



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر  
فصلنامه علمی فضای جغرافیایی

سال بیست و یکم، شماره ۷۴  
تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۳۳-۴۹

فریدون آزاد غلامی خسمخی<sup>۱</sup>  
\* پرویز رضائی<sup>۲</sup>  
امیر گندمکار<sup>۳</sup>

## تحلیل روند رخداد بارش‌های شدید در حوضه تالش-تالاب انزلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۵

### چکیده

بارش‌های شدید از جمله رفتارهای مخاطره‌آمیز اقلیمی هستند که با ناهنجاری‌ها و پیامدهای محیطی-انسانی همراه است. در این تحقیق بارش روزانه  $\geq 30$  میلی‌متر ۲۰ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۶) در غرب استان گیلان جهت تعیین روند تغییرات بارش‌های شدید مورد مطالعه قرار گرفته است. در این راستا برای تعیین وجود روند از آزمون غیرپارامتریک من-کندال و معنی‌داری آن از روش سن و همچنین از توزیع پواسون برای تعیین احتمال رخداد بارش  $\geq 30$  و روش میانبایی IDW جهت شناسایی الگوهای مکانی رخداد بارش با احتمالات مختلف استفاده شده است. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های آستانه، انزلی، ماسوله و آستارا دارای روند افزایشی و باش‌محله دارای روند کاهشی شدید با روش من-کندال هستند. بررسی معنی‌داری یا عدم معنی‌داری روند تغییرات به روش سن نشان داد، روند در سه ایستگاه ماشین‌خانه، باش‌محله و پونل معنی‌دار بوده و فرض صفر مبنی بر عدم معنی‌داری تغییر رد گردید. با استفاده از روش سن معلوم شد در سایر ایستگاه‌ها تغییرات معنی‌دار وجود نداشته و تصادفی بودن آن‌ها تایید می‌گردد. در همین راستا توزیع فضایی احتمال  $p(x=0)$  تا

E-mail: Rezaei@iaurasht.ac.ir

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

\*۲- گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران. (نویسنده مسئول).

۳- گروه اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

$p(x = n)$  نشان از جابجایی هسته احتمال برای  $x$  های مختلف است. بیشینه احتمال برای رخدادهای مختلف در ایستگاه ماسوله اتفاق افتاده است و توزیع پواسون ارزیابی مناسبی از رخدادهای بارش این ناحیه دارد.

**کلید واژه‌ها:** بارش شدید، من-کندال، پواسون، حوضه تالش-تالاب انزلی، استان گیلان.

#### مقدمه

بارندگی از متغیرترین پارامترهای اقلیمی در هر منطقه آب و هوایی است که کاهش درازمدت آن می‌تواند خشکسالی و ریزش شدید و طولانی مدت آن می‌تواند سیل را به‌وجود آورد؛ بنابراین تاثیرپذیری پدیده‌های سیل و خشکسالی از شرایط آب و هوایی کاملاً مشخص بوده و با تغییر در مشخصات بارندگی (از قبیل مقدار، شدت و یا زمان بارندگی)، خصوصیات سیل و یا شدت و مدت خشکسالی تغییر خواهد کرد. از طرف دیگر نه تنها خصوصیات بارندگی می‌تواند، بر خصوصیات سیل و یا آبدهی یک رودخانه موثر باشد، بلکه سایر عوامل اقلیمی نیز می‌توانند، در خصوصیات سیل و آبدهی یک رودخانه موثر باشند (Alizadeh, 2008: 311). در زمینه بارش‌های شدید مطالعات متعدد با رویکردهای مختلف (همدید، آماری و...) در کشور و جهان انجام شده که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. Yue & Hashino (2007) در تعیین توزیع احتمال سالانه، فصلی و ماهانه بارش ژاپن معتقدند توزیع لوگ پیرسون تیپ III، توزیع لوگ‌نرمال سه فراسنجی و پیرسون تیپ III به‌عنوان بهترین مدل در سه مقیاس زمانی هستند. Amin et al (2016: 432- 440) با بررسی بهترین توزیع احتمال بارش در مناطق شمالی پاکستان به این نتیجه رسیدند که توزیع نرمال بهترین توزیع احتمال در ایستگاه باران‌سنجی ماردان<sup>۴</sup> است و توزیع لگاریتم پیرسون III به-عنوان بهترین توزیع احتمال در سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی انتخاب گردید (Wang & Li chi (2016: 137-146) با آنالیز مکانی و زمانی روند بارندگی حوضه رودخانه مکنگ<sup>۵</sup> در چین در شرایط تغییر اقلیم نتیجه گرفتند که بارش سالانه در مناطق شمالی حوضه افزایش و در مناطق جنوبی کاهش یافته است. Fusek et a (2016: 234-247) با مقایسه منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی گذشته و به روز ۶ ایستگاه هیدرومتئورولوژی کشور چک با استفاده از توزیع مقادیر حد نشان دادند تفاوت معنی‌داری بین دو مجموعه از داده‌ها وجود دارد. Barkotulla (2017: 248-253) در تجزیه و تحلیل برآورد احتمال بارش‌های فرین سالانه نواگان<sup>۶</sup> بنگلادش به این نتیجه رسیده است که توزیع پیرسون نوع III، مناسب‌ترین توزیع احتمال حداکثر بارش یک روزه سالانه است. Soe et al (2017) در تحلیل فراوانی بارش شدید کره جنوبی با استفاده از برآوردگر حداقل و اگرایی قدرت تراکم<sup>۷</sup> و مقادیر حد تعمیم‌یافته نشان دادند برآوردگر حداکثر درست‌نمایی نسبت به برآوردگر بالا از حساسیت بیشتری جهت تخمین باران طرح برخوردار است و فراوانی و شدت بارش در دو دهه گذشته در این کشور افزایش یافته است. علاوه بر تخمین توزیع احتمال فراوانی وقوع بارش، بررسی روند تغییرات سالانه نیز از اهمیت زیادی در مباحث اقلیمی و هیدرولوژیک

4- Mardan

5- Mekong

6- Naogaon

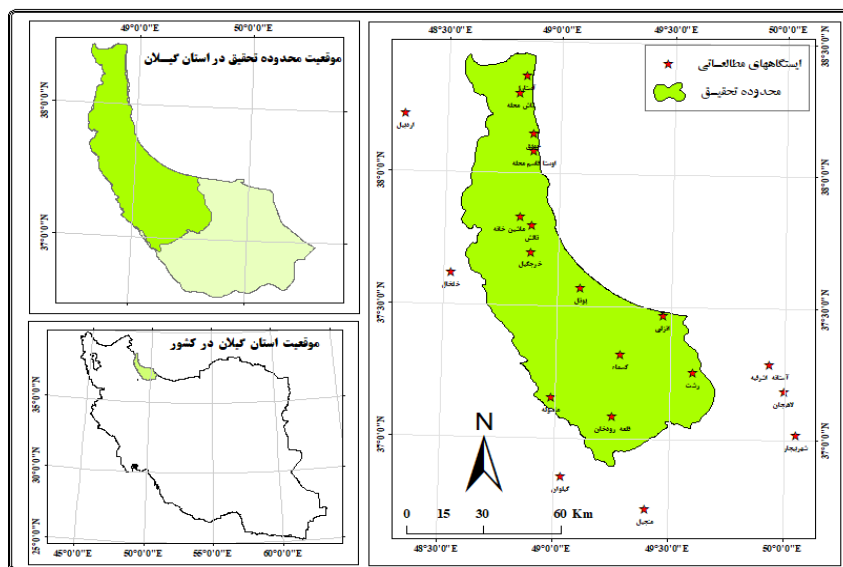
7- Minimum density power divergence estimator

برخوردار است. (Mohammadi (2011) با تحلیل روند بارش سالانه ایران به این نتیجه رسید که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران روند افزایشی یا کاهشی معنی‌داری در سطوح اطمینان ۹۹ و ۹۵٪ وجود ندارد. با این حال میانگین ایستگاهی بارش ایران به طور متوسط در هر سال در حدود ۰/۶۴ میلی‌متر و میانگین یاخته‌ای بارش ایران نیز در حدود ۰/۵ میلی‌متر کاهش یافته است. (Farsadnya et al (2012: 60-70) با بررسی روند بارندگی استان مازندران با روش من-کندال نشان دادند که اگر استان مازندران یک منطقه واحد در نظر گرفته شود، هیچ روندی در سری زمانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سطح معنی‌داری ۵٪ مشاهده نمی‌شود؛ اما اگر با استفاده از تحلیل خوشه‌ای فازی استان مازندران به نواحی هیدرولوژیکی تقسیم گردد، مشاهده می‌شود که در قسمت غربی استان مازندران روند معنی‌داری در سطح ۵٪ وجود دارد. (Bahak (2013: 67-7) احتمال تغییر اقلیم ایستگاه کرمان با روش من-کندال را بررسی و نتیجه گرفت که زمان شروع بیش‌تر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان است. میزان تغییرات بارش در ماه‌های گرم چشم‌گیرتر است، در حالی که میانگین، حداقل و حداکثر درجه حرارت در ماه‌های آوریل، نوامبر و دسامبر بیش‌تر و چشم‌گیرتر بوده و در سایر ماه‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای مشاهده نمی‌شود. (Khoshroh et al (2015: 7-24) با مطالعه روند تغییرات دمای شبانه در ایران مرکزی به روش ناپارامتری من-کندال به این نتیجه رسیدند که زمان شروع بیش‌تر تغییرات ناگهانی و از هر دو نوع روند و نوسان بوده است. در تمام ایستگاه‌ها روند دمای شبانه مثبت ارزیابی شده است و حاکی از گرم‌شدن دمای شبانه در طول دوره بوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که درصد تغییرات فصل زمستان با تابستان و بهار با پاییز دقیقاً با هم برابر بوده است ولی زمان شروع تغییرات در ایستگاه‌های منطقه یکسان نیست. (Akbari & Nodehdi (2015: 141-150) با بررسی روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان به این نتیجه رسیده‌اند که در دوره مورد مطالعه بارش در مقیاس سالانه در اکثر ایستگاه‌ها فاقد روند (ایستا) بوده است اما در فصل تابستان در بیش‌تر ایستگاه‌ها، مقدار بارش روندی کاهشی داشته و تعداد روزهای با بارش سنگین روندی افزایشی داشته است؛ بنابراین با توجه به وضعیت خشکسالی در کشور پیش‌بینی می‌شود، توام با تغییرات رژیم بارش منطقه، در آینده سیلاب‌های تابستانه در سطح استان گلستان تشدید شود. (Mohammadi et al (2017: 21-37) روند شاخص‌های حدی بارش روزانه در ایران را بررسی و نشان دادند که در دوره مورد مطالعه همه شاخص‌های حدی بارش در ایران دارای تغییر و روند است. در بیش‌تر ایستگاه‌ها، بارش سالانه کاهش (شامل حدود ۹۲٪ از ایستگاه‌ها) و تعداد روزهای خشک (CDD) افزایش یافته است (شامل حدود ۷۲٪ از ایستگاه‌ها) و فقط در برخی از ایستگاه‌ها در نواحی مرکزی و دامنه‌های زاگرس تعداد روزهای خشک روند کاهشی دارد. از نظر بارش‌های سنگین و نیمه سنگین و همچنین روزهای مرطوب و فوق‌العاده مرطوب، سهم تغییرات در ایستگاه‌های واقع در سواحل شمال و جنوب بیش‌تر است. (Mehrofnejad & Ghassemi (2017: 149-166) با بررسی روند تغییرات دما در چهار شهرستان استان چهارمحال و بختیاری به روش من-کندال نشان دادند که ماه مارس با ۱۰۰٪ روند، بیش‌ترین تغییر و ماه دسامبر با ۸۵٪ بدون روند، کم‌ترین تغییر را نشان می‌دهد. همچنین در فصل زمستان روند منفی با ۳۰٪، در فصل بهار تغییر ناگهانی افزایشی با ۵۵٪، در فصل تابستان روند مثبت با ۳۵٪، فصل پاییز بدون روند با ۵۵٪ و در تغییرات سالانه تغییر ناگهانی افزایشی با ۳۵٪ مشاهده

می‌شود. (Rezaei et al (2018) معتقدند شناسایی الگوهای هم‌دید به پیش‌بینی زمانی و مکانی بارش کمک کرده و احتمال وقوع الگوها و مقدار بارش همراه آن‌ها به‌عنوان منبع تامین آب کشاورزی بسیار با اهمیت است. بررسی رخداد الگوهای بارشی مردادماه در جنوب‌غربی دریای خزر با توزیع پواسون و مقدار بارش با توزیع نرمال دو فراسنجی در دوره برگشت‌های مختلف نشان داد، ۸ الگوی پرفشار اروپایی، اسکاندیناوی، دریای سیاه، شمالگان، کم‌فشار و پرفشار مدیترانه، پرفشار جنوب فنلاند و خزری به‌ترتیب با ۲۳/۵۲، ۱۹/۶، ۱۹/۶، ۱۷/۶۶، ۷/۸۴، ۷/۸۴، ۱/۹۶ و ۱/۹۶ درصد عامل بارش‌های این ماه هستند. همچنین رخداد الگوها دارای بی‌نظمی زمانی بوده و چهار الگوی اول از احتمال وقوع بالاتری نسبت به سایر الگوها برخوردارند. داده‌های هواشناسی کشور نشان می‌دهد که استان گیلان بیش از هر استان دیگر کشور در سال بارش دریافت می‌کند و بخشی از این بارش‌ها شدید و رگباری است. بر این اساس بررسی این پدیده و مدیریت آن در راستای کاهش آسیب‌های ناشی از تکرار و شدت وقوع آن به‌عنوان یک مسئله قابل بررسی و در جای خود دارای ارزش است؛ اما چرا چنین حوادثی به دفعات تکرار و میزان خسارت و تلفات آن روند صعودی دارد؟ به نظر می‌آید که در برنامه‌ریزی‌ها و فعالیت‌های عمرانی استان به این مسئله چنان که باید پرداخته نشده است و یا اینکه اگر مسئله طرح شده به‌طور جدی به آن اهمیت داده نشده است. از این‌رو در اکثر موارد در رودخانه‌های آن سیل به راه می‌افتد و مشکلاتی را ایجاد می‌کند (Flood Containment in Gilan province, 2000). این مقاله سعی دارد تا روند بارش‌های شدید سالانه حوضه تالش، تالاب انزلی را شناسایی نموده و میزان تاثیر این بارش‌ها را در ایستگاه‌های مستقر در حوضه مورد بررسی و ارزیابی قرار داده و روابط حاکم در وقوع بارش‌های شدید را شناسایی و بر اساس آن راهکارهای لازم را به برنامه‌ریزان و مدیران مرتبط ارائه کند. در این تحقیق روند تغییرات ۳۰ ساله حوضه تالش و تالاب انزلی با روش من-کندال بررسی و همچنین توزیع احتمال وقوع بارش‌های شدید ( $>30$ ) با توابع گسسته مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در همین راستا به‌کارگیری توابع احتمال گسسته با رویکرد احتمال رخداد بارش بیش‌تر و مساوی مقدار معین و توزیع احتمال در فضای جغرافیایی نتایج مطلوبی را به‌دست خواهد داد.

محدوده مورد پژوهش

حوضه تالش-تالاب انزلی در غرب استان گیلان و جنوب جمهوری آذربایجان واقع بوده و از آستاراچای تا مرز حوضه سفیدرود در مرکز استان گیلان ادامه دارد. مساحت این حوضه ۸۶/۶۸ کیلومتر مربع است (شکل ۱). این حوضه حدود ۴۰ زیرحوضه هیدرولوژیکی و غیرهیدرولوژیکی را در خود جای داده که سرشاخه‌های اکثر آن‌ها در استان گیلان بوده و سرشاخه چند زیرحوضه آن از ارتفاعات استان اردبیل و زنجان منشأ می‌گیرد. برخی از شبکه آب‌های سطحی این حوضه‌ها، مستقیماً به دریای خزر و برخی دیگر در ابتدا به تالاب انزلی و در نهایت به دریای خزر می‌ریزند.



شکل ۱: موقعیت حوضه تالش- تالاب انزلی و ایستگاه‌های منتخب

Figure 1: Location of Tالش Basin-Anzali lagoon and selected stations

در این پژوهش بارش ۳۰ ساله (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶) ایستگاه‌های همدید، کلیماتولوژی و باران‌سنجی استان که از توزیع مکانی نسبتاً خوبی برخوردار بودند از سازمان هواشناسی و سازمان آب استان دریافت گردید. سپس بارش‌های مساوی و بیش از ۳۰ میلی‌متر (>۳۰) با استفاده از گزینه فیلتر کردن در محیط صفحه گسترده Excel به ترتیب ماهانه، فصلی و سالانه جدا گردید. در این راستا با استفاده از نرم‌افزار Spss، فراوانی رخداد بارش‌ها شمارش و برای تحلیل روند آماده گردید.

#### مواد و روش‌ها

روش من-کندال ابتدا توسط من (Mann, 1945) ارائه و سپس توسط کندال (Kendall, 1970) بسط و توسعه یافت. فرض صفر آزمون من-کندال بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دلالت بر وجود روند در سری داده‌ها است. در این روش ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات پس از آن محاسبه شده و پارامتر S مطابق رابطه زیر به دست می‌آید.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که n تعداد مشاهدات سری، و  $x_k$  و  $x_j$  به ترتیب داده‌های زام و kام سری می‌باشند. تابع علامت sgn نیز به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$\begin{cases} \text{sgn}(x_j - x_k) = +1 & \text{for } (x_j - x_k) > 0 \\ \text{sgn}(x_j - x_k) = 0 & \text{for } (x_j - x_k) = 0 \\ \text{sgn}(x_j - x_k) = -1 & \text{for } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در مرحله بعد محاسبه واریانس  $S$  توسط یکی از روابط زیر محاسبه شد:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad \text{for } n > 10 \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{for } n < 10 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که  $n$  و  $m$  معرف تعداد دنباله‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد.  $t$  نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان در یک دنباله (تعداد گره‌ها) می‌باشد. در نهایت نیز آماره  $Z$  به کمک یکی از روابط زیر استخراج می‌شود:

$$z = \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S > 0 \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$z = 0 \quad \text{for } S = 0 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$z = \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} \quad \text{for } S < 0 \quad \text{رابطه (۷)}$$

با فرض دو دامنه آزمون روند، فرضیه صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که شرط زیر برقرار باشد:

$$|Z| < Z_{\alpha/2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون،  $\alpha/2$  استفاده شده است. در بررسی حاضر این آزمون برای سطوح اعتماد ۹۵٪ و ۹۹٪ به کار گرفته شده است. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (Mann, 1945 & Kendall, 1970). اگر روند در سری داده‌ها وجود داشته باشد، شیب تغییر در واحد زمان با استفاده از روش ناپارامتری شیب سن برآورد می‌گردد. ابتدا باید شیب هر جفت داده متوالی سری از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{j - k} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \quad \text{رابطه (۹)}$$

که در این رابطه  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب مقادیر داده‌ها در زمان‌های  $j$  و  $k$  است که با هم یک واحد زمانی اختلاف دارند.  $Q_i$  مقدار میانه  $n$  برآورد شده شیب نمودار سن است. اگر  $n$  فرد باشد، برآورد کننده شیب سن به این صورت محاسبه می‌شود.

$$Q_{\text{med}} = Q_{(n+1)/2} \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

و اگر  $n$  زوج باشد، برآورد کننده شیب سن از این رابطه به دست می‌آید.

$$Q_{med} = \frac{1}{2}(Q_{(n/2)} + Q_{(n+2)/2}) \quad \text{رابطه (۱۱)}$$

نتیجه حاصل از این معادلات، به دست آمدن شیب خط روند است اگر شیب خط روند مثبت باشد حاکی از صعودی بودن روند و اگر منفی باشد دال بر نزولی بودن روند است. مرحله بعد نیز آزمون نمودن شیب به دست آمده در فاصله اطمینان ۹۵ و ۹۹٪ است. اگر مقدار  $Q_{med}$  با آزمون دوطرفه در سطح اطمینان  $\% (1-a) \cdot 100$  بررسی شود معنی‌داری یا عدم معنی‌داری سری در سطح اطمینان مورد مشخص می‌شود (Mohammadi, 2011: 100). برای تعیین احتمال رخداد بارش مساوی و بیش از ۳۰ میلی‌متر از توزیع احتمال پواسون استفاده گردید. محاسبه توزیع پواسون بر مبنای میانگین استوار است که از میانگین طولانی مدت پیشامدهای یک رخداد به دست می‌آید. با فرض معلوم بودن تعداد میانگین تعداد پیشامدهای یک رخداد، توزیع پواسون، اجازه می‌دهد که احتمال داشتن یک تعداد پیشامد مشخص تعیین شود. تابع پواسون به صورت زیر بیان می‌شود.

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

در اینجا  $\lambda$  میانگین تعداد پیشامدها و برابر با  $np$ ، عدد نپر  $(2/71828)$  و متغیر  $x$  نشان‌دهنده تعداد پیشامدهای یک رخداد در گذر زمان یا گستره جغرافیایی است (Wang & Lee, 2005, quoted by Rezaei & Roshani, 2010: 8) با افزایش مقدار  $\lambda$  منحنی حالت تقارن پیدا می‌کند. وقتی  $n \geq 20$  و  $p \leq 0.05$  باشد، توزیع پواسون تقریب خوبی از توزیع دو جمله‌ای و با  $n \geq 10$  و  $np \leq 10$ ، تقریب بسیار عالی خواهد بود (Asakereh, 2011). این توزیع برای رخدادهای نادر با احتمال کم کاربرد دارد (Marques de Sa, 2003, quoted by Rezaei & Rosani, 2010: 5). مجموع احتمالات  $\infty, \dots, 2$  و  $3$  و  $1$  برابر با  $1$  است. بنابراین احتمال کل برای  $X$  بزرگ‌تر یا مساوی عدد مفروض  $k$  برابر با رابطه زیر است:

$$p(x \geq k) = 1 - [p(0) + p(1) + p(2) + \dots + p(k-1)] \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

## یافته‌ها و بحث

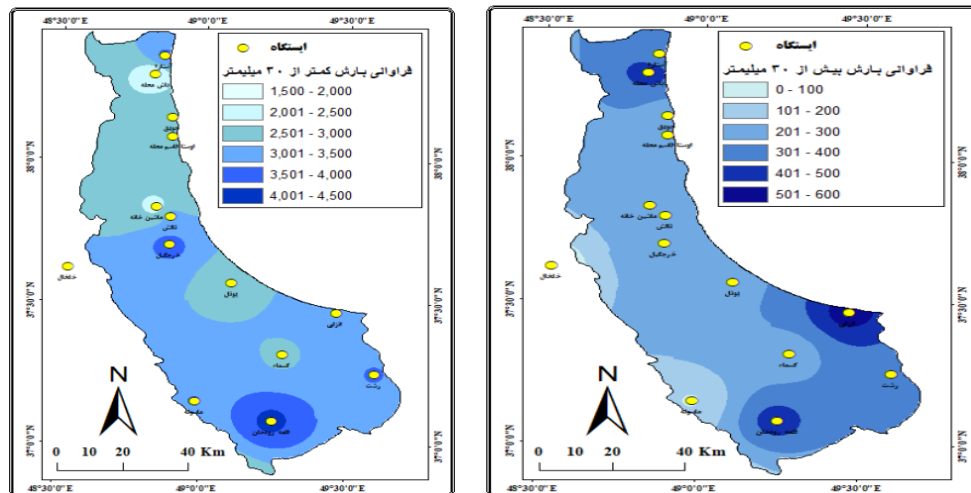
حوضه تالش-تالاب انزلی در غرب گیلان از جمله مناطقی است که شرایط جغرافیایی منحصربه‌فرد آن، همچون نزدیکی به ساحل، کوهپایه و کوهستان به همراه پوشش جنگلی انبوه و سایر عوامل محیطی، شرایطی مساعد برای بارش و بخصوص بارش‌های شدید فراهم کرده است. لذا تاثیر این بارش‌های شدید بر اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و زیرساخت‌ها حائز اهمیت است. نتایج به دست آمده از فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  ایستگاه‌ها بیانگر این است که ایستگاه انزلی با ۵۴۶ فراوانی دارای بیش‌ترین بارش شدید و گیلوان با ۷ فراوانی کم‌ترین بارش شدید است. داده‌های جدول (۱) بیانگر این است که در تمامی ایستگاه‌ها بارش شدید وجود دارد. بیش‌ترین فراوانی بارش سالانه بیش از  $\geq 30$  میلی‌متر در شمال، شرق و جنوب شرق آن محدوده است.

جدول ۱- فراوانی بارش سالانه ایستگاه‌ها حوضه تالش-تالاب انزلی

Table 1- Frequency of annual rainfall in Talesh Basin-Anzali Lagoon

| بارش (mm) | ایستگاه |             |       |           |          |        |        |            |           |        |
|-----------|---------|-------------|-------|-----------|----------|--------|--------|------------|-----------|--------|
|           | آستارا  | انزلی       | تالش  | لاهیجان   | رشت      | منجیل  | خلخال  | اردبیل     | پونل      | حویق   |
| ۰-۳۰      | ۳۶۰۴    | ۳۴۸۷        | ۳۱۱۹  | ۳۳۲۹      | ۳۵۱۶     | ۲۰۸۰   | ۳۰۸۷   | ۳۳۲۷       | ۲۵۴۴      | ۲۸۸۸   |
| > ۳۰      | ۳۴۶     | ۵۴۶         | ۲۱۵   | ۴۱۰       | ۳۷۳      | ۱۶     | ۱۳     | ۱۰         | ۲۸۶       | ۲۵۶    |
| بارش (mm) | ایستگاه |             |       |           |          |        |        |            |           |        |
|           | ماسوله  | قلعه رودخان | کسماء | شهر بیجار | باش محله | خرجگیل | آستانه | ماشین‌خانه | قاسم محله | گیلوان |
| ۰-۳۰      | ۳۵۰۸    | ۴۱۴۹        | ۲۸۸۵  | ۲۸۵۶      | ۱۹۹۳     | ۳۷۳۶   | ۳۰۸۲   | ۲۲۸۶       | ۲۵۰۳      | ۱۴۳۹   |
| > ۳۰      | ۹۵      | ۴۴۷         | ۲۳۹   | ۳۰۲       | ۴۴۷      | ۲۹۲    | ۳۱۷    | ۲۳۷        | ۲۹۲       | ۷      |

در مجموع با توجه به موقعیت خاص حوضه، بارش  $\geq 30$  در تمام نقاط ریزش کرده و فراگیر است. مناطق مرکزی ناحیه و ارتفاعات غربی آن از فراوانی کم‌تری برخوردار هستند. همچنین فراوانی بارش  $< 30$  دارای دو هسته بیشینه در جنوب (ماسوله) و شمال (آستارا) است. حتی در ناحیه ماسوله بارش‌های با مقدار کم به دلیل شرایط خاص حوضه، سیلاب‌های شدید با خسارات شدید جانی و مالی ایجاد کرده‌اند (شکل ۲).

شکل ۲: توزیع فضایی فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  و  $< 30$ Figure 2: Spatial distribution of precipitation frequency  $\geq 30$  and  $< 30$ 

بر اساس محاسبات انجام شده به روش من کندال و بررسی رفتار تغییرات مولفه‌های  $u$  و  $u'$  فراوانی بارش  $\geq 30$  میلی‌متر سالانه نشان داد که تغییر از نوع ناگهانی، روند افزایشی و کاهش در برخی از ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود. به طوری که رفتار غیرتصادفی مثبت یا منفی بارش و تداوم آن در طی زمان بر اهمیت موضوع افزوده است. در بررسی تغییرات بارش ۳۰ ساله حوضه تالش-تالاب انزلی کاملاً مشهود است که تغییرات تصادفی در سطح معنی‌داری  $\alpha = 0/05$  در برخی از ایستگاه‌ها رفتار غالب محسوب شده و بیانگر طبیعی بودن رخداد سیل در آن است. البته فرآیند افزایش و کاهش فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  در برخی از ایستگاه‌ها در خارج از محدوده  $\pm 1/96$  نیست و با وجود

افزایش یا کاهش آن، تغییرات معنی‌داری که نشانه وجود روند باشد قابل شناسایی نبوده و با احتمال ۹۵٪، تصادفی بودن فراوانی بارش تایید می‌گردد.

جدول ۲- تعیین نوع تغییرات در ایستگاه‌های حوضه تالش-تالاب انزلی

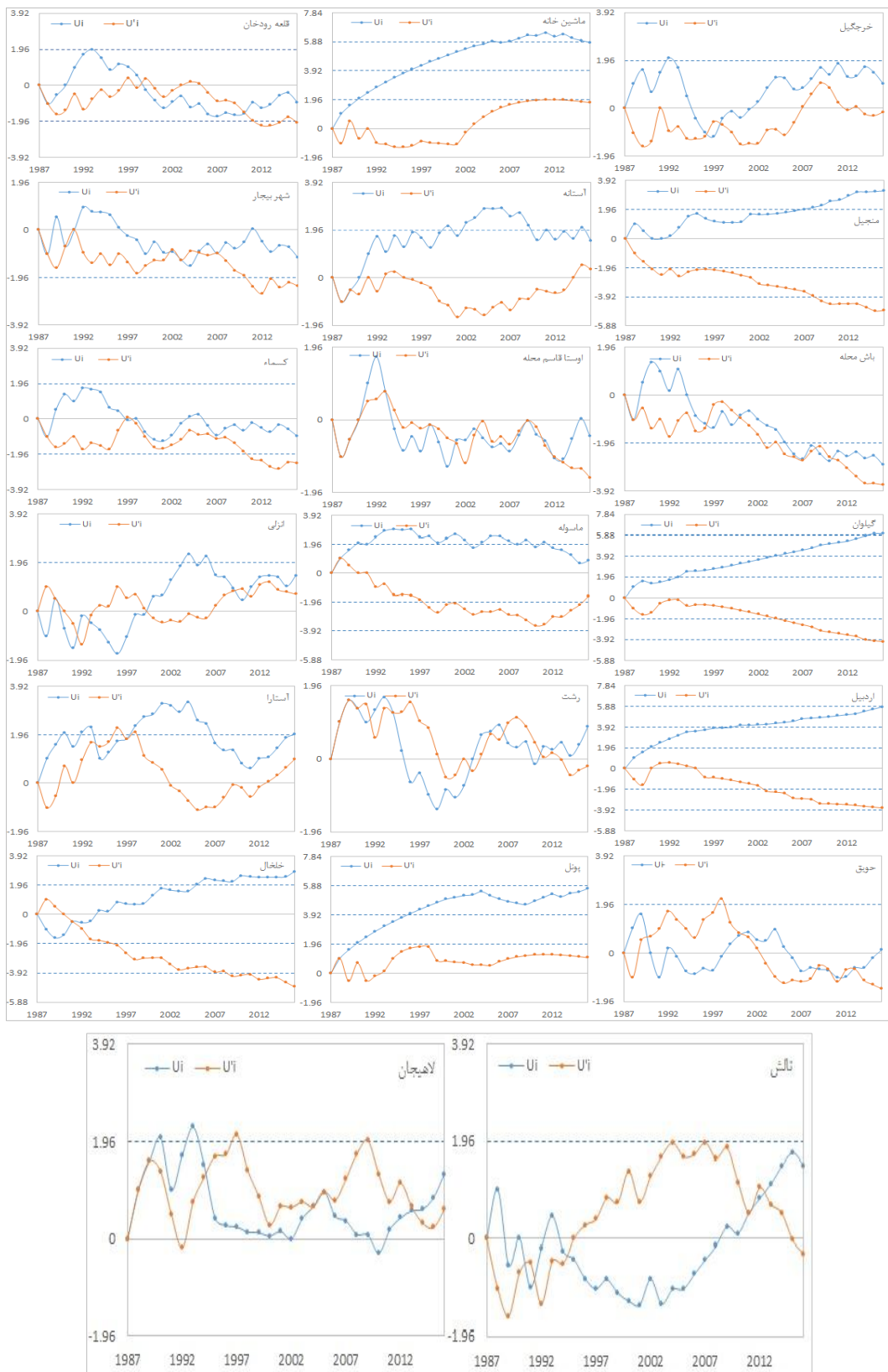
Table 2- Determining the type of changes in Talesh-Anzali Lagoon stations

| ردیف | نام ایستگاه     | نوع تغییر                  | ردیف | نام ایستگاه | نوع تغییر                |
|------|-----------------|----------------------------|------|-------------|--------------------------|
| ۱    | قلعه رودخان     | کاهشی پیوسته و بدون روند   | ۱۱   | ماسوله      | روند افزایشی و معنی‌دار  |
| ۲    | ماشین‌خانه      | نامنظم                     | ۱۲   | گیلوان      | نامنظم                   |
| ۳    | خرجگیل          | افزایشی پیوسته و بدون روند | ۱۳   | آستارا      | روند افزایشی معنی‌دار    |
| ۴    | شهر بیجار       | کاهشی پیوسته و بدون روند   | ۱۴   | رشت         | نامنظم                   |
| ۵    | آستانه          | روند افزایشی معنی‌دار      | ۱۵   | اردبیل      | نامنظم                   |
| ۶    | منجیل           | نامنظم                     | ۱۶   | خلخال       | نامنظم                   |
| ۷    | کسماء           | کاهشی پیوسته و بدون روند   | ۱۷   | پونل        | نامنظم                   |
| ۸    | اوستا قاسم محله | کاهشی پیوسته و بدون روند   | ۱۸   | حویق        | کاهشی پیوسته و بدون روند |
| ۹    | باش محله        | روند کاهشی شدید و معنی‌دار | ۱۹   | لاهیجان     | نامنظم                   |
| ۱۰   | انزلی           | روند افزایشی و معنی‌دار    | ۲۰   | تالش        | افزایشی بدون روند        |

مأخذ: سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان گیلان

References: Meteorological and regional water organization of Gilan province

شکل (۳) نمودارهای مربوط به آزمون گرافیکی من-کندال فراوانی بارش  $\geq 30$  حوضه تالش-تالاب انزلی را نشان می‌دهد. در این آزمون، محل تقاطع دو مولفه  $u$  و  $u'$  که در بیش‌تر مواقع با تغییر ناگهانی در فراوانی رخداد بارش است، به‌عنوان زمان شروع روند تعیین می‌شود که در صورت تداوم مقدار مولفه  $u$  در جهت افزایشی یا کاهشی و خروج آن از محدوده بحرانی  $\pm 1/96$ ، روند معنی‌دار در سری فراوانی رخداد بارش تایید می‌گردد. تغییرات فراوانی رخداد بارش ایستگاه‌ها را می‌توان به پنج حالت ۱- افزایشی پیوسته ۲- کاهشی پیوسته ۳- روند مثبت ۴- روند منفی ۵- نامنظم طبقه‌بندی کرد. با توجه به تعاریف بالا در جدول (۲) رفتار فراوانی بارش آورده شده است. به‌عنوان مثال روند کاهشی شدید منفی در ایستگاه باش محله حاکی از کاهش پیوسته و متداوم فراوانی رخداد بارش بوده و مقدار آماره  $u$  از محدوده  $1/96$ - هم پایین‌تر آمده است. اما در ایستگاه انزلی روند مثبت وجود داشته و نشانه تداوم افزایشی فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  است. علاوه بر روند معنی‌دار، در برخی ایستگاه‌ها افزایش یا کاهش منظم فراوانی رخداد بارش در سطح اطمینان ۹۵٪ قابل مشاهده است. اما از محدوده بحرانی مفروض خارج نشده است (قلعه رودخان). همچنین تغییرات بی‌نظم و تصادفی در فراوانی رخداد بعضی از ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود که این بی‌نظمی در اثر عدم تداوم افزایش یا کاهش فراوانی رخداد بارش یا عدم وقوع بارش  $\geq 30$  در برخی از ایستگاه‌های مناطق خشک (گیلوان و منجیل) ایجاد می‌شود.



شکل ۳: آماره  $u$  و  $u'$  آزمون من-کندال فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  میلی‌متر در حوضه تالش-تالاب

Figure 3: Statistics of  $u$  and  $u'$  I-Kendall test frequency of precipitation  $\geq 30$  mm in Talesh- Lagoon basin

جدول ۳- نتایج به‌دست آمده از آزمون شیب سن فراوانی بارش  $\geq 30$  در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ درصد (حوضه تالش-تالاب انزلی)

Table 3- Results obtained from the age slope test of precipitation frequency  $\geq 30$  at a significance level of 0.05% (Talesh Basin-Anzali Lagoon)

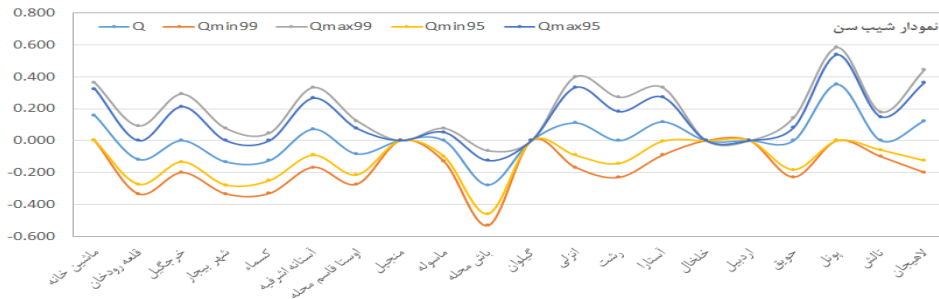
| ایستگاه     | Q      | مقدار Z | Qmin99 | Qmax99 | Qmin95 | Qmax95 | B      | Bmin99 | Bmax99 | Bmin95 | Bmax95 |
|-------------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ماشین خانه  | ۰/۱۵۸  | ۴/۰۶    | ۰      | ۰/۳۶۴  | ۰      | ۰/۳۲۵  | -۰/۵۵  | ۰/۵    | -۲/۳۶  | ۰/۵    | -۲/۱۲  |
| قلعه رودخان | -۰/۱۱۸ | -۱/۴۶   | -۰/۳۳۳ | ۰/۰۹۲  | -۰/۲۷۳ | ۰      | ۱۵/۲۶  | ۱۹     | ۱۲/۱۶  | ۱۷/۹۱  | ۱۴     |
| خرجگیل      | ۰      | ۰/۴۱    | -۰/۲   | ۰/۲۹۲  | -۰/۱۳۳ | ۰/۲۱۴  | ۹      | ۱۲/۲   | ۵/۵۵   | ۱۱/۳۳  | ۶/۶۵   |
| شهر بیجار   | -۰/۱۳۳ | -۱/۷۱   | -۰/۳۳۳ | ۰/۰۷۷  | -۰/۲۷۸ | ۰      | ۱۰/۶۳  | ۱۳/۳۳  | ۸/۰۴   | ۱۲/۲۲  | ۹      |
| کسماء       | -۰/۱۲۵ | -۱/۷۰   | -۰/۳۳۱ | ۰/۰۴۷  | -۰/۲۵۰ | ۰      | ۹/۱۹   | ۱۲/۱۲  | ۷/۲۲   | ۱۰/۷۵  | ۸      |
| آستانه      | ۰/۰۷۱  | ۰/۹۲    | -۰/۱۶۷ | ۰/۳۳۳  | -۰/۰۹۱ | ۰/۲۶۶  | ۹/۷۵   | ۱۲/۱۷  | ۵/۶۷   | ۱۱/۴۵  | ۶/۷۴   |
| اوستا قاسم  | -۰/۰۸۳ | -۰/۹۹   | -۰/۲۷۳ | ۰/۱۲۵  | -۰/۲۱۴ | ۰/۰۷۷  | ۱۰/۱۷  | ۱۲/۴۵  | ۷/۵۶   | ۱۱/۴۷  | ۸/۱۹   |
| منجیل       | ۰      | -۰/۹۸   | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      |
| ماسوله      | ۰      | -۰/۳۵   | -۰/۱۳۱ | ۰/۰۷۷  | -۰/۱   | ۰/۰۵۳  | ۲/۵    | ۴/۴۹   | ۱/۱۵   | ۳/۹    | ۱/۴۷   |
| باش محله    | -۰/۲۷۸ | -۳/۲۴   | -۰/۵۳۳ | -۰/۰۶۳ | -۰/۴۵۹ | -۰/۱۲۵ | ۱۷/۸۶  | ۲۲/۱۲  | ۱۵/۵۹۶ | ۲۰/۹   | ۱۶/۱۳  |
| گیلوان      | ۰      | ۱/۳۴    | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      |
| انزلی       | ۰/۱۱۱  | ۱/۰۶    | -۰/۱۶۷ | ۰/۴    | -۰/۰۹۱ | ۰/۳۳۳  | ۱۶/۷۷۸ | ۲۰/۸۳  | ۱۳/۸   | ۱۹/۵۹  | ۱۴/۸۳  |
| رشت         | ۰      | ۰/۳۲    | -۰/۲۳۱ | ۰/۲۷۲  | -۰/۱۴۳ | ۰/۱۸۲  | ۱۲     | ۱۵/۶۵  | ۸/۶۰   | ۱۴/۰۸  | ۱۰/۲۳  |
| آستارا      | ۰/۱۱۸  | ۱/۴۷    | -۰/۰۹۱ | ۰/۳۳۳  | -۰/۰۰۴ | ۰/۲۷۳  | ۹/۳۵۳  | ۱۲/۶۴  | ۷      | ۱۱/۰۸  | ۷/۴۴۶  |
| خلخال       | ۰      | -۱/۱۵   | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      |
| اردبیل      | ۰      | ۱/۴۲    | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      | ۰      |
| حویق        | ۰      | -۰/۶۵   | -۰/۲۲۸ | ۰/۱۴۳  | -۰/۱۸۲ | ۰/۰۸۱  | ۸      | ۱۱/۸۳  | ۵/۷۸   | ۱۰/۹۵  | ۶/۷۳   |
| پونل        | ۰/۳۵۳  | ۳/۶۶    | ۰      | ۰/۵۸۳  | ۰      | ۰/۵۳۸  | -۰/۵۲۹ | ۰      | -۲/۸۳  | ۰      | -۲/۲۶۹ |
| تالش        | ۰      | ۰/۵۸    | -۰/۱   | ۰/۱۸   | -۰/۰۵۹ | ۰/۱۵۰  | ۷      | ۸/۵    | ۳/۸۴   | ۸      | ۴/۳۵۲  |
| لاهیجان     | ۰/۱۲۵  | ۰/۹۳    | -۰/۲   | ۰/۴۴۴  | -۰/۱۲۵ | ۰/۳۶۴  | ۱۱/۳۷۵ | ۱۶     | ۶/۲۲   | ۱۴/۹۴  | ۷/۵۹۱  |

مأخذ: سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان گیلان

References: Guilan Meteorological and Regional Water Organization

علی‌رغم وجود روند مثبت و منفی در فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$ ، نتایج آماره سن در سطوح اطمینان مختلف نشان‌دهنده روند کاهشی و افزایش آن در محدوده حوضه تالش-تالاب انزلی است. بررسی مقدار  $Q_{med}$  با آزمون دو طرفه در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ نشان می‌دهد فرض  $H_1$  مبنی بر عدم فرارگیری مقدار میانه شیب در دامنه تعیین شده است. مقایسه آماره  $Q_{med}$  با مقدار Z نشان از روند افزایشی فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  در ایستگاه ماشین خانه و پونل و روند کاهشی در باش محله است. از این رو معنی‌داری روند در ایستگاه‌های فوق پذیرفته و فرض خلاف صفر پذیرفته می‌شود. البته در ایستگاه شهر بیجار و کسماء گرایش شیب به سمت معنی‌دار شدن روند منفی است. در سایر ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه مقدار شیب سن، عدم معنی‌داری روند را نشان می‌دهد. مقادیر کمینه و بیشینه شیب در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد در جدول (۳) آورده شده است. همچنین در شکل (۴) میانه، کمینه و بیشینه شیب سن در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد ترسیم شده است. به‌طور کلی برآزش مقادیر شیب سن نشان می‌دهد که کمینه و بیشینه آن در ایستگاه‌ها بین  $-۰/۵۳۳$  تا  $۰/۴۴۴$  برای احتمال ۹۹ درصد و  $-۰/۴۵۹$  تا  $۰/۵۳۸$

برای احتمال ۹۵ درصد متغیر است. به عبارتی مقدار  $Q_{med}$ ، متوسط تغییر شیب فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  است که در طی هر سال افزایش یا کاهش یافته است.



شکل ۴: نمودار تغییرات  $Q_{max}$ ،  $Q_{min}$ ،  $Q_{med}$  ایستگاه‌های حوضه تالش-تالاب انزلی در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹٪

Figure 4: Chart of changes in  $Q_{med}$ ,  $Q_{min}$ ,  $Q_{max}$  of Talesh-Anzali Lagoon stations at 95 and 99% confidence levels

در همین راستا بررسی احتمال رخداد بارش‌های شدید با توابع احتمال گسسته کمک بسزایی در احتمال وقوع و پیش‌بینی این نوع بارش مفید می‌کند. از این‌رو از توزیع گسسته پواسون که برای رخداد پدیده‌هایی که از احتمال وقوع کم‌تر از ۵ درصد نسبت به کل رخداد فراوانی بارش برخوردار هستند استفاده گردید. نتایج حاصل از احتمال رخداد بارش  $\geq 30$  میلی‌متر برای ۷ و ۶ و ۵ و ۴ و ۳ و ۲ و ۱  $X$  محاسبه و در جدول (۴) آورده شده است. احتمال  $p(x=0)$  یا عدم رخداد بارش در ایستگاه ماشین خانه  $0/0002$  درصد و  $p(x=0)$  تا  $p(x=10)$  به ترتیب  $0/001$  و  $0/006$  و  $0/01838$  و  $0/03768$  و .... درصد است. احتمال به‌دست آمده از  $p(x=0)$  نشان می‌دهد که احتمال عدم رخداد چنین بارشی در اکثر ایستگاه‌ها بسیار کم بوده و وقوع آن حتمی است. در چهار ایستگاه منجیل، گیلوان، خلخال و اردبیل احتمال عدم رخداد بارش  $\geq 30$  بیش از ۶۰ درصد بوده و بیانگر آن است که فراوانی رخداد این بارش‌ها کم‌تر از ۱ درصد فراوانی رخداد بارش‌های دوره است. در واقع فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  به ترتیب ۱۶، ۷، ۱۳ و ۱۰ و کم‌تر از ۱ بار در سال است.

جدول ۴- احتمال فراوانی رخداد بارندگی فصلی ۳۰ میلی‌متر و بیش‌تر از آن در ایستگاه‌های حوضه با استفاده از توزیع پواسون

Table 4- Probability of seasonal rainfall occurrence of 30 mm and more in basin stations using Poisson distribution

| ایستگاه        | $\lambda$ | $p(x=0)$ | $p(x=1)$ | $p(x=2)$ | $p(x=3)$ | $p(x=4)$ | $p(x=5)$ | $p(x=6)$ | $p(x=7)$ |
|----------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ماشین‌خانه     | ۸/۲       | ۰/۰۰۰۲   | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۶    | ۰/۰۱۸۴   | ۰/۰۳۷۷   | ۰/۰۶۱۸   | ۰/۰۸۴۴   | ۰/۰۹۸۹   |
| قلعه رودخان    | ۱۴/۷۳     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۰۰۰۵  | ۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۰۰۴   | ۰/۰۰۰۸   |
| خرگیگل         | ۸/۸۳      | ۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۰۰۰۸  | ۰/۰۰۰۳   | ۰/۰۱۱۵   | ۰/۰۲۵۳   | ۰/۰۴۴۷   | ۰/۰۶۵۸   | ۰/۰۸۳۰   |
| شهر بیجار      | ۹/۳۳      | ۰/۰۰۰۰۸  | ۰/۰۰۰۰۷  | ۰/۰۰۰۳   | ۰/۰۱۰۸   | ۰/۰۲۵۳   | ۰/۰۴۷۱   | ۰/۰۷۳۳   | ۰/۰۹۷۷   |
| کسماء          | ۷/۴       | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۴   | ۰/۰۱۵۵   | ۰/۰۳۷۳   | ۰/۰۷۴۹   | ۰/۱۱۰۹   | ۰/۱۳۶۸   | ۰/۱۴۴۶   |
| آستانه اشرفیه  | ۱۰/۴      | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۵    | ۰/۰۱۴۶   | ۰/۰۳۰۴   | ۰/۰۵۲۷   | ۰/۰۷۸۳   |
| اوستاقاسم محله | ۹/۱       | ۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۰۰۰۹  | ۰/۰۰۰۴   | ۰/۰۱۲۵   | ۰/۰۲۸۵   | ۰/۰۵۲    | ۰/۰۷۸۸   | ۰/۱۰۲۵   |
| منجیل          | ۰/۴۷      | ۰/۶۲۵    | ۰/۲۹۳۷   | ۰/۰۶۹۰   | ۰/۰۱۰۸   | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۰۱   | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰   |
| ماسوله         | ۲/۸۷      | ۰/۰۵۶۷   | ۰/۱۶۲۷   | ۰/۲۳۳۵   | ۰/۲۲۳۳   | ۰/۱۶۰۲   | ۰/۰۹۲۰   | ۰/۰۴۴۰   | ۰/۰۱۸۰   |

ادامه جدول ۴- احتمال فراوانی رخداد بارندگی فصلی ۳۰ میلی‌متر و بیش‌تر از آن در ایستگاه‌های حوضه با استفاده از توزیع پواسون

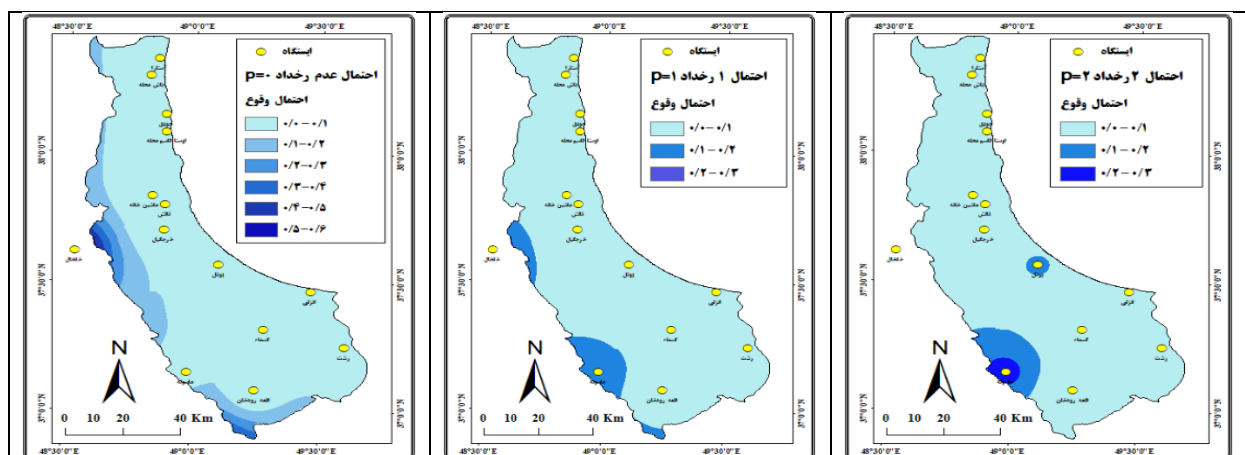
Continue of the Table 4- Probability of seasonal rainfall occurrence of 30 mm and more in basin stations using Poisson distribution

