

تحلیل روند پنج مشخصه مهم بارش‌های روزانه در حوضه دریاچه ارومیه

یعقوب دین‌پژوه^۱ و رعنا صدیق‌پور^{۲*}

چکیده

هدف این مطالعه، بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی مشخصه‌های تعداد روزهای بارش در پنج دسته متمایز، شامل کمتر از ۱ میلی‌متر، ۱ تا ۵، ۵ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۵ و بیش از ۱۵ میلی‌متر در روز در حوضه دریاچه ارومیه است. برای این منظور، از اطلاعات ۲۵ ایستگاه با حداقل ۱۰ سال آمار منتهی به ۲۰۱۵ و از روش‌های مان-کندال (MK) و تخمین‌گر سن (β) استفاده شد. برای تفسیر مکانی روند هر یک از مشخصه‌ها نقشه‌هایی تهیه شد. نتایج نشان داد که مقدار β در ۸۴٪ ایستگاه‌ها، برای مشخصه اول مثبت بود و شیب روند در پنج ایستگاه در جنوب حوضه، دارای روند صعودی معنی‌دار ($\alpha < 0/05$) بود. روند دسته دوم، در ۱۵ ایستگاه نزولی و در پنج ایستگاه معنی‌دار بود. مقدار کمیت β برای مشخصه سوم، در ۴۴٪ ایستگاه‌ها منفی و در ۴ ایستگاه معنی‌دار ($\alpha < 0/10$) بود. در ۳۲٪ ایستگاه‌ها روند نزولی برای دسته ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر مشاهده شد که در سه ایستگاه معنی‌دار ($\alpha < 0/10$) بود. مقدار β برای تعداد روزهای بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر در ۵۲٪ ایستگاه‌ها مثبت بود. مدیریت بهینه منابع آب در این حوضه برای استمرار فعالیت‌های مرتبط با آب به‌ویژه کشاورزی پایدار امری حیاتی است.

واژه‌های کلیدی: تخمین‌گر سن، حوضه دریاچه ارومیه، روز بارانی، تحلیل روند، مان کندال.

ارجاع: دین‌پژوه ی. و صدیق‌پور ر. ۱۳۹۸. تحلیل روند پنج مشخصه مهم بارش‌های روزانه در حوضه دریاچه ارومیه. مجله پژوهش آب ایران. ۳۵: ۶۳-۷۲.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

* نویسنده مسئول: r_sedighpour@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۷/۲۲

مقدمه

مطالعه روند تغییرات مشخصه‌های مختلف بارش‌های روزانه، در مدیریت علمی آب حوضه دریاچه ارومیه اهمیت بسزایی دارد. اگرچه روند تغییرات برخی از پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژیکی به‌طور پراکنده بررسی شده است؛ با این حال، تعداد چنین بررسی‌هایی برای مشخصه‌های مختلف بارش بسیار اندک است. مثلاً صالحی باویل و همکاران (۲۰۱۸)، تغییر در مقدار فراوانی بارش‌های روزانه را در حوضه دریاچه ارومیه بررسی کردند. متأسفانه، نامبرندگان بارش‌های کمتر از یک میلی‌متر را در مطالعه خود به‌کار نگرفته‌اند و دوره آماری مورد بررسی آنان محدود به ۲۰۱۱-۱۹۸۱ بود. زو و همکاران (۲۰۰۳)، روند بارندگی‌های ژاپن را با دو روش مان-کندال (MK) و سن بررسی کردند. آنها نشان دادند که بارش‌ها در ژاپن، فاقد روند معنی‌دار است. یو و هاشینو (۲۰۰۳) روند بارش ماهانه و سالانه ژاپن را با در نظر گرفتن اثر خودهمبستگی بین داده‌ها با آزمون MK مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که در اغلب مناطق ژاپن روند بارندگی منفی و معنی‌دار است. هراس و راتنایاک (۲۰۰۴)، روند بارش‌های سالانه سریلانکