

## بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش‌های نیسان و پیش‌بینی آن در استان آذربایجان شرقی

علی اکبر رسولی<sup>۱</sup>  
طاهره جلالی<sup>۲</sup>  
فاطمه سرافروزه<sup>۳</sup>  
مرضیه اسمعیل پور<sup>۴</sup>

### چکیده

در تحقیق حاضر به بررسی بارش‌های نیسان استان آذربایجان شرقی در طول دوره آماری ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۱ پرداخته شد. ابتدا تغییرات روند بارندگی‌های نیسان استان با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و تخمین‌گر شیب Sen که جزو متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری به‌شمار می‌روند، تجزیه و تحلیل شد. سپس برای پیش‌بینی تغییرات بارش‌های نیسان طی سال‌های آتی از مدل سری‌های زمانی ARMA استفاده گردید. نتایج مطالعات نشان داد که بر اساس آزمون‌های ناپارامتریک، سری زمانی بارش‌های نیسانی در دوره مورد مطالعه به‌جز ایستگاه آذرشهر در بقیه ایستگاه‌ها فاقد روند می‌باشد. پس از بررسی الگوهای مختلف مدل ARMA، مدل محاسباتی مناسب در هر ایستگاه بر اساس معیار آگاهی آکائیک انتخاب و بارش‌های نیسان استان آذربایجان شرقی برای ۱۰ سال آینده پیش‌بینی گردید. در این مطالعه صحت و دقت مدل‌ها توسط آزمون نرمال بودن مانده‌های مدل و مجذور اختلاف مربعات ریشه تأیید گردید.

**واژگان کلیدی:** بارش‌های نیسان، روند، من-کندال، پیش‌بینی، مدل ARMA، آذربایجان شرقی.

## مقدمه

بارندگی به‌عنوان یک متغیر تصادفی جزو آن دسته از عناصر اقلیمی است که تغییرات چشمگیری با زمان و مکان دارد؛ به‌گونه‌ای که می‌توان آن را در زمره تغییرپذیرترین عناصر جوی به‌حساب آورد. این تغییرات زمانی در مکان‌های خشک و نیمه‌خشک از شدت بیشتری برخوردار است. از آنجا که بخش اعظم بارش در شمال‌غرب کشور در ماه اردیبهشت رخ می‌دهد که به بارش‌های نیشان مشهور است، تغییر در الگوهای بارش این ماه‌ها مانند تغییر در نوع، میزان، و تاریخ‌های بارش از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و لازم است مطالعاتی در این زمینه صورت گیرد تا با مشخص شدن نحوه تغییرات بارش، پیش‌بینی آن برای سال‌های آینده به درستی انجام گیرد تا برنامه‌ریزی در بخش‌های مختلف نظیر کشاورزی، منابع آب، زیرساخت‌ها و سایر بخش‌های اقتصادی بر اساس آن صورت گیرد تا از وقوع خسارات جبران‌ناپذیر جلوگیری شود. از این رو هدف تحقیق حاضر، بررسی روند بارش‌های نیشان استان آذربایجان شرقی در دوره آماری ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۱ با استفاده از روش‌های ناپارامتری و پیش‌بینی تغییرات آن طی سال‌های آتی با استفاده از مدل سری‌های زمانی آریما می‌باشد.

موضوع تحلیل روند سری‌های زمانی بارندگی با روش‌های پارامتری و ناپارامتری توجه محققان زیادی را به خود معطوف نموده است. پارتال و کایا<sup>۵</sup> (۲۰۰۶) در بررسی روند بارندگی ماهانه و سالانه ۹۶ ایستگاه باران‌سنجی ترکیه با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری، وجود برخی روندهای معنی‌دار را در بارش ماه‌های ژانویه، فوریه و سپتامبر و نیز بارش سالانه در مناطق غربی و جنوبی ترکیه و سواحل دریای سیاه نتیجه گرفتند. ژانگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۹) بارش‌های زمستانی، تابستانی و سالانه را در ۱۶۰ ایستگاه در چین طی دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۵ بررسی کرده و روندهای افزایشی را در بخش‌های میانی و پایینی رودخانه یانگ تسه شناسایی نمودند. موراتو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۹) از چندین روش آماری برای

5- Partal & Kahya

6- Zhang

7- Mourato



بررسی سری زمانی بارش سالانه و فصلی جنوب پرتقال جهت شناسایی روندها و ارزیابی تغییرات فراوانی دوره‌های خشک و تر و الگوهای توزیع مکانی آن‌ها استفاده کردند. کمالی (۱۳۷۵) در مطالعه‌ای که بر روی روند بارش ایستگاه‌های منتخب ایران طی دوره آماری ۱۳۶۵-۱۳۷۵ انجام داد، نشان داد که روند بارندگی در برخی نقاط کاهشی و برخی نقاط افزایشی بوده است. او نتیجه گرفت که روند افزایشی در ایران از فراوانی بیش‌تری نسبت به روند کاهشی برخوردار بوده است. ترابی (۱۳۸۰) سری‌های زمانی بارش و حداقل و حداکثر درجه حرارت را در پنج ایستگاه بررسی کرده و الگوهای آریمای آن‌ها ارائه نموده است. شهبافر (۱۳۸۰) مدل پیش‌بینی بارش سالانه مشهد را آریمای (۳، ۳، ۰) تشخیص داده است. رضانی (۱۳۸۰) سری‌های زمانی بارش چهار ایستگاه در استان مازندران را بررسی نموده و به‌عنوان نمونه جهت پیش‌بینی بارش ایستگاه بابلسر مدل فصلی (۱، ۱، ۰) × (۱، ۱، ۰) همراه با تبدیل لگاریتم طبیعی پیشنهاد کرده است. بنی‌واهب و علیجانی (۱۳۸۲) نوسانات اقلیمی به‌ویژه خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایستگاه بیرجند را شناسایی نموده و با استفاده از مدل‌های باکس-جنکینز مدل مناسبی جهت پیش‌بینی نوسانات سری‌های زمانی بارش و درجه حرارت در این ایستگاه ارائه کرده‌اند.

کاوایی و عساکره (۱۳۸۲) تحلیل روند بارش در ایستگاه اصفهان را در یک دوره آماری ۱۰۳ ساله به انجام رساندند. نتایج حاصله وجود هیچ‌گونه روندی را توسط هیچ‌کدام از روش‌های بکار گرفته شده به تأیید نرسانید. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه ۵ ایستگاه قدیمی ایران در طی دوره آماری ۲۰۰۱-۱۸۹۳ مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله وجود هیچ‌نوع روند معنی‌داری را در سری‌های بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأیید نکرد. اما در سری‌های بارش فصلی، هم روند افزایشی و هم روند کاهشی قابل مشاهده بود. کتیرایی بروجردی و همکاران (۱۳۸۴) به بررسی روند بارش روزانه ۳۸ ایستگاه ایران در طی دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۰ پرداختند. نتایج حاصله نشان‌دهنده وقوع برخی روندهای افزایشی و کاهشی در بارش کل سالانه در ایستگاه‌های منتخب بود. طبری و حسین‌زاده (۲۰۱۱) روند بارش سالانه و فصلی ۴۱ ایستگاه را در ایران تجزیه و تحلیل نمودند. نتایج نشان‌دهنده روند کاهشی در ۶۰ درصد

ایستگاه‌ها بود که در ۷ ایستگاه در سطح ۹۵ درصد و ۹۹ درصد معنی‌دار بود. بارش یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی به سیستم‌های هیدرولوژیکی محسوب می‌شود. که مطالعه و اندازه‌گیری آن در اکثر موارد برای مطالعه رواناب، آب‌های زیرزمینی، سیلاب و رسوب و نیز کشت دیم که کلیه احتیاجات گیاه با آب بارش تأمین می‌شود ضروری می‌باشد. در نتیجه بررسی و پیش‌بینی بارش‌های نیسان که بیش‌تر سهم بارش‌های فصل بهار را به خود اختصاص می‌دهد از جهت برنامه‌ریزی منابع آبی و هم از جهت مدیریت شرایط بحران اهمیت زیادی دارد. چرا که تغییر در مقدار آن می‌تواند بر اقتصاد منطقه تأثیر زیادی داشته باشد. لذا در تحقیق حاضر، ابتدا به تجزیه و تحلیل روند بارش‌های نیسانی در استان آذربایجان شرقی پرداخته شده است و سپس با استفاده از روش سری‌های زمانی، تغییرات این بارش‌ها برای سال‌های آینده پیش‌بینی گردیده است.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، استان آذربایجان شرقی است. در این استان داده‌های ۳۰ ساله بارش روزانه ۸ ایستگاه باران‌سنجی از سازمان آب منطقه‌ای و ۲ ایستگاه سینوپتیک، از سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی اخذ گردید. دلیل انتخاب این ایستگاه‌ها کامل بودن داده‌ها و توزیع مکانی مناسب آن‌ها در محدوده منطقه مورد مطالعه می‌باشد از سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی و سینوپتیک به دلیل کوتاه بودن دوره آماری صرف‌نظر شد. ماه نیسان در تقویم جلالی و لغت‌نامه دهخدا و دائرةالمعارف بزرگ اسلامی برابر با ماه اردیبهشت آورده شده است بنابراین داده‌های بارش هر ایستگاه در ماه اردیبهشت هر سال که در اصطلاح محلی به بارش‌های نیسانی معروف هستند، مورد تحلیل قرار گرفت. مشخصات و طول دوره آماری انتخابی ایستگاه‌ها در جدول ۱ و هم‌چنین موقعیت جغرافیایی منطقه و پراکندگی ایستگاه‌ها در این منطقه در شکل ۱ ارائه شده است.

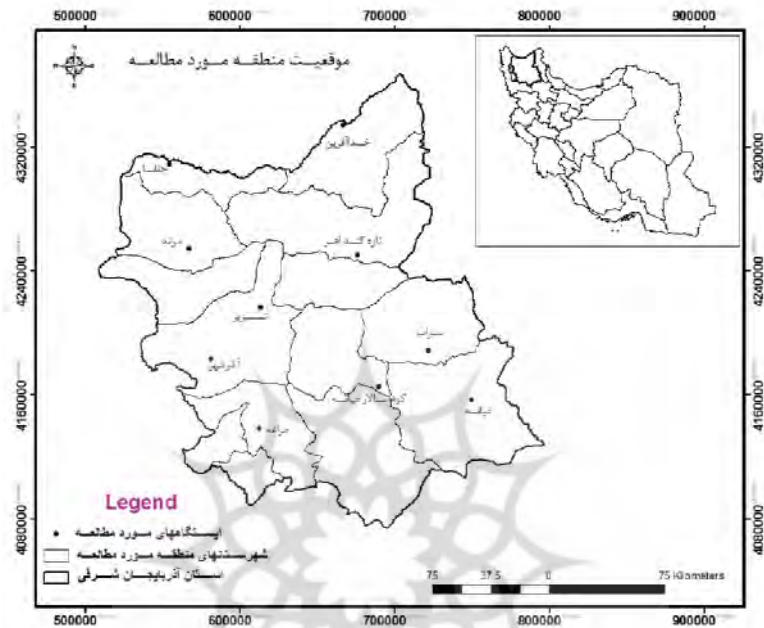
جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		نوع ایستگاه	طول دوره آماری
	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه		
تبریز	۴۶°	۱۹'	۳۸°	۰۵'	سینوپتیک	۱۳۴۶-۱۳۹۱
تازه‌کند اهر	۴۷°	۱۳'	۳۸°	۲۶'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
سراب	۴۷°	۳۱'	۳۷°	۵۲'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
میانه	۴۷°	۴۲'	۳۷°	۲۵'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
مرند	۴۵°	۴۶'	۳۸°	۲۶'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
مراغه	۴۶°	۱۵'	۳۷°	۲۳'	سینوپتیک	۱۳۵۹-۱۳۹۱
کوهسالار میانه	۴۷°	۲۳'	۳۷°	۳۱'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
خداآفرین	۴۶°	۵۷'	۳۸°	۴۶'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
جلفا	۴۵°	۳۸'	۳۸°	۵۷'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱
آذرشهر	۴۵°	۵۹'	۷°	۴۵'	باران‌سنجی	۱۳۵۹-۱۳۹۱

پس از آزمون همگنی داده‌ها به روش ران تست، از آزمون من-کندال جهت تشخیص تغییرات روند داده‌ها استفاده گردید. این روش ابتدا توسط من<sup>۸</sup> در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط کندال<sup>۹</sup> در سال ۱۹۷۵ بسط و توسعه یافت (Serrano et al, 1999: 87). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (Turgay et al, 2005: 4). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها است.

8- Mann

9- Kendall



شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در روش من-کندال ابتدا اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر محاسبه شده و با اعمال تابع علامت، پارامتر  $S$  به شرح زیر استخراج می‌گردد (Hamed, 2008: 33):

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

در رابطه فوق  $n$  بیانگر تعداد مشاهدات سری، و  $X_j$  و  $X_i$  به ترتیب داده‌های زام و  $i$ ام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به شرح رابطه ۲ قابل محاسبه است:

$$\text{sgn}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & \text{for } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{for } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{for } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

در گام بعدی واریانس سری زمانی از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (۳)$$

در رابطه فوق  $n$  تعداد داده‌های مشاهده‌ای و  $m$  معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. پارامتر  $t$  نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد که از رابطه ۴ حاصل می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{V(S)}} & \text{for } S > 0 \\ 0 & \text{for } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{V(S)}} & \text{for } S < 0 \end{cases} \quad (۴)$$

بنابراین در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه ۵ برقرار باشد:

$$|X| \leq Z_{\alpha/2} \quad (۵)$$

در رابطه فوق پارامتر  $\alpha$  تعیین‌کننده سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha/2}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون از  $\alpha/2$  استفاده شده است. در این آزمون سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود (حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۶۰).

در روش Sen's Estimator نیز همانند روش من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بهره گرفته می‌شود. اساس این روش بر محاسبه یک شیب میانه برای سری زمانی و قضاوت نمودن در مورد معنی‌داری شیب به‌دست آمده در سطوح اعتماد مختلف استوار است. محاسبه شیب بین هر جفت داده مشاهده‌ای با استفاده از رابطه ۶ حاصل می‌آید:

$$Q = \frac{X_t - X_s}{t - s} \quad (۶)$$

در رابطه فوق پارامترهای  $X_t$  و  $X_s$  به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های  $t$  و  $s$  و  $t$  یک واحد زمانی بعد از زمان  $s$  است. با اعمال رابطه ۶ برای هر جفت داده مشاهده‌ای، یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌شود که از محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند ( $Q_{med}$ ) به دست می‌آید که مقدار مثبت آن حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن دال بر نزولی بودن روند می‌باشد (Kumar et al., 2009: 176).

در ادامه کار جهت استفاده از مدل ARMA، ابتدا ضریب چولگی هر سری محاسبه شد. برای کاهش چولگی، از توابع تبدیل مختلف مانند جذر، لگاریتم، تابع توانی و باکس کاکس استفاده می‌شود. در این مطالعه با استفاده از تابع لگاریتم چولگی داده‌ها به حداقل رسانده شد (جدول ۲).

جدول (۲) نتایج آزمون چولگی و تابع نرمال‌ساز سری زمانی بارش‌های اردیبهشت ماه

ایستگاه	تابع نرمال ساز	چولگی قبل از نرمال کردن	چولگی بعد از نرمال کردن
آذرشهر	$Y = Ln(x + 200)$	۰/۲۳	۰/۰۰۰۳
خداآفرین	$Y = Ln(x + 123.5)$	۰/۴۲	۰/۰۰۰۱
تازه‌کند اهر	$Y = Ln(x + 33.9)$	۰/۷۵	۰/۰۰۰۱
تبریز	$Y = Ln(x + 13.977)$	۱/۲۴	۰/۰۰۰۰۳
چلغا	$Y = Ln(x + 14.769)$	۲/۳۹	۰/۰۰۰۰۱
سراب	$Y = Ln(x + 246)$	۰/۲۲	۰/۰۰۰۰۳
کوهسالار	$Y = Ln(x + 123)$	۰/۵۹	۰/۰۰۰۰۴
مراغه	$Y = Ln(x + 29.41)$	۰/۹۴	۰/۰۰۰۱
مرند	$Y = Ln(x + 17.58)$	۱/۴۶	۰/۰۰۰۰۳
میانه	$Y = Ln(x + 45.37)$	۰/۴۶	۰/۰۰۰۱

داده‌های مورد استفاده مقادیر بارش‌های ماه اردیبهشت در دوره آماری ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۱ می‌باشد. از داده‌های سال ۱۳۵۹ تا ۱۳۸۳ برای مدل‌سازی و از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۱ برای اعتبار سنجی استفاده شد. نرم‌افزارهای مورد استفاده Eviews و ITSM می‌باشد. در حالت



کلی، تعداد ۳۵ مدل برای هر ایستگاه مورد آزمون قرار گرفت. در بین مدل‌های مورد بررسی مدلی که معیار آکائیک پایین‌تری داشت برای مدل‌سازی و صحت‌سنجی انتخاب شد. مدل‌های انتخاب شده برای هر ایستگاه در جدول ۳ ارائه شده است. با توجه به این جدول می‌توان مشاهده کرد که به استثنای ایستگاه مراغه، میانه و مرند در سایر ایستگاه‌ها مدل (۱و۰) مدل مناسبی می‌باشد. در ایستگاه مراغه مدل (۳و۰)، در ایستگاه میانه و مرند مدل (۲و۰) خطای پایین‌تری داشتند.

جدول (۳) مدل‌های انتخاب شده ARMA برای بارش نیسان

ایستگاه	مدل	معیار AICC
آذرشهر	ARMA(1,0)	۷۱/۱
خداآفرین	ARMA(1,0)	۷۷/۳
تازه‌کند اهر	ARMA(1,0)	۷۵/۱
تبریز	ARMA(1,0)	۶۹/۴
جلفا	ARMA(1,0)	۷۵/۷
سراب	ARMA(1,0)	۶۹/۹
کوهسالار	ARMA(1,0)	۶۹/۹
مراغه	ARMA(3,0)	۷۰/۵
مرند	ARMA(2,0)	۷۰/۵
میانه	ARMA(2,0)	۷۲/۲

#### یافته‌ها

در جدول ۴ بارش سالانه ایستگاه‌ها به همراه درصد بارش فصل بهار و درصد بارش‌های نیسانی از مجموع بارش سال به‌طور متوسط ملاحظه می‌گردد. بر اساس این جدول در استان آذربایجان شرقی بخش عمده‌ای از بارش سالانه در فصل بهار می‌بارد. بیش‌ترین درصد بارش‌های نیسانی از کل بارش سال متعلق به ایستگاه سراب می‌باشد که معادل ۲۴/۴۸ درصد است. کم‌ترین درصد بارش‌های نیسانی از کل بارش سال نیز با رقم ۱۷/۸ درصد به ایستگاه مراغه اختصاص دارد.

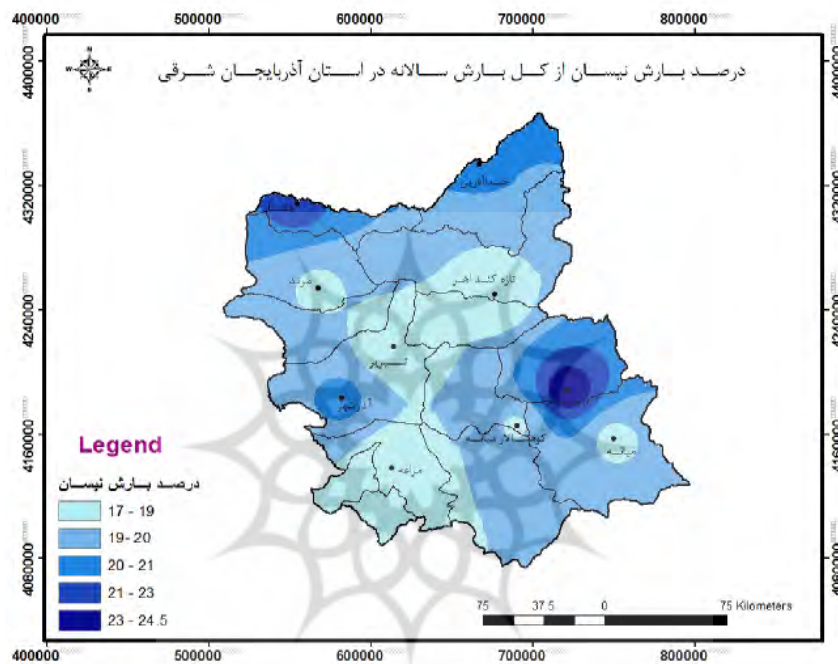
جهت مشخص شدن پراکندگی بارش‌های نیسان در استان آذربایجان شرقی نقشه میانگین سالانه بارش‌های نیسانی با درون‌یابی به روش IDW توسط نرم افزار Arc GIS تهیه گردیده و در شکل ۲ نمایش داده شده است. روش درون‌یابی IDW بر این فرض استوار است که تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش مسافت کاهش می‌یابد؛ به بیانی دیگر پدیده پیوسته در نقاط اندازه‌گیری نشده، بیش‌ترین شباهت را به نزدیک‌ترین نقاط برداشت شده دارد، لذا برای تخمین نقاط مجهول، نمونه‌های اطراف باید مشارکت بیش‌تری نسبت به آن‌هایی که در فاصله دورتر قرار دارند، داشته باشند. بنابراین هر چه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش می‌یابد، لازم است وزن‌ها بر اساس فاصله کاهش یابد، بنابراین فاصله‌ها معکوس می‌شود. از طرف دیگر در این روش می‌توان تأثیر شدت وابستگی مکانی در داده‌ها را با استفاده از توان در معکوس فاصله اعمال نمود.

جدول (۴) درصد بارش‌های فصل بهار و نیسانی از کل بارش سالانه بر حسب میلی‌متر در ایستگاه‌های مورد مطالعه (۱۳۵۹-۱۳۸۸)

نام ایستگاه	بارش سالانه	درصد بارش‌های فصل بهار	درصد بارش‌های نیسانی
تبریز	۲۱۱/۸۳	۴۰/۲۸	۱۸
تازه کند اهر	۲۲۱	۴۱/۷۴	۱۷/۸۴
سراب	۱۸۹/۲۲	۴۵/۵	۲۴/۴۸
میانه	۳۰۰	۳۷	۱۸/۷۰
مرند	۲۴۳	۴۱/۱۳	۱۸/۸
مراغه	۳۱۲	۳۸/۶۶	۱۷/۸
کوهسالار میانه	۳۳۶	۴۰	۱۹
خدافرین	۳۱۲	۴۳/۳۶	۲۰/۶
جلفا	۱۸۲/۷۶	۴۹	۲۲/۵
آذرشهر	۲۳۲	۴۴/۲	۲۱

مطابق شکل ۲، بیشینه بارش نیسان به ایستگاه‌های سراب، جلفا، آذرشهر و خداآفرین و کم‌ترین میزان بارش نیسانی نیز به ایستگاه‌های مراغه، تبریز، مرند و تازه‌کند اهر تعلق دارد. علی‌رغم بالا بودن بارش سالانه در ایستگاه کوهسالار میانه، سهم بارش‌های نیسانی در این

ایستگاه کم است. این بدین دلیل است که بخش بیش‌تری از بارش این ایستگاه در فصل زمستان می‌بارد.



شکل (۲) پراکنندگی میانگین بارش نیسان در منطقه مورد مطالعه در طی دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۵۹

برای کلیه سری‌های زمانی مورد مطالعه، در ابتدا آماره‌های دو آزمون من-کندال و Sen's Estimator محاسبه گردید. سپس معنی‌داری این آماره‌ها در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ مورد آزمون قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۵ درج شده است. با بررسی مقادیر مندرج در جدول مذکور مشخص گردید که در بین سری داده‌های مورد بررسی، بر اساس آزمون ناپارامتریک من-کندال به غیر از ایستگاه میانه که دارای روند کاهشی است، بقیه ایستگاه‌ها روند افزایشی داشته‌اند. اما به استثنای ایستگاه آذرشهر که در سطح ۹۵٪ روند معنی‌داری را تجربه نموده، روند هیچ یک از ایستگاه‌ها معنی‌دار نمی‌باشند. نتایج آزمون

Sen's Estimator، نیز مشابه نتایج آزمون من-کندال است. بر اساس این آزمون هیچ یک از ایستگاه‌ها روند منفی یا مثبت معنی‌داری را در سری داده‌های بارش‌های نیسانی تجربه ننموده‌اند؛ چرا که هیچ کدام از ارقام به‌دست آمده بیش از مقدار  $\alpha$  در سطوح ۹۵٪ و ۹۹٪ نمی‌باشد.

جدول (۵) آماره Z و Qmed برای بارش‌های نیسانی منطقه

نام ایستگاه	Z	Qmed
تبریز	۱/۳۹	۰/۵۹
تازه کند اهر	۰/۳۶	۰/۱۵
سراب	۱/۶۹	۰/۸۷
میانه	-۰/۰۷	-۰/۰۸
مرند	۱/۳۹	۰/۵۸
مراغه	۰/۹۱	۰/۵۳
کوهسالار میانه	۱/۳۷	۰/۹۵
خدافرین	۱/۷۶	۱/۰۸
جلفا	۱/۴۳	۰/۵۱
آذرشهر	۲/۱۳*	۱/۴۶

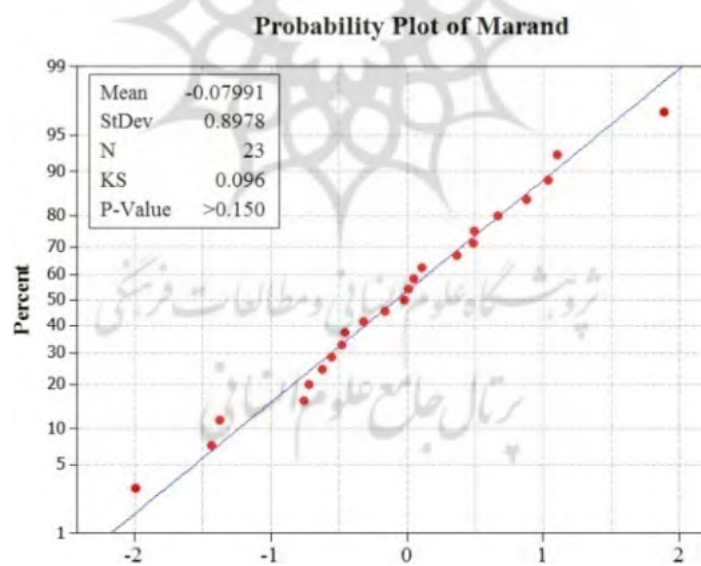
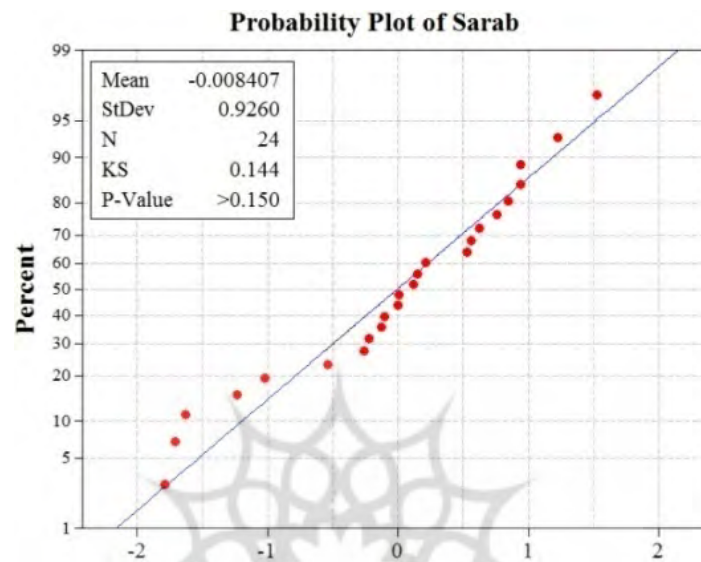
به‌منظور پیش‌بینی بارش‌های نیسانی در سال‌های آتی، از مدل ARMA استفاده گردید. یک مدل در شرایطی می‌تواند ارتباط منطقی بین متغیرها ایجاد کند که علاوه بر بالا بودن ضریب تعیین ( $R^2$ )، ۱- باقیمانده‌های مدل (خطاها) دارای توزیع نرمال با میانگین خطای (MAE) <sup>۱۰</sup> صفر باشد ۲- مانده‌ها دارای واریانس یکسان باشند و ۳- باقیمانده‌های مدل دو به دو ناهمبسته (مستقل) باشند (قاسمی دستگردی، ۱۳۹۱: ۳۶). جهت بررسی نرمال بودن مانده‌ها روش‌های متعدد آماری و گرافیکی وجود دارد. در این تحقیق نرمال بودن مانده‌های مدل با استفاده از نمودار احتمال باقیمانده‌های استاندارد که در محیط نرم‌افزار مینی‌تب ترسیم شد مورد آزمون قرار گرفت و انطباق آن با یک خط مستقیم یا آزمون نکویی برازش کلموگروف اسمیرنوف بررسی گردید. به‌عنوان نمونه نتایج آزمون نرمال بودن داده‌ها برای

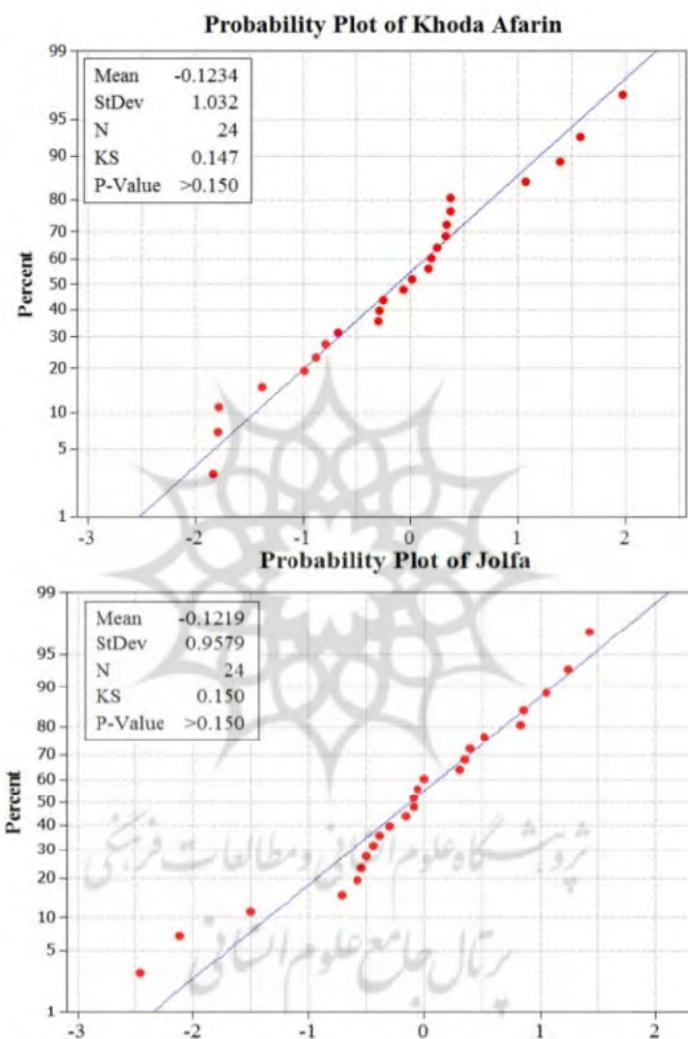
10- Mean Absolute Error

ایستگاه‌های سراب، مرند، جلفا و خداآفرین در شکل ۳ ارائه شده است. باقیمانده‌های مدل در همه ایستگاه‌ها معنی‌دار می‌باشد به دلیل این که مقدار P-Value در کلیه ایستگاه‌ها بزرگ‌تر از مقدار آلفا در سطح معنی‌داری ۰/۰۱ درصد می‌باشد. طبق نتایج به‌دست آمده، از مدل‌های ارائه شده می‌توان برای پیش‌بینی بارش‌های نیسان استفاده کرد. علاوه بر آزمون نرمال بودن مانده‌های مدل، صحت و کارایی هر مدل را می‌توان با معیارهایی مانند ضریب همبستگی، ضریب تعیین و مجذور اختلاف مربعات ریشه بررسی کرد. نتیجه بررسی صحت مدل‌های انتخاب شده برای هر ایستگاه در جدول ۶ ارائه شده است. پایین‌ترین خطا متعلق به ایستگاه خداآفرین می‌باشد.

جدول (۶) مقادیر مجذور اختلاف مربعات ریشه (RMSE) مدل‌های ARMA برازش یافته بارش‌های اردیبهشت ماه

ایستگاه	RMSE
آذرشهر	۴۴
خداآفرین	۲۶/۳
تازه‌کند اهر	۵۱/۴
تبریز	۴۴
جلفا	۴۲/۴
سراب	۴۰/۹
کوهسالار	۴۴/۲
مراغه	۶۳
مرند	۶۸/۳
میانه	۴۵/۴





شکل (۳) نمودار احتمال نرمال باقیمانده‌های مدل‌های مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه

مدل نهایی برای محاسبه بارش نیسان در سال‌های آتی برای هر یک از ایستگاه‌ها به

شرح زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned}
 x_t &= -0.03531x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه جلفا} \\
 x_t &= 0.2504x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه آذرشهر} \\
 x_t &= -0.2372x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه خداآفرین} \\
 x_t &= 0.1262x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه سراب} \\
 x_t &= 0.08900x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه تبریز} \\
 x_t &= 0.1209x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه تازه کند اهر} \\
 x_t &= 0.2534x(t-1) + z(t) && \text{ایستگاه کوهسالار میانه} \\
 x_t &= -0.6287x(t-1) + 0.1161x(t-2) - 0.4713x(t-3) + z(t) && \text{ایستگاه مراغه} \\
 x_t &= -0.03460x(t-1) + 0.4084x(t-2) + z(t) && \text{ایستگاه میانه} \\
 x_t &= -0.05119x(t-1) + 0.3188x(t-2) + z(t) && \text{ایستگاه مرند}
 \end{aligned}$$

مطابق جدول ۷ بالاترین مجموع بارش نیسان در ۱۰ سال مورد پیش‌بینی به ایستگاه‌های کوهسالار میانه، مراغه و خداآفرین و کم‌ترین مجموع بارش نیسان به ایستگاه‌های جلفا و مرند تعلق دارد. در ۱۰ سال مورد پیش‌بینی کم‌ترین بارش نیسان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۱ دریافت خواهد شد. توجه به این مساله به منظور برنامه‌ریزی بهتر در زمینه کشاورزی، اقتصادی و زیست محیطی امری مهم محسوب می‌شود.

جدول (۷) بارش پیش‌بینی شده برای ایستگاه‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل ARMA

سال	جلفا	آذرشهر	خداآفرین	مراغه	میانه	سراب	تبریز	تازه‌کند اهر	کوهسالار	مرند
۱۳۹۲	۶۹/۹۲	۸۴	۹۵/۰۶	۱۰۸/۷۱	۸۰/۴۲	۷۸/۳۸	۸۲/۶	۹۵/۴	۱۱۰	۸۱/۳
۱۳۹۳	۶۷/۰۳	۸۱/۶۰	۹۱/۹۶	۱۰۴/۳۸	۷۷/۸۳	۷۶/۱۲	۷۹/۱	۹۰/۹	۱۰۷	۷۷/۵
۱۳۹۴	۸۸/۹۵	۹۸/۴۳	۱۱۴/۱۴	۱۳۶/۹۸	۹۶/۶۶	۹۱/۸۹	۱۰۵/۴	۱۲۴/۸	۱۳۱	۱۰۶
۱۳۹۵	۳/۴۶	۰	۰	۴/۲۷	۴/۷۵	۰	۵/۳	۰	۰	۰/۶
۱۳۹۶	۲۸/۵۵	۴۱/۰۶	۴۲/۲۱	۴۵/۱۸	۳۸/۸۰	۳۷/۴	۳۳/۸	۳۱/۸	۵۳	۲۹/۶
۱۳۹۷	۶۳/۳۷	۷۸/۴۶	۸۷/۹۲	۹۸/۸۶	۷۴/۴۹	۷۳/۱	۷۴/۸	۸۵/۳	۱۰۲/۸	۷۲/۹
۱۳۹۸	۱۴/۹۰	۱۹/۷۶	۱۸/۲۴	۲۳/۲۷	۲۱/۷۳	۱۶/۶	۱۸/۲	۱۰/۹	۲۷/۱	۱۳/۵
۱۳۹۹	۲۰/۶۰	۲۹/۴۲	۲۸/۹	۳۲/۵	۲۹	۲۶/۱	۲۴/۷	۱۹/۶۵	۳۸/۶	۲۰/۱
۱۴۰۰	۷/۹۲	۵/۸۲	۳/۳۹	۱۱/۷	۱۱/۷	۲/۸	۱۰/۳۴	۰/۳	۱۱/۱	۵/۵
۱۴۰۱	۶/۴	۲/۳۶	۰	۹/۲۲	۹/۴	۰	۸/۶	۰	۷/۲	۳/۸



## بحث و نتیجه‌گیری

روند بارش‌های نیسان استان آذربایجان شرقی در طی دوره آماری ۱۳۵۹ تا ۱۳۹۱ با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری تجزیه و تحلیل شد و تغییرات آن در سال‌های آتی با مدل سری‌های زمانی ARMA پیش‌بینی گردید. طبق نتایج به‌دست آمده کارایی دو روش من-کندال و Sen's Estimator در تحلیل روند بارش‌های نیسانی استان آذربایجان شرقی شبیه به هم بوده است و به کارگیری این دو آزمون منجر به حصول نتایج تقریباً مشابهی گردید. هر دو آزمون در ایستگاه میانه روند نزولی و در بقیه ایستگاه‌ها روند صعودی را نشان دادند. تنها تفاوت در ایستگاه آذرشهر می‌باشد. به طوریکه بر اساس روش من-کندال در ایستگاه آذرشهر روند صعودی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵٪ مشاهده شد، ولی بر اساس روش Sen's Estimator روند معنی‌دار نبوده است. در تمام موارد، ارقام حاصل از آماره من-کندال بزرگ‌تر از آماره Sen's Estimator می‌باشد.

شناخت و توصیف کمی هر فرایند محیطی و سپس پیش‌بینی و تخمین رفتار آن در زمان یا مکان نیازمند در اختیار داشتن یک الگو و مدل از آن فرآیند است یکی از روش‌های دستیابی به هدف مدل‌سازی استفاده از الگوی سری زمانی می‌باشد. در استان آذربایجان شرقی، بیشینه بارش فصل بهار در ماه نیسان حادث می‌شود. هرگونه تغییر در میزان بارش این ماه می‌تواند موجب ایجاد خسارات فراوان شود. به منظور پیش‌بینی بارش‌های نیسانی در استان آذربایجان شرقی از مدل ARMA استفاده شد. با برآزش مدل‌های مختلف ARMA بر سری‌های زمانی مورد مطالعه، به استثنای ایستگاه مراغه، میانه و مرند در سایر ایستگاه‌ها مدل (۱و۰) مدل مناسبی تشخیص داده شد. در ایستگاه مراغه مدل (۳و۰)، در ایستگاه میانه و مرند مدل (۲و۰) خطای پایین‌تری داشتند. در نهایت با استفاده از این مدل‌ها پیش‌بینی بارش برای سال‌های آتی انجام گرفت. نتایج پیش‌بینی نشان داد که میزان بارش‌های نیسان در اواخر دهه پیش‌بینی به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. مطالعه ضرغامی و همکاران در بررسی تغییر اقلیم و اثرات آن بر رواناب حوضه‌های آبریز منتخب استان آذربایجان شرقی نیز بیانگر کاهش بارش ماه نیسان در سال‌های آتی می‌باشد. از جمله تهدیدات ناشی از کاهش بارش‌های نیسان کاهش تغذیه منابع آب زیرزمینی، کاهش

منابع آب سطحی، آسیب‌پذیری کشت دیم با توجه به اینکه کاهش رطوبت در ماه نپسان سبب کاهش جذب مواد غذایی و در نهایت کاهش تعداد و وزن دانه‌ها می‌شود، کاهش تولیدات علوفه‌ای و به تبع آن کاهش تولیدات دامی و مشکلات زیست محیطی خواهد بود. لذا مساله کاهش بارش نپسان را باید موضوعی مهم و درخور توجه قلمداد نموده و با آن به صورت دقیق و علمی و نه انتفاعی برخورد نمود تا در صورت وقوع بحران بتوان با کم‌ترین صدمات و خسارات زیست محیطی و اقتصادی از آن عبور نمود. از جمله اقدامات پیشگیرانه تغییر نوع محصولات دیمی و انتخاب گونه‌های مقاوم به خشکی، اجرای برنامه‌های مدون آب‌خیزداری جهت کمک به تغذیه منابع آب زیرزمینی می‌باشد.



## منابع

- ۱- بنی‌واهب، علیرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۲)، «بررسی خشکسالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند با استفاده از مدل‌های آماری»، *مجله پژوهش‌های جغرافیایی*، دوره ۳۷، شماره ۱.
- ۲- ترابی، سیما (۱۳۸۰)، «بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران»، رساله دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- ۳- جلالی، اروج و سیامک خنجر (۱۳۸۸)، «بررسی نوسانات دمایی با استفاده از مدل سری‌های زمانی و توزیع احتمالاتی مطالعه موردی شهرستان کرمانشاه»، *مجله فضای جغرافیایی*، شماره ۲۷.
- ۴- حجام، س.؛ خوشخو، ی. و شمس‌الدین وندی، ر. (۱۳۸۷)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۶۴.
- ۵- خلیلی، ع. و بذرافشان، ج. (۱۳۸۳)، «تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته»، *بیابان*، شماره ۱، جلد نهم.
- ۶- رمضانی، نبی‌ا... (۱۳۸۰)، «تحلیل و پیش‌بینی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های استان مازندران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم.
- ۷- شهبافر، علیرضا و همکاران (۱۳۸۰)، «ارزیابی و روش‌های نیکوئی برازش توابع توزیع‌های آماری و استفاده از سری‌های زمانی جهت پیش‌بینی بارندگی سالانه شهر مشهد»، *مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای و مقابله با بحران آب*، دانشگاه زابل، جلد سوم.
- ۸- ضرغامی، م؛ حسن‌زاده، ی. (۱۳۹۰)، «مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر رواناب حوضه‌های منتخب استان آذربایجان شرقی»، *طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی*.

- ۹- قاسمی دستگردی، احمدرضا (۱۳۹۱)، «مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی پوشش ابری با تأکید بر روزهای بارش در ایران»، رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
- ۱۰- کاویانی، م. و عساکره، ح. (۱۳۸۲)، «بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان»، سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، اصفهان.
- ۱۱- کتیرایی بروجردی، پ.، حجام، س. و ایران نژاد، پ. (۱۳۸۴)، «بررسی روند تغییرات بارندگی در ایران طی دوره ۱۹۶۰ الی ۲۰۰۱»، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
- ۱۲- کمالی، غلامعلی (۱۳۷۵)، «تغییرات شدید بارندگی در نقاط مختلف کشور در ده سال اخیر»، اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران.
- ۱۳- مشکاتی، محمدرضا (۱۳۷۱)، «تحلیل سری‌های زمانی پیش‌بینی و کنترل»، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
- ۱۴- نیرومند، حسینعلی (۱۳۸۸)، «تحلیل آماری چندمتغیره کاربردی»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 15- Box, G.E.P.; Jenkins, G.M.; Reinsel, G.C. (1994), "*Time Series Analysis: Forecasting and Control 3<sup>rd</sup> Edition*", San Francisco, Holden Day.
- 16- Currie, R.G. (1989), "Comments on power spectra and Coherence of Drought in the Interior Plains", *International Journal of Climatology*, 9: 91-100.
- 17- Gangully, A.R. (2002), "Forecasting Rainfall and Floods", *Advances and Way Orward*, P.32.
- 18- Kendall, M.G. (1975), "*Rank Correlation Methods*," Charles Griffin, London.
- 19- Hamed, K.H. (2008), "Trend Detection in Hydrologic Data: The Mann-Kendall Trend Test under the Scaling Hypothesis", *Journal of Hydrology*, 349: 350-363.

- 20- Kumar S.; Merwade V.; Kam J; Thurner, K. (2009), "Streamflow Trends in Indiana: Effects of Long Term Persistence Precipitation and Subsurface Drains", *Journal of Hydrology*, 374:171-183.
- 21- Mourato, S.; Moreira, M.; Corte-Real, J. (2009), "International Variability of Precipitation Distribution in Southern Portugal", *International Journal of Climatology*, 30: 1784-1794.
- 22- Partal, P.; Kahya, E. (2006), "Trend Analysis in Turkish Precipitation Data", *Hydrological Processes* 20: 2011-2026.
- 23- Serrano, A.; Mateos, V.L.; Garcia, J.A., (1999), "Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *Phys*", *Chem. Earth(B)*, VOL.24, No. 1-2: 85-90.
- 24- Tabari, H.; Hosseinzadeh Talaei, P. (2011), "Temporal Variability of Precipitation over Iran: 1966-2005", *Journal of Hydrology*, 396: 313-320.
- 25- Zhang, Q.; Xu, C.Y.; Zhang, Z.; Chen, Y.D.; Liu, C.L. (2009), "Spatial and Temporal Variability of Precipitation over China, 1951-2005", *Theoretical and Applied Climatology* 95: 53-68.