| ایستگاه  | $\lambda$ | $p(x=0)$ | $p(x=1)$ | $p(x=2)$ | $p(x=3)$ | $p(x=4)$ | $p(x=5)$ | $p(x=6)$ | $p(x=7)$ |
|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| باش محله | ۱۴/۴۷     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۵  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۰۰۹  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۱۳۱ |
| گیلوان   | ۰/۲۳۳     | ۰/۷۹۲۲   | ۰/۱۸۴۵   | ۰/۰۲۱۵   | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۰۰۹  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  |
| انزلی    | ۱۲/۶۳     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۴  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۰۸  | ۰/۰۰۰۱۶۹ | ۰/۰۰۰۳۰۵ |
| رشت      | ۱۲/۶۳     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۱    | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۰۸  | ۰/۰۰۰۱۶۹ | ۰/۰۰۰۳۰۵ |
| آستارا   | ۱۱/۱۷     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۱  | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۱۴۴ | ۰/۰۰۰۲۶۹ | ۰/۰۰۰۴۳۰ |
| خلخال    | ۰/۴       | ۰/۶۷۰۳   | ۰/۲۶۸۱   | ۰/۰۵۳۶   | ۰/۰۰۷    | ۰/۰۰۰۰۷  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  |
| اردبیل   | ۰/۲۷      | ۰/۷۶۳۴   | ۰/۲۰۶۱   | ۰/۰۲۷۸   | ۰/۰۰۲    | ۰/۰۰۰۰۱  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰  |
| حویق     | ۸/۱       | ۰/۰۰۰۰۳  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۰۰۹  | ۰/۰۰۲۶۵  | ۰/۰۰۵۳۸  | ۰/۰۰۸۷۱  | ۰/۰۰۱۱۷۶ | ۰/۰۰۱۳۶۱ |
| پونل     | ۴/۵۷      | ۰/۰۰۱۰۴  | ۰/۰۰۴۷۵  | ۰/۰۱۰۸۶  | ۰/۰۱۶۵۴  | ۰/۰۱۸۸۲۵ | ۰/۰۱۷۲۷  | ۰/۰۱۳۱۶  | ۰/۰۰۸۵۹  |
| تالش     | ۷/۳۰      | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۰۴  | ۰/۰۱۵۹۸  | ۰/۰۰۳۸۹  | ۰/۰۰۷۰۹۹ | ۰/۰۱۰۳۶  | ۰/۰۱۲۶۱  | ۰/۰۱۳۱۵  |
| لاهیجان  | ۱۳/۶۷     | ۰/۰۰۰۰   | ۰/۰۰۰۰۰  | ۰/۰۰۰۰۰۶ | ۰/۰۰۰۰۰۲ | ۰/۰۰۰۰۱  | ۰/۰۰۰۰۲  | ۰/۰۰۰۰۶  | ۰/۰۰۰۱۳۸ |

مأخذ: سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان گیلان

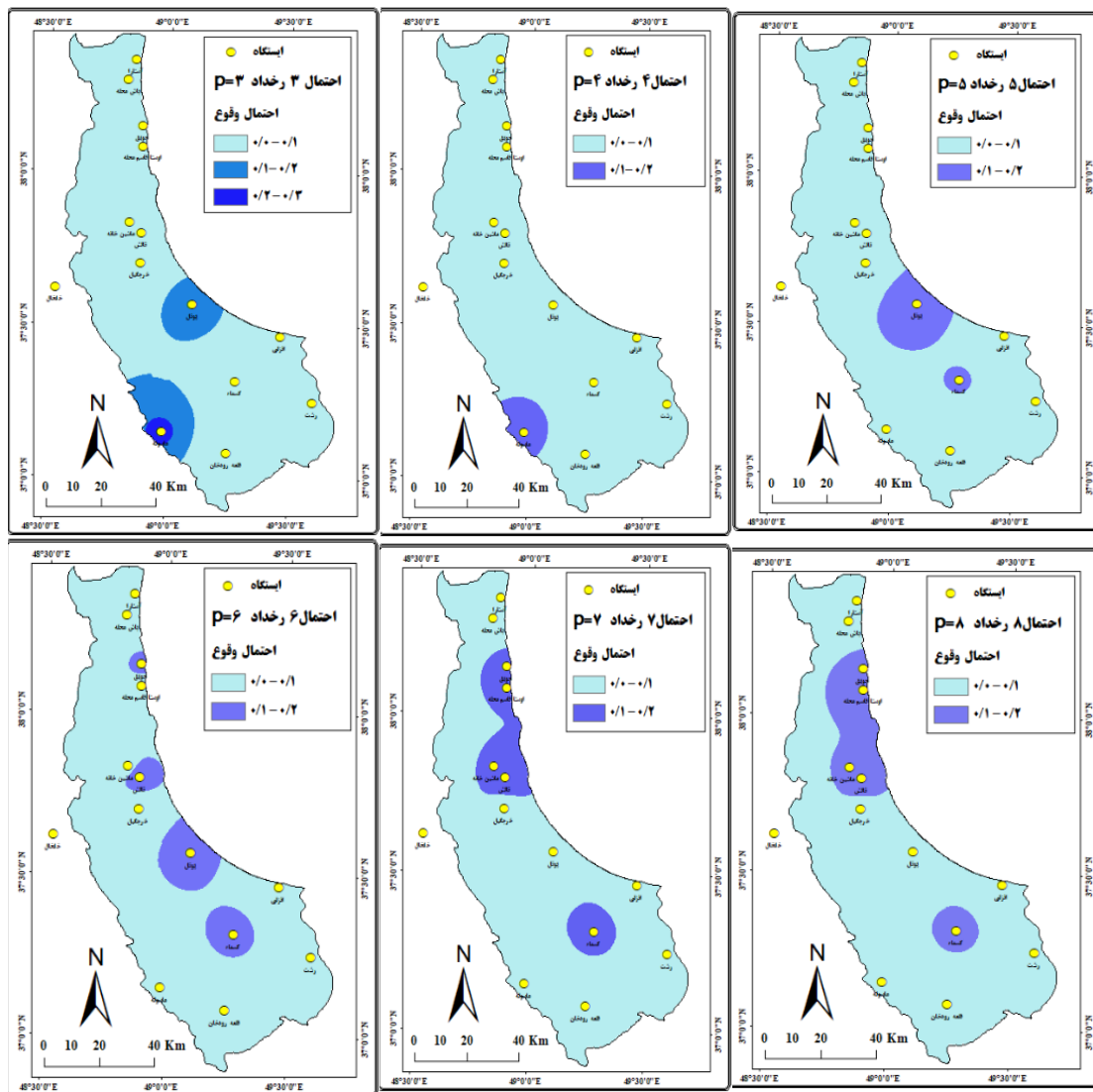
References: Guilan Meteorological and Regional Water Organization

در نتیجه عدم رخداد بارش‌های شدید در این ایستگاه‌ها کاهش یافته و توزیع پواسون تخمین درستی از احتمال وقوع نخواهد داشت. همین‌طور احتمال  $p(x=1)$  نسبت به احتمالات دیگر در چهار ایستگاه بسیار بالا است، به عبارت دیگر احتمال رخداد یک‌بار بارش نسبت به رخدادهای بالاتر بیش‌تر بوده و جمع احتمال عدم رخداد و یک‌بار بارش بیش‌تر یا مساوی ۳۰ میلی‌متر بیش از ۹۰٪ است. توزیع پواسون ارزیابی خوبی از احتمال رخداد بارش ایستگاه ماسوله دارد اما در سایر ایستگاه‌ها این توزیع تخمین کاملی از رخداد بارش نداشته و باید با سایر توزیع‌های احتمال گسسته از قبیل توزیع دوجمله‌ای و غیره بررسی شود.



شکل ۵: توزیع فضایی احتمال رخداد بارش  $\geq 30$  میلی‌متر با توزیع پواسون

Figure 5: Spatial distribution of the probability of precipitation  $\geq 30$  mm with Poisson distribution



ادامه شکل ۵: توزیع فضایی احتمال رخداد بارش  $\geq 30$  میلی‌متر با توزیع پواسون

Continue of Figure 5: Spatial distribution of the probability of precipitation  $\geq 30$  mm with Poisson distribution

در همین راستا تحلیل مکانی احتمال رخداد بارش‌های  $\geq 30$  در حوضه تالش-تالاب انزلی برای  $p(x=0)$  تا  $p(x=7)$  نشان می‌دهد که احتمال عدم رخداد بارش در دامنه‌های شرقی و مناطق جلگه‌ای کم‌تر از  $0/1$  است و در دامنه‌های جنوبی و غربی ارتفاعات مورد نظر بر احتمال عدم وقوع افزوده می‌شود (تا  $0/6$ ). به عبارتی عدم رخداد در برخی از ایستگاه‌های خارج حوضه یعنی اردبیل، خلخال، منجیل و گیلوان بالا است. همچنین احتمال  $\geq 1$  رخداد نشان می‌دهد که ایستگاه ماسوله با احتمال ۲۰ تا ۳۰ درصد کانون مستقلی را بر روی نقشه در  $p(x=1)$  تا  $p(x=4)$  تشکیل داده و قسمت اعظم ناحیه مورد مطالعه از احتمال کم‌تر از ۱۰ درصد برخوردار است. با افزایش رخداد به ۵ و ۶، هسته بیشینه احتمال نیز از ماسوله به سمت نواحی جلگه‌ای جابه‌جا شده و چندین هسته جدا به

وجود می‌آید. در مجموع روش پواسون در بارش سالانه خیلی مناسب نیست. با توجه به نتایج به‌دست آمده ناحیه مورد مطالعه از لحاظ احتمال رخداد نسبتاً غیرهمگن عمل می‌کند.

### نتیجه‌گیری

یکی از پیامدهای مهم تغییرات اقلیمی، افزایش فراوانی رخداد پدیده‌های فرین از قبیل بارش‌های شدید، دوره‌های تر و خشک، یخبندان‌ها و غیره است. در این پژوهش یکی از عناصر اصلی اقلیم یعنی فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  با استفاده از روش آزمون گرافیکی من-کندال مورد بررسی و وجود روند یا عدم وجود روند بررسی و با استفاده از روش شیب سن، شیب تغییرات تعیین و معنی‌داری یا عدم معنی‌داری روند تعیین شد. نتایج به‌دست آمده نشان داد، که ایستگاه‌های آستانه، انزلی، ماسوله و آستارا از روند افزایشی و باش‌محله از روند کاهش شدید برخوردار هستند. در سایر ایستگاه‌ها سری‌ها تغییرات نامنظم و افزایشی یا کاهش پیوسته را تجربه کرده‌اند. بررسی معنی‌داری یا عدم معنی‌داری روند تغییرات به روش سن نشان داد روند در سه ایستگاه ماشین‌خانه، باش‌محله و پونل معنی‌دار بوده و فرض صفر مبنی بر عدم معنی‌داری تغییر رد می‌شود. با استفاده از روش سن معلوم شد در سایر ایستگاه‌ها تغییرات معنی‌دار وجود نداشته و تصادفی بودن آن‌ها تایید می‌گردد. همچنین احتمال رخداد فراوانی بارش  $\geq 30$  با توزیع پواسون نشان داد که احتمال عدم رخداد در ایستگاه‌های دارای اقلیم غیر مرطوب بسیار بالا است و جمع عدم رخداد با یک رخداد بیش از ۹۰ درصد فراوانی رخداد بارش  $\geq 30$  را تشکیل می‌دهند. همچنین نتایج توزیع احتمال با این روش در سایر ایستگاه‌ها نشان داد که روش فوق برای تخمین احتمال رخداد فراوانی بارش مناسب نیست. در همین راستا توزیع فضایی احتمال  $p(x=0)$  تا  $p(x=n)$  نشان از جابجایی هسته احتمال برای  $X$ های مختلف است. بیشینه احتمال برای رخداد‌های مختلف در ایستگاه ماسوله اتفاق افتاده است و توزیع پواسون ارزیابی مناسبی از رخداد‌های بارش این ناحیه دارد.

## References

- Akbari, M., Nodeh, W., (2015), "Analysis of trends in annual and summer rainfall of Golestan Province", *Geographical Planning of Space Quarterly Journal University of Golestan*, 5(17): 141-150. [In Persian].
- Alizadeh, A., (2008), "*Principles of applied hydrology*", Mashhad: Astan Quds Razavi Publishers. [In Persian].
- Asakereh, H., (2011), "*Fundamentals of statistical climatology*", Zanjan: Zanjan University of Publishers. [In Persian].
- Amin, M. T., Rizwan, M., Alazba, A. A., (2016), "Best-fit probability distribution for the estimation of rainfall in northern regions of Pakistan", *Open Life Sci*, 11: 432-440.
- Bahak, B., (2013), "Study of the likelihood of climate change in Kerman province using Man-Kendall method (Case study: Kerman station)", *Quarterly Geographical Journal of Territory (Sarzamin)*, 10 (39): 67-74. [In Persian].
- Barkotulla, M. A. B., (2017), "Probability analysis for estimation of annual extreme rainfall", *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 10 (2): 248-253.
- Farsadnia, F., Rostami Kamrod, M., Moghadam Nia, A., (2012), "Rainfall trend analysis of mazandaran province using regional Mann-Kendall test", *Iran-Water Resources Research Quarterly*, 8 (2): 60-70. [In Persian].
- Fuseka, M., Radek Hellebrandb, R., Michálek, J., (2016), "Modelling precipitation extremes in the Czech republic:update of intensity-duration-frequency curves", *Estonian Journal of Earth Sciences*, 65 (4): 234-247.
- Kendall, MG., (1970), "*Rank Correlation Methods*", 2nd Ed., New York: Hafner.
- Khoshro, A., Gandmkar, A., Hajian, A., (2015), "Investigation of night temperature alterations' procedure (NTAP) in central Iran: Mann-Kendall's non-parameter method in focus", *Quarterly of Geographical (Regional Planning)*, 20 (1): 7-24. [In Persian].
- Regional Studies and Regional Water Office of Guilan Province, (2017), *Rainfall data precipitation data*, 1987- 2016. [In Persian].
- Rezaei, P., Roshani, M., Keshavarz, S., (2018), "Statistical analysis- synoptic July rainfall in south west coast of the Caspian sea", The Second National Conference on Climatology of Iran, May 9th, 2018, Ferdowsi University of Mashhad, M.O.C., Theran. [In Persian].
- Rezaei, P., Roshani, M., (2010), "Investigation of precipitations showery and change process in Guilan province", *Journal of Geographic Space*, 10 (30): 1-20. [In Persian].
- Seo, Y., Hwang, J., Kim, B., (2017), "Extreme precipitation frequency analysis using a minimum density power divergence estimator", *Water*, 9 (2): 81- 94.
- Marofnejad, A., Ghasami, SH., (2017), "Analysis of changes Using the method of Mann-Kendall (Case study of four townships of and Bakhtiari Province)", *Journal Management System*, 10 (37): 149-166. [In Persian].
- Mann, H. B., (1945), "Nonparametric tests against trend", *Econometrica, Journal Article*, 13: 245-259.
- Meteorological Organization of Ardebil Province, (2017), "*Precipitation data of synoptic stations*", Climatology and Rain gauging, 1987- 2016. [In Persian].
- Meteorological Organization of Guilan Province, (2017), "*Precipitation data of synoptic stations and climatology*", 1987- 2016, M.O.C., Theran. [In Persian].
- Meteorological Organization of the country, (2017), "*Precipitation data of synoptic stations, climatology and rain gauging of Ardebil, Gilan and Zanjan provinces*", 1987-2016, M.O.C., Theran. [In Persian].

- Mohammadi, H., Azizi, Gh., khoshahklagh, F., Ranjbar, F., (2017), "Analysis of daily precipitation extreme indices trend in Iran", *The University of Tehran's Scientific Journals Database*, 49 (1): 21-37. [In Persian].
- Mohammadi, B., (2011), "Trend analysis of annual rainfall over Iran", *Geography and Environmental Planning*, 22 (3): 95-106. [In Persian].
- Unusual Office of the Governorate of Guilan.(2000), "*Morphological report, Flood Control Master Plan of Guilan Province, 1987- 2016*", M.O.C., Theran. [In Persian].
- Wang, C., Li Ch, Y., (2016), "Spatiotemporal analysis of precipitation trends under climate change in the upper reach of Mekong River basin", *Quaternary International*, 392 (21): 137-146.
- Yue, S., Hashino, M., (2007), "Probability distribution of annual, seasonal and monthly precipitation in Japan", *Hydrological Sciences Journal*, 52 (5): 863-877. [on line]: <http://www.tandfonline.com/loi/thsj20>.