تحلیل روند بارش‌های حداکثر ۲۴ساعته در ایران و ارتباط آن با وقوع سیل

راضیه صبوحی[۱]، سعید سلطانی[۲]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

ssoltani@cc.iut.ac.ir

خلاصه

در این مطالعه تحلیل روند عامل اقلیمی حداکثر باران ۲۴ ساعته در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک ایران به منظور مطالعه تغییرات اقلیمی و تاثیر آن بر وقوع سیل با استفاده از آزمون من-کندال انجام گرفت. نتایج تحلیل روند نشان می‌دهد در فصل بهار (ماه‌های آوریل و مه) تقریبا اکثریت ایستگاه‌ها روند منفی غیرمعنی‌دار نشان می‌دهند و ایستگاه‌هایی با روند معنی‌دار، بیشتر در قسمت‌های غرب و شمال غربی ناحیه مرکزی می‌باشند. اکثریت ایستگاه‌ها در فصل تابستان دارای روند مثبت غیرمعنی‌دار هستند. در فصل زمستان (ماه‌های دسامبر و ژانویه) اکثریت ایستگاه‌ها دارای روند مثبت غیرمعنی‌دار و ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار بیشتر در حاشیه شمالی و شمال غربی واقع شده‌اند. با توجه به آثار افزایش باران حداکثر ۲۴ ساعته بر وقوع سیل و منابع آب، توجه به روند این عامل به همراه روند دیگر عوامل اقلیمی می‌تواند کمک شایانی به حفظ منابع آبی موجود در آینده نماید. همچنین با توجه به تاثیر این عامل بر وقوع سیل خصوصا در ایستگاه‌های شمالی، لزوم مطالعات بیشتر در ایجاد طرح‌های حفاظتی و بررسی مناطق سیل‌خیز را پیشنهاد می‌نماید.

کلمات کلیدی: تحلیل روند، آزمون من- کندال، حداکثر باران ۲۴ ساعته، سیل.

مقدمه

مساله تغییر اقلیم که امروزه به عنوان یکی از شایعترین مباحث علمی و حتی سیاسی - اجتماعی مطرح است، در واقع فرایندی منحصر به عصر ما نبوده و بر اساس شواهد موجود، کره زمین در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی همواره با چنین تغییراتی مواجه بوده است که در طی آن‌ها دوره‌های گرم جای خود را به دوره‌های سرد داده‌اند و دوره‌های خشک و مرطوب، پیوسته با دوره‌های سرد و خشک در تناوب بودند [۱، ۲]. آنچه تغییرات اقلیمی قرن حاضر و به ویژه در نیمه دوم این قرن را از تغییرات گذشته متمایز ساخته است، ماهیت و سرعت آن می‌باشد. به صورتی که امروزه این تغییرات شتاب بیشتری به خود گرفته و روند آن به گونه‌ای است که چندان قابل پیش بینی نیست [۲].

با توجه به این که شرایط اقلیمی در تمام دنیا در حال تغییر می‌باشد باعث به وجود آوردن نگرانی‌هایی در مورد تأثیرات این تغییرات شده است به ویژه تغییرات در شدت / فراوانی وقایع حدی که باعث به وجود آوردن سیل شده است. سازگاری با این موارد نیاز به تغییراتی در راهکارها، زیرساخت‌ها و فعالیت‌های مربوط به مدیریت آب دارد. بنابراین، تأثیرات تغییرات اقلیمی بر منابع آبی نیز بایستی شناخته شده و مورد ارزیابی قرار گیرد تا در آینده بتوان آن‌ها را تحت کنترل قرار داد. در حقیقت، آخرین ارزیابی‌ها توسط هیات بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در مورد تغییرات اقلیمی نشان می‌دهد که افزایش در مقادیر بارش‌های حدی به عنوان نتیجه‌ای از تأثیرپذیری اقلیم توسط افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد [۳، ۴ و ۵].

تغییرات آب و هوایی در گذشته الگوی زندگی انسانها را تغییر می‌داد و لیکن امروزه چنین به نظر می‌رسد که این انسان‌ها هستند که با فعالیت‌هایشان موجب تغییر آب و هوای جهانی می‌شوند. رشد بی رویه جمعیت، حمل و نقل و سایر فعالیت‌های بشری، بخصوص صنایع آلاینده، منجر به تغییرات بزرگ و اساسی در اقلیم می‌شود که تا به حال در زندگی پیشین انسان‌ها چنین تغییراتی رخ نداده است [۶].

---

[۱] دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[۲] استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مطالعه تغییرات شرایط اقلیمی نشان داده که بارش‌های سطح زمین افزایش ۱-۰/۵ درصد در بیشتر نیمکره شمالی و عرض‌های بالایی و میانی نشان می‌دهد و میانگین منطقه‌ای افزایش یافته باران را بین ۱۲-۷ درصد از مناطقN ۸۵-۳۰ و در حدود ۲ درصد بینS ۵۵-۰ در قرن بیستم نشان می‌دهد [۷، ۸ و ۹].

تغییرات اقلیمی و گرم شدن جهانی همچنین برف، تگرگ، طوفان، شبنم شبانه، سیل، بارش سنگین، خشکسالی، گرما و سرما در برنامه ریزی‌ها و سیاست گذاری‌های بخش‌های کشاورزی و مدیریت آب، محیط زیست، رفاه انسان، سیستم‌های اجتماعی و اقتصادی تاثیر زیادی دارند. به دلیل اهمیت موضوع، کشورها در ابعاد ملی، منطقه ای، قاره‌ای و بین‌المللی آن را تجزیه و تحلیل می‌نمایند. به همین منظور شناسایی و آشکارسازی تغییرات اقلیمی و یافتن علل این تغییرات از قدم‌های اولیه بشر به شمار می‌رود [۱۰]. تحقیقات زیادی در ارتباط با بررسی روند عامل اقلیمی بارش انجام گرفته است که در زیر به نمونه هایی از آنها اشاره می شود.

گزارش IPCC (۲۰۰۱) به ۵۰-۳۰ درصد افزایش باران در جنوب چین در ماه‌های زمستان اشاره می‌کند (دسامبر، ژانویه و فوریه ۱۹۹۹-۱۹۰۰) و یک الگوی نه چندان ثابت با افزایش در غرب و کاهش در شرق یانگتز در ماه‌های تابستان دیده شده است (ژوئن، ژوئیه و اوت) [۱۱].

مدرس و همکاران (۲۰۰۷) روندهای افزایشی و کاهشی در مقدار باران ماهانه در منطقه بزرگی از مناطق خشک و نیمه خشک ایران مشخص کردند که بیشتر در فصول زمستان و بهار معنی‌دار بود [۱۲].

رضئی و همکاران (۲۰۰۵) روند منفی در باران سالانه را در بسیاری از ایستگاه‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران نشان دادند که این روند در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نبود [۱۳].

ژای و همکاران (۱۹۹۹) افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقدار باران در نواحی مرکزی، پایینی رودخانه یانگتز و غرب چین در اواخر قرن بیستم را گزارش دادند و همچنین کاهش میزان بارش در شمال چین را نیز بیان نمودند [۱۱].

راموس (۲۰۰۱) هیچ نشانه واضح و عمده‌ای در بارش سالانه مدیترانه‌ای ندید در حالی که دیلویس و همکاران (۲۰۰۰) و گنزالس هیدالگو و همکاران (۲۰۰۱) کاهش قابل ملاحظه‌ای را در میزان بارش ملاحظه کردند که با افزایش ناپایداری در بسیاری از نواحی مرطوب والنسیا همراه بوده است[۱۳].

هدف از این مطالعه بررسی تغییر پذیری عامل اقلیمی حداکثر باران ۲۴ ساعته در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه و تاثیر آن‌ها بر تغییر اقلیم و ایجاد سیل در ۳۵ ایستگاه سینوپتیک ایران در طی ۲۰۰۵-۱۹۵۱ می‌باشد.

مواد و روش ها

این مطالعه در۳۵ ایستگاه سینوپتیک که در گستره ایران به صورت پراکنده قرار گرفته‌اند، انجام گردید. با توجه به این که طول دوره آماری عامل بسیار مهم در بررسی و تحلیل‌های آماری است و هر چه طول دوره آماری بیشتر، تجزیه و تحلیل‌ها از دقت و اعتبار بیشتری برخوردارند، بنابراین ایستگاه‌های مورد مطالعه، کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک ایران می‌باشند که حداقل دارای ۳۰ سال آمار هستند. انتهای دوره آماری در تمام ایستگاه‌ها سال ۲۰۰۵ می‌باشد. در این بررسی عامل اقلیمی حداکثر باران ۲۴ ساعته در پایه‌های زمانی ماهانه و سالانه جهت تحلیل روند در نظر گرفته شد (جدول ۱). برای بازسازی داده‌های مفقوده از روش‌های خود همبستگی و همبستگی پیرسون بین داده‌های ماهانه استفاده شد. ابتدا آزمون همبستگی با تاخیر K=1 انجام شد و در صورت عدم وجود خودهمبستگی از همبستگی پیرسون استفاده گردید. همچنین در این مطالعه داده‌ها از لحاظ کیفیتی بررسی گردیدند.

اصولا گفته می‌شود که آزمون‌های پارامتریک در صورتی که داده‌ها به صورت نرمال باشند، قوی‌تر از آزمون‌های ناپارمتریک هستند ولی در شرایط داده‌های غیرنرمال آزمون ناپارامتریک قوی‌تر از پارامتریک است [۱۳، ۱۴، ۱۵]. همچنین از رگرسیون در ابعاد مختلف آن در بررسی تغییرات اقلیم استفاده می‌شود اما بعضی از مواقع الگوهای رگرسیونی در بیان چگونگی رفتار عناصر اقلیمی به دلیل نوسانات دوره‌ای در رفتار اقلیم نامناسب می‌باشد. چرا که این قبیل الگوها رفتار عناصر اقلیمی را بدون توجه به چرخه‌ها در امتدادی ثابت و بعضا نامعقول، برآورد می‌نماید در حالی که چرخه‌های موجود در عناصر اقلیمی گویای نوعی همبستگی بین ارقام متوالی اقلیم می‌باشد [۱۰]. بنابراین تحلیل روند در این مطالعه با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال انجام شد. آماره آزمون در سطوح معنی‌داری ۱و ۵ درصد بررسی گردید.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کشور

نام ایستگاه	ارتفاع (m)	مشخصات جغرافیایی		بارش
		طول	عرض	
آبادان	۶/۶	۴۸ ۱۵	۳۰ ۲۲	۱۹۵۱-۲۰۰۵
اراک	۱۷۰۸	۴۹ ۴۶	۳۴ ۰۶	۱۹۵۶-۲۰۰۵
اردبیل	۱۳۳۲	۴۸ ۱۷	۳۸ ۱۵	۱۹۷۷-۲۰۰۵
ارومیه	۱۳۱۵/۹	۴۵ ۰۵	۳۷ ۳۲	۱۹۵۱-۲۰۰۵
اصفهان	۱۵۵۰/۴	۵۱ ۴۰	۳۲ ۳۷	۱۹۵۱-۲۰۰۵
انزلی	-۲۶/۲	۴۹ ۲۸	۳۷ ۲۸	۱۹۵۱-۲۰۰۵
اهواز	۲۲/۵	۴۸ ۴۰	۳۱ ۲۰	۱۹۵۷-۲۰۰۵
بابلسر	-۲۱	۵۲ ۳۹	۳۶ ۴۳	۱۹۵۱-۲۰۰۵
بم	۱۰۶۶/۹	۵۸ ۲۱	۲۶ ۰۶	۱۹۵۷-۲۰۰۵
بندرعباس	۹/۸	۵۶ ۲۲	۲۷ ۱۳	۱۹۵۷-۲۰۰۵
بندرلنگه	۲۲/۷	۵۴ ۵۰	۲۶ ۳۲	۱۹۶۶-۲۰۰۵
بوشهر	۱۹/۶	۵۰ ۵۰	۲۸ ۵۹	۱۹۵۳-۲۰۰۵
بیرجند	۱۴۹۱	۵۹ ۱۲	۳۲ ۵۲	۱۹۵۶-۲۰۰۵
تبریز	۱۳۶۱	۴۶ ۱۷	۳۸ ۰۵	۱۹۵۱-۲۰۰۵
تهران- مهرآباد	۱۱۹۰/۸	۵۱ ۱۹	۳۵ ۴۱	۱۹۵۱-۲۰۰۵
خرم‌آباد	۱۱۴۷/۸	۴۸ ۱۷	۳۳ ۲۶	۱۹۵۱-۲۰۰۵
رامسر	-۲۰	۵۰ ۴۰	۳۶ ۵۴	۱۹۵۶-۲۰۰۵
رشت	۳۶/۷	۴۹ ۳۹	۳۷ ۱۲	۱۹۵۶-۲۰۰۵
زابل	۴۸۹/۲	۶۱ ۲۹	۳۱ ۰۲	۱۹۶۳-۲۰۰۵
زاهدان	۱۳۷۰	۶۰ ۵۳	۲۹ ۲۸	۱۹۵۱-۲۰۰۵
زنجان	۱۶۶۳	۴۸ ۲۹	۳۶ ۴۱	۱۹۵۶-۲۰۰۵
سبزوار	۹۷۷/۶	۵۷ ۴۳	۳۶ ۱۲	۱۹۵۵-۲۰۰۵
سنندج	۱۳۷۳/۴	۴۷ ۰۰	۳۵ ۲۰	۱۹۶۰-۲۰۰۵
سمنان	۱۱۳۰/۸	۵۳ ۳۳	۳۵ ۳۵	۱۹۶۵-۲۰۰۵
شاهرود	۱۳۴۵/۳	۵۴ ۵۷	۳۶ ۲۵	۱۹۵۳-۲۰۰۵
شهرکرد	۲۰۴۸/۹	۵۰ ۵۱	۳۲ ۱۷	۱۹۵۶-۲۰۰۵
شیراز	۱۴۸۴	۵۲ ۳۶	۲۹ ۳۲	۱۹۵۱-۲۰۰۵
قزوین	۱۲۷۹/۲	۵۰ ۳	۳۶ ۱۵	۱۹۵۹-۲۰۰۵
کاشان	۹۸۲/۳	۵۱ ۲۷	۳۳ ۵۹	۱۹۶۷-۲۰۰۵
کرمان	۱۷۵۳/۸	۵۶ ۵۸	۳۰ ۲۱	۱۹۵۱-۲۰۰۵
کرمانشاه	۱۳۱۸/۶	۴۷ ۰۹	۳۴ ۱۹	۱۹۵۱-۲۰۰۵
گرگان	۱۳/۳	۵۴ ۱۶	۳۶ ۵۱	۱۹۵۳-۲۰۰۵
مشهد	۹۹۹/۲	۵۹ ۳۸	۳۶ ۱۶	۱۹۵۱-۲۰۰۵
همدان نوژه	۱۶۷۹/۷	۴۸ ۴۳	۳۵ ۱۲	۱۹۵۱-۲۰۰۵
یزد	۱۲۳۷/۲	۵۴ ۱۷	۳۱ ۵۴	۱۹۵۳-۲۰۰۵

تعیین روند

تحلیل روند به علت تاثیر جهانی تغییر اقلیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد[۱۵]. برای تحلیل روند با استفاده از آزمون‌های نا پارامتریک لازم است مشاهدات مستقل باشند [۱۶].

