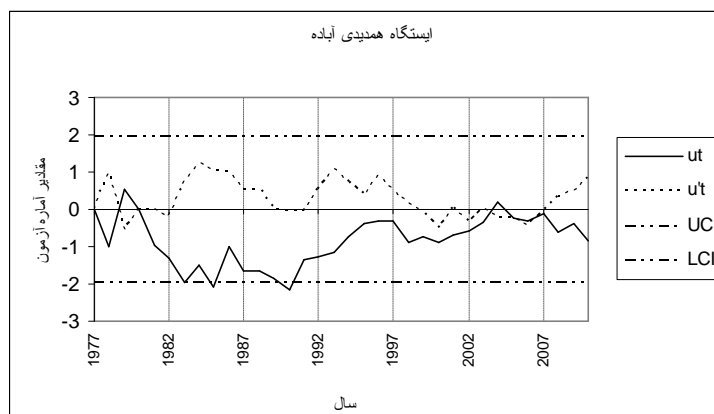


این روند افزایش یافته است. یکی از نتیجه‌های این تحقیق، که سال 1975 به عنوان سال گذر از شدت روند کاهش بارش در دو ایستگاه شیراز و فسا ذکر شد، با تحقیقهای ناظم السادات و همکاران (2006) همخوانی دارد. آنها مشخص نمودند که نقطه‌ی تغییر در سری‌های زمانی بارش در ایستگاههای جنوب و جنوب غربی در اواسط دهه‌ی 70 میلادی اتفاق افتاده است. یادآوری می‌گردد که در روشهای پیدا کردن نقطه‌ی تغییر (مانند آزمون نافراسنجی من ویتنی) تنها یک سال به عنوان نقطه‌ی تغییر مشخص می‌شود. در تحقیق حاضر، به دلیل آن که روند بارش در تمامی زیر سری‌های زمانی مشخص می‌شود از جایگاه خاصی برخوردار است.

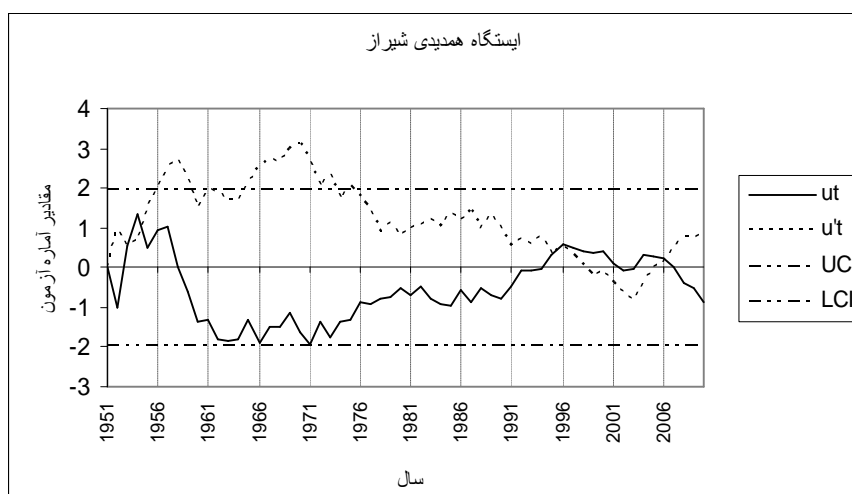
1- از سال 1970 روند کاهش بارش شروع می‌شود، ولی از سال 1975 از شدت آن کاسته می‌شود، بطوری که از سال 1978 روند افزایشی بارش شروع می‌شود و تا سال 1982 ادامه می‌یابد؛  
2- از سال 1983 یک دوره‌ی روند کاهش بارش شروع می‌شود و این روند در سال 1991 شدت می‌یابد. بعد از سال 1992 تا 1996 بارش روند افزایشی دارد؛  
3- از سال 1997 یک روند کاهش بارش شروع شده است و تا سال 2010 ادامه داشته است، ولی در سالهای 2004 و 2006 بارش دارای روند افزایشی داشته است.  
بنابراین، در چند سال گذشته بارش سالانه در هر سه ایستگاه مورد مطالعه دارای روند کاهش بوده و شدت



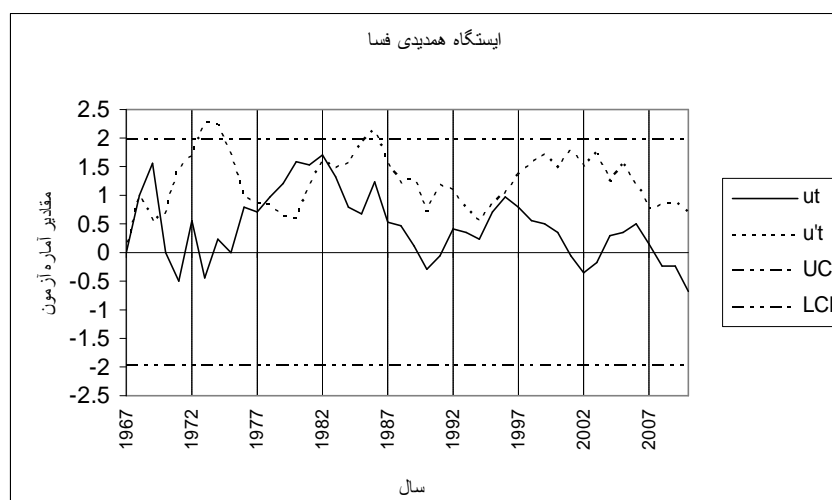
شکل 1. نمودار تابع خود همبستگی برای سری‌های زمانی بارش سالانه‌ی ایستگاه شیراز.



شکل 2. مقادیر آماره‌ی آزمون من-کندال دنباله‌ای  $U(t)$  و  $U'(t)$  برای ایستگاه آباده.



شکل 3. مقادیر آماره ی آزمون من-کندال دنباله‌ای  $U(t)$  و  $U'(t)$  برای ایستگاه شیراز.



شکل 4. مقادیر آماره ی آزمون من-کندال دنباله‌ای  $U(t)$  و  $U'(t)$  برای ایستگاه فسا.

## نتیجه گیری

مورد مطالعه ثابت در نظر گرفته نمی‌شود، مناسب می‌باشند. آزمون نافراسنجی من-کندال دنباله‌ای روشی مناسب برای بررسی روند در داخل دوره ی مطالعه، و

برای بررسی و تحلیل روند یک سری زمانی و تعیین رفتار روند در گذر زمان و یافتن شروع یک رخداد افزایشی یا کاهش در روند استفاده از روشهایی که در آنها دوره ی

2. Jung, I.W., D.H. Bae, G. Kim. 2011. Recent trends of mean and extreme precipitation in Korea. *International Journal of Climatology*. 31(3): 359–370.
3. Khalili, A., J. Bazrafshan. 2004. A trend analysis of annual, seasonal and monthly precipitation over Iran during the last 116 years. *Desert*. 9 (1): 25-32 (In Persian).
4. Modarres, R., V.P.R. Silva. 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Arid Environments*. 70: 344–355.
5. Moradi, H.R., M. Rajabi, and M. Faragzadeh. 2007. Analysis trend and spatial characteristics of droughts intensity in Fars province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*. 14 (1): 97-109 (In Persian).
6. Nasri, M., R. Modarres. 2008. Dry spells trend analysis of Isfahan province. *Journal of the Iranian Natural Res*. 61(3): 589-601 (In Persian).
7. Nazemosadat, M.J., N. Samani, D.A. Barry, and M. Molaii Niko. 2006. ENSO forcing on climate change in Iran: precipitation analysis. *Iranian Journal of Science & Technology*,

یافتن زمان جهش و تغییرناگهانی در سری‌های زمانی داده‌ها می‌باشد. این مطالعه به منظور آشکارسازی دوره‌هایی که بارش در استان فارس روند افزایشی یا کاهش‌ی داشته است انجام شد. اغلب کارهای صورت گرفته در کشور در زمینه‌ی تحلیل روند و تغییر اقلیم یک دوره زمانی ثابت در نظر گرفته شده، و مطالعه‌ی رفتار فراسنجهای آبشناسی، اقلیمی و هواشناسی برای یک دوره‌ی زمانی مشخص مورد ارزیابی قرار گرفته اند. پیشنهاد می‌گردد که خود دوره‌ی زمانی (اندازه‌ی نمونه) نیز به عنوان یک متغیر در نظر گرفته شود و در مطالعه‌های بعدی به رفتار داده‌ها در زیر دوره‌ها نیز توجه گردد. مطابق آنچه گفته شد، تحلیل‌های دنباله‌ای به این امر کمک خواهد کرد.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از شورای پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت به خاطر حمایت و پشتیبانی در انجام طرح تحقیقاتی "پراکندگی زمانی و مکانی بارش در استان فارس" که این مقاله از آن استخراج شده، تقدیر و تشکر می‌شود.

### منابع

1. Hirsch, R.M., J.R. Slack. 1984. A non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*. 20: 727–732.

- Province using Mann-Kendall method. *Journal of Water and Soil Conservation*. 16(3): 163-169 (In Persian).
14. Yang, Y., F. Tian. 2009. Abrupt change of runoff and its major driving factors in Haihe River Catchment, China. *Journal of Hydrology*. 374 : 373–383.
- Transaction B, *Engineering*. 30(B4): 555-565.
8. Partal, T., E. Kahya. 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*. 20: 2011–2026.
9. Rio, S., L. Herrero, and A. Penasa. 2011. Spatial distribution of recent rainfall trends in Spain (1961–2006). *International Journal of Climatology*. 31(5): 656–667.
10. Shahid, S. 2010. Rainfall variability and trends of wet and dry periods in Bangladesh. *International Journal of Climatology*. 30: 2299-2313.
11. Smadi, M.M., A. Zghoul. 2006. A Sudden Change in Rainfall Characteristics in Amman, Jordan during the Mid 1950s. *American Journal of Environmental Sciences*. 2 (3): 84-91.
12. Sneyers, R. 1990. On the statistical analysis of series of observations. World Meteorological Organization, Technical Note 143, Geneva, Switzerland.
13. Sohrabi, M.M., S. Marofi, A.A. Sabziparvar and Z. Maryanaji. 2009. Investigation of existence of trend in annual precipitation of Hamedan