آزمون من-کندال

اگر سری‌های زمانی Y_t ، t= 1,…,N باشد. هر مقدار $Y_{t'}$ ،t= 1,…,N-1 با مقدارهای بعدی Y_t, t= t'+1, t'+2,…,N مقایسه شده است و سری جدید Z_k به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\begin{aligned} Z_k=1 \quad &\text{اگر} \quad Y_t>Y_{t'} \\ Z_k=0 \quad &\text{اگر} \quad Y_t=Y_{t'} \\ Z_k=-1 \quad &\text{اگر} \quad Y_t<Y_{t'} \end{aligned} \qquad (1)$$

در این جا $k=(t'-1)(2N-t')/2+(t-t')$. مقدار آماره من-کندال از جمع مقادیر Z_k به دست می‌آید.

$$S=\sum_{t'=1}^{N-1}\sum_{t=t'+1}^{N} Z_k \qquad (2)$$

آماره آزمون برای مقادیر N>۴۰ به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$U_c = \frac{S + m}{\sqrt{V(S)}} \quad (۳)$$

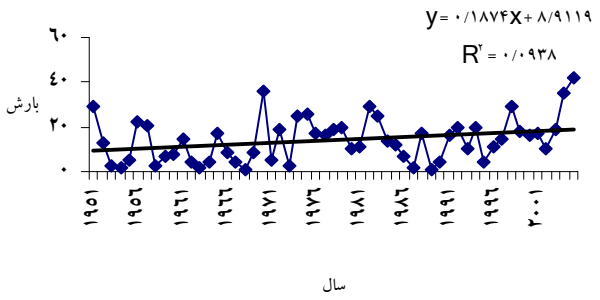
$$V(s) = \frac{1}{18}\left[N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^{N} e_i(e_i-1)(2e_i+5) \right] \quad (۴)$$

در معادله (۳)، m=1 اگر S>0 باشد. N تعداد دنباله‌ها را مشخص می‌کند و e_i تعداد داده‌ها در i امین دنباله است. آماره U_c، صفر می‌شود اگر S=0 باشد. بنابراین فرض وجود روندهای صعودی و نزولی در سطح معنی‌داری α اگر $|U_c| \geq U_{1-\frac{\alpha}{2}}$ باشد، رد نمی‌شود. $1-\frac{\alpha}{2}$ فاصله اطمینان آماره U با فرض تبعیت آن از توزیع نرمال استاندارد است. کندال بیان می‌کند که این آزمون برای مقادیرN کمتر از ۱۰ در صورتی که تعداد دنباله ها زیاد نباشد می‌تواند استفاده شود و هیرش و همکاران (۱۹۸۲) نشان دادند که این آزمون را می‌توان برای سری‌های زمانی فصلی نیز استفاده کرد [۱۷].

نتایج و بحث

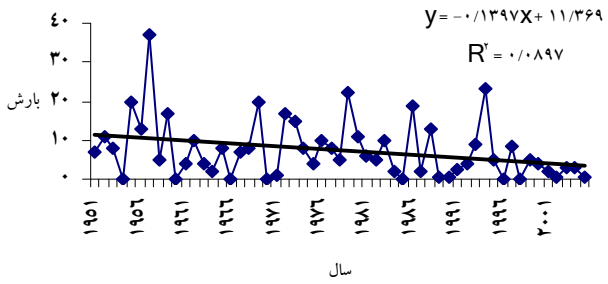
تغییرات مکانی در ایستگاه‌های هواشناسی تاثیر محسوسی بر ناهمگنی داده‌ها دارند. در تعدادی از ایستگاه‌های مهم مانند خرم‌آباد و کرمان تغییرات مکانی دیده شده است [۱۰] و در تحلیل نهایی داده‌های این دو ایستگاه حذف شدند. در مطالعات انجام شده با آزمون من- ویتنی نشان می‌دهد، ایستگاه‌های دیگر دارای روند همگن در سطح ۱۰٪ می‌باشند. آزمون من- کندال برای تعیین روند حداکثر باران ۲۴ ساعته ماهانه و سالانه استفاده شد. آزمون روند نشان داد هیچ‌کدام از ایستگاه‌ها در ماه مه و سپتامبر روند معنی‌دار ندارند. تغییرات زمانی این عامل اقلیمی نیز به این صورت است که در فصل بهار (مارس، آوریل و مه) ایستگاه‌های اهواز، قزوین و کرمانشاه دارای روند مثبت معنی‌دار و ایستگاه‌های زاهدان، همدان و یزد دارای روند منفی معنی‌دار می‌باشند. ایستگاه‌های اهواز، قزوین، کرمانشاه در ماه مارس و ایستگاه‌های زاهدان، همدان و یزد در ماه آوریل روند معنی‌دار دارند. در فصل تابستان (ژوئن، ژوئیه و اوت)، ایستگاه‌های ارومیه، بندرلنگه، بیرجند، رشت، گرگان و یزد روند منفی معنی‌دار و ایستگاه‌های بابلسر، بندرعباس، شهرکرد، شیراز، کرمانشاه و همدان روند مثبت معنی‌دار دارند به طوریکه ایستگاه‌های ارومیه، بندرلنگه، رشت و شیراز در ماه ژوئن، ایستگاه‌های بیرجند، شهرکرد، کرمانشاه، گرگان و همدان در ماه ژوئیه، ایستگاه بابلسر در ماه های ژوئیه و اوت و ایستگاه‌های بندرعباس و یزد در ماه اوت روند معنی‌دار نشان می‌دهند (شکل (B)۱). در فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر و نوامبر) ایستگاه‌های آبادان، بابلسر و رشت روند مثبت معنی‌دار نشان می‌دهند، در این میان ایستگاه‌های آبادان و رشت در ماه اکتبر و ایستگاه بابلسر در ماه‌های اکتبر و نوامبر روند معنی‌دار دارند و در پایان در فصل زمستان (دسامبر، ژانویه و فوریه) در ایستگاه‌های آبادان، بابلسر و تهران، روند مثبت معنی‌دار و در ایستگاه‌های اراک، اردبیل، سمنان، سنندج و تبریز روند منفی معنی‌دار دیده شد. ایستگاه‌های اردبیل و تهران در ماه دسامبر، ایستگاه‌های آبادان، اراک و سنندج در ماه ژانویه و ایستگاه‌های تبریز و سمنان در ماه فوریه و ایستگاه بابلسر در ماه های دسامبر و ژانویه روند معنی‌دار نشان می‌دهند (شکل (A)،(C)۱)، به طور کلی توزیع مکانی ایستگاه‌هایی با روند معنی‌دار در فصل بهار بیشتر در قسمت‌های غرب، شمال غربی ناحیه مرکزی می‌باشد. در فصل تابستان روندهای معنی‌دار مانند دو کمربند می‌باشند که یکی از ناحیه شمال غرب به سمت شمال و دیگری از ناحیه شمال غرب به سمت جنوب کشیده شده‌اند. در فصل پاییز تعداد ایستگاه‌ها با روند معنی‌دار کم می‌باشد و ۲ ایستگاه در ناحیه شمال و ۱ ایستگاه در ناحیه جنوب غرب ایران روند معنی‌دار دارند و در فصل زمستان ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار بیشتر در حاشیه شمالی و شمال غربی واقع شده‌اند. در بررسی‌های سالانه این پارامتر ایستگاه‌های انزلی، تبریز و زاهدان روند منفی معنی‌دار دارند(شکل (D) ۱) و تنها ایستگاه آبادان روند مثبت معنی‌دار دارد. با توجه به نتایج بالا مشخص می‌گردد که تقریبا در تمام ماه‌ها ایستگاه‌های شمالی کشور روند صعودی (معنی‌دار و غیرمعنی‌دار) دارند که احتمال وقوع سیل را در این مناطق افزایش می‌دهد و خصوصا ایستگاه بابلسر با توجه به افزایش باران ۲۴ ساعته در این ایستگاه و افزایش تعداد روزهای بارانی، وقوع سیل خصوصا در ماه‌های پاییز و تابستان محتمل می‌باشد.

ایستگاه آبـادان (ماه ژانویه)



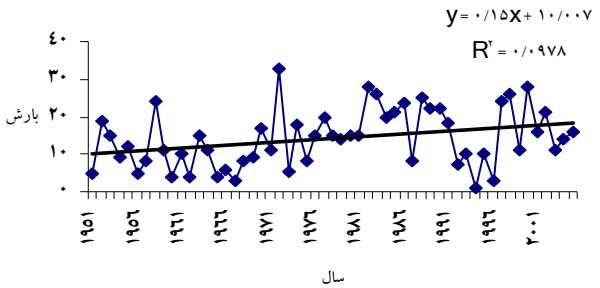
A

ایستگاه ارومیـه(ماه ژوئن)



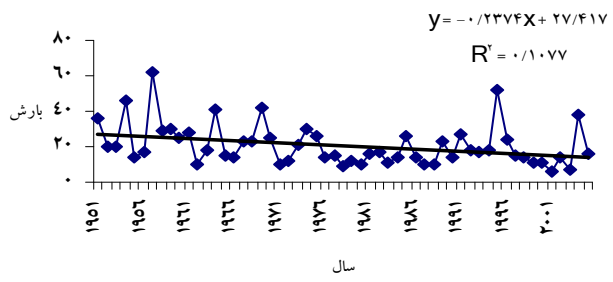
B

ایستگاه تهران (ماه دسامبر)



C

ایستگاه زاهــدان (سالیانه)



D

شکل ۱- روند عامل اقلیمی حداکثر باران ۲۴ ساعته در کل دوره آماری

جدول ۲- مقادیر آماره آزمون من – کندال برای داده‌های ماهانه و سالانه حداکثر باران ۲۴ ساعته

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
اراک	**-۱/۹۸***	-۰/۸۰	۰/۹۰	-۱/۶۶	۰/۷۵	۱/۱۸	۱/۵۹	۱/۰۸	۰/۹۸	۱/۹۴	۱/۲۰	۰/۶۵	-۰/۸۳
آبادان	**۲/۱۸***	-۰/۵۳	۱/۳۲	-۱/۱۵	-۱/۰۲	۱/۰۶		۰/۷۰	-۰/۳۹	**۲/۲۵***	۰/۶۵	۱/۴۵	**۲/۳۶***
اهواز	۱/۴۷	-۰/۴۱	**۲/۰۹***	-۰/۵۵	-۱/۸۶	۰/۸۰	۰/۴۲	-۰/۱۴	۰/۲۱	-۰/۳۰	۱/۲۶	۰/۷۱	۰/۹۴
انزلی	۱/۰۵	-۱/۰۳	-۱/۰۵	-۱/۳۴	-۰/۹۶	-۱/۵۸	-۱/۵۰	-۱/۲۳	۰/۰۹	-۰/۶۳	-۱/۴۰	۰/۶۷	**-۱/۹۸***
اردبیل	۰/۴۱	-۰/۶۴	۱/۱۳	-۰/۲۴	-۱/۱۳	-۱/۱۱	۱/۷۹	۰/۳۲	۰/۰۶	-۰/۳۹	-۰/۱۷	**-۲/۰۱***	-۰/۰۸
بابلسر	۱/۷۰	**۲/۱۵***	۱/۸۰	۱/۱۹	۱/۰۲	۰/۹۹	**۳/۰۴****	**۲/۲۳***	۱/۳۹	**۲/۴۰***	**۲/۰۹***	**۲/۷۲****	۱/۸۱
بم	-۰/۴۵	-۰/۰۶	-۰/۳۱	-۰/۹۵	-۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۴۷	۱/۰۹	۰/۰۲	۰/۸۸	-۱/۵۶	-۱/۰۶	-۰/۲۷
بندرعباس	۰/۱۳	۰/۲۲	۰/۴۳	-۰/۸۶	۰/۷۸	۱/۴۲	۰/۱۸	**۲/۶۵****	۰/۱۳	۰/۲۰	-۰/۷۴	۱/۱۱	۰/۵۷
بندرلنگه	-۰/۹۰	-۰/۰۴	-۱/۱۸	-۱/۶۵	۰/۵۷	**-۲/۷۵****	-۱/۳۹	-۰/۰۶	-۲/۰۲	-۱/۲۲	۰/۴۵	-۰/۲۶	۰/۱۵
بیرجند	-۰/۹۵	-۱/۴۹	-۱/۵۲	-۱/۱۵	-۱/۹۴	-۰/۶۵	**-۱/۹۸***	-۱/۵۴	-۰/۶۳	-۱/۴۷	۰/۹۱	۱/۲۰	۰/۰۰
بوشهر	-۰/۳۲	-۰/۱۰	-۰/۶۴	۰/۵۹	۱/۱۷	۰/۱۵	۰/۴۵	-۰/۹۶	-۰/۱۳	۱/۳۴	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۱۶
اصفهان	۰/۰۳	-۰/۲۶	-۰/۵۰	۰/۸۰	-۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۰۱	۱/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۸۹	۱/۲۱	۰/۸۷
قزوین	-۱/۷۶	۰/۴۵	**۲/۰۶***	۱/۱۷	-۰/۶۵	-۱/۵۱	۱/۹۲	-۰/۴۱	۰/۱۲	۱/۵۳	۰/۸۸	۰/۶۱	۰/۴۰
گرگان	۰/۹۶	۰/۷۰	-۰/۱۳	-۰/۷۴	۰/۶۱	۰/۰۹	**-۲/۱۱***	-۰/۶۴	۱/۸۰	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۱/۲۶
همدان نوژه	-۰/۹۳	-۰/۰۴	۰/۸۰	**-۲/۴۱***	-۰/۵۶	۰/۸۷	**۲/۰۸***	۰/۷۴	۰/۷۴	۱/۰۷	-۰/۴۱	۰/۲۶	-۰/۶۶
کاشان	۰/۴۰	-۰/۶۱	۱/۰۳	۰/۱۳	۱/۳۲	-۱/۳۹	-۰/۰۶	-۱/۳۳	۱/۲۸	-۰/۹۰	۰/۱۷	-۰/۱۹	-۰/۳۰
کرمانشاه	۱/۱۶	۰/۰۵	**۲/۲۷***	-۱/۵۵	-۱/۰۲	-۱/۰۸	**۲/۸۵****	-۱/۵۷	-۰/۲۱	۰/۹۸	-۰/۲۳	۱/۸۸	۰/۰۲
مشهد	۰/۵۸	-۰/۵۷	۰/۳۵	-۱/۰۶	-۰/۱۴	۰/۷۳	۱/۴۷	۱/۵۰	۰/۶۳	-۰/۱۱	۱/۰۳	۰/۴۸	-۰/۹۰
ارومیه	-۱/۸۶	-۰/۳۲	-۱/۰۷	-۰/۴۵	-۰/۷۲	**-۲/۱۸***	-۰/۵۶	-۱/۲۱	-۱/۶۸	۰/۳۰	۰/۸۷	-۰/۲۵	۰/۱۰
رامسر	۰/۹۷	-۰/۹۲	-۰/۰۳	-۱/۰۵	-۰/۱۸	-۰/۲۷	۰/۱۱	-۱/۳۰	-۰/۱۳	۰/۵۴	-۱/۸۰	-۰/۲۵	۱/۲۲
رشت	-۰/۱۶	۱/۴۴	-۰/۲۴	۰/۹۲	۰/۱۷	**-۲/۲۹***	-۰/۶۰	۱/۰۷	۰/۶۳	**۲/۱۵***	۰/۴۹	۰/۰۱	۰/۷۶
سبزوار	۰/۷۵	۰/۷۳	۰/۵۰	-۱/۱۵	-۰/۶۲	-۰/۰۳	۰/۴۴	۱/۲۵	۱/۳۳	۰/۸۸	۱/۱۱	۰/۴۶	۰/۲۸
سنندج	**-۲/۸۷****	**-۲/۲۷***	-۰/۰۴	-۰/۹۲	-۰/۵۹	-۰/۰۵	۱/۶۲	-۱/۹۳	-۰/۷۴	۰/۰۷	-۰/۶۳	۰/۲۷	-۰/۷۷
سمنان	۰/۸۲	**-۲/۴۸***	۰/۲۷	۰/۶۱	-۰/۵۵	-۰/۷۰	۱/۵۱	۱/۵۳	۰/۷۶	-۰/۸۷	۰/۶۹	۱/۰۲	۰/۳۹
شهرکرد	۰/۰۹	-۱/۱۴	۱/۲۱	-۱/۶۸	۰/۶۰	۱/۶۳	**۲/۲۹***	۰/۳۲	۱/۹۶	۰/۹۱	۱/۴۰	۰/۷۰	-۰/۳۴
شاهرود	۰/۶۶	۰/۵۹	۰/۱۷	-۰/۸۱	-۰/۳۵	۱/۴۱	۰/۰۳	۱/۰۵	۰/۶۹	۱/۰۶	-۰/۰۱	۱/۷۵	۱/۶۴
شیراز	۰/۷۰	-۱/۰۲	-۰/۲۹	-۰/۶۲	-۰/۲۱	**۲/۱۶***	۰/۲۲	۰/۶۳	۱/۳۵	۱/۴۲	-۰/۳۵	۰/۱۱	-۱/۱۸
تبریز	-۱/۸۲	**-۳/۰۶****	-۱/۷۳	۰/۳۹	-۰/۶۰	-۱/۸۰	۰/۸۷	۰/۰۱	-۱/۰۶	۰/۰۵	-۰/۱۳	۰/۳۹	**-۲/۴۹***
تهران- مهرآباد	۱/۵۲	-۰/۵۷	۱/۲۶	۰/۷۳	۱/۰۶	-۰/۶۰	۰/۹۶	-۰/۱۷	-۰/۵۷	۰/۶۸	-۰/۸۶	**۲/۴۹***	۱/۷۲
یزد	۱/۲۶	۰/۱۶	۰/۵۳	**-۲/۷۹****	-۰/۲۳	۰/۸۴	۰/۹۲	**-۲/۱۴***	-۱/۱۸	-۰/۵۷	۰/۸۶	۰/۵۵	-۰/۱۸
زابل	۱/۰۲	-۰/۱۸	۰/۴۲	-۱/۷۸	-۰/۵۸	-۰/۹۷	-۰/۶۴	-۰/۵۶		-۰/۲۳	-۰/۰۸	۱/۱۹	-۰/۲۵
زاهدان	-۱/۳۷	-۱/۶۱	-۱/۹۵	**-۲/۰۲***	-۱/۰۸	۰/۷۵	۰/۳۴	۰/۸۷	-۰/۱۰	۱/۱۴	-۰/۱۰	-۱/۰۴	-۲/۶۰
زنجان	۰/۸۸	-۰/۷۱	۰/۸۱	-۰/۲۷	۰/۷۴	-۱/۱۰	۱/۴۰	۰/۴۳	-۰/۸۳	۰/۱۴	-۰/۰۶	۰/۸۰	-۰/۸۸

*معنی‌داری در سطح ۵ درصد

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

نتیجه گیری

در این مطالعه تغییرپذیری باران در کل ایران با تحلیل روند عامل اقلیمی حداکثر باران ۲۴ ساعته در مقیاس سالانه و ماهانه که از ۳۳ ایستگاه جمع‌آوری شده‌اند، بررسی شد. آزمون من-کندال برای تعیین روند عامل اقلیمی مذکور استفاده شد و نشان داد که تمام ایستگاه‌های انتخاب شده در ماه‌های مه و سپتامبر فاقد روند معنی‌دار می‌باشند. در فصل بهار (ماه‌های آوریل و مه) تقریبا اکثریت ایستگاه‌ها روند منفی غیرمعنی‌دار نشان می‌دهند و تنها روندهای مثبت غیرمعنی‌دار در حاشیه شمالی و تا حدودی مرکز دیده می‌شود. در این فصل ایستگاه‌هایی با روند معنی‌دار بیشتر در قسمت‌های غرب و شمال غربی ناحیه مرکزی می‌باشند. اکثریت ایستگاه ها در فصل تابستان (ماه های ژوئن، ژوئیه و اوت) دارای روند مثبت غیرمعنی‌دار هستند و روندهای معنی‌دار مانند دو کمربند می‌باشند که یکی از ناحیه شمال غرب به سمت شمال و دیگری از ناحیه شمال غرب به سمت جنوب کشیده شده‌اند. در فصل پاییز تعداد ایستگاه‌ها با روند معنی‌دار کم می‌باشد و در فصل زمستان (ماه های دسامبر و ژانویه) اکثریت ایستگاه‌ها دارای روند مثبت غیرمعنی‌دار و در ماه فوریه اکثریت ایستگاه‌ها دارای روند منفی غیرمعنی‌دار می‌باشند و ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار بیشتر در حاشیه شمالی و شمال غربی واقع شده‌اند. بررسی سالانه نشان می‌دهد ۱۲/۱٪ (۴ ایستگاه) روند معنی‌دار دارند و اکثریت ایستگاه‌ها روند صعودی نشان می‌دهند. با توجه به آثار افزایش باران حداکثر ۲۴ ساعته بر وقوع سیل و منابع آب، توجه به روند حداکثر باران ۲۴ ساعته به همراه روند دیگر عوامل اقلیمی می‌تواند کمک شایانی به حفظ منابع آبی موجود در آینده نماید. بنابراین افزایش باران حداکثر ۲۴ ساعته خصوصا در ایستگاه‌های شمالی و افزایش احتمال وقوع سیل، تاثیر بر منابع آب و ایجاد خسارت‌های احتمالی به بخش کشاورزی ، لزوم مطالعات بیشتر در ایجاد طرح‌های حفاظتی و بررسی مناطق سیل‌خیز را پیشنهاد می‌نماید.

مراجع

۱- عزیزی، ق.۱۳۸۳. *تغییر اقلیم*، انتشارات نشر قومس.

۲- کوچکی، ع.، ح.ر. شریفی، و ا. زند. ۱۳۷۷. *پیامدهای اکولوژیکی تغییر اقلیم*. مشهد، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

3- Chapanniere, A. and Smakhti, V. (2006) A review of climate change scenarios and preliminary rainfall trend analysis in the Oum Er Rbia basin, Morocco. *International Water Management Institute*, Sri Lanka.

4- Kallache, M., Rust H.W. and Kropp, J. (2005) Tend assessment applications for hydrology and climate research*, Nonlinear processes in Geophysics*, 12, 201-210.

5- Kunkel, K. (2003) North American trends in extreme precipitation, *Natural Hazards*, 29, 291-305.

۶- محمدنژاد، ش. و س.م. شرفی. ۱۳۸۳. *تغییرات آب و هوا*، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

7- Xu, Z.X., Takeuchi, K. and Ishidaira, H. (2003) Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of Hydrology*, 27,144-150.

8- Xu, Z.X, Takeuchi, K., Ishidaira, H. and Li, J.Y. (2005) Long-term trend analysis for precipitation in Asia Pacific Friend river basin, *Hydrological Processes*, 19, 3517-3532.

9- Yu, P.S., Yang, T.C. and Kuo. C.C. (2006) Evaluating long-term trends in annual and seasonal precipitation in Taiwan, *Water Resources Management*, 20, 1007-1023.

۱۰- رحیم زاده، ف.، ا. فتاحی و س.ف. حسینی دستک.۱۳۸۴. بررسی تغییر پذیری اقلیمی در ایران با بهره‌گیری از مدل‌های آماری. *تحقیقات منابع آب ایران*، ۲: ۶۱-۷۳.

11- Gemmer, M., Becker, S. and Jiang, T. (2004) Observed monthly precipitation trends in China 1951-2002. *Theor. Appl. Climatol*., 77, 39-45.

12- Modarres, R. and Silva, V. (2007) Rainfall trends in arid and semi–arid regions of Iran. *Journal of environments*, 70, 344-355.

13- Raziei, T., Arasteh, P. D. and Saghafian, B. (2005) Annual rainfall trend in arid & semi – arid regions of Iran, *ICID21st European regional Conference*.

14- Khaled, H.H. and Ramchandra Rao, A. (1998) A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *Journal of Hydrology*, 204, 182-196.

15- Onoz, B. and Bayazit, M. (2003) The power of statistical tests for trend detection, *Turkish. J. Eng. Env. Sci.*, 27, 247-251.

۱۶- بزرگ نیا، ا.، ا. علیزاده، م. نقیب زاده و ح. خیابانی. ۱۳۶۹. *تحلیل فراوانی وقایع و ریسک در هیدرولوژی*. مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.

17- Salas, J. D. (1993) *Analysis & modeling of hydrologic time series*. In: D. R. Maidment (Ed) Handbook of Hydrology, 19.1-19.72, Mc Graw Hill, New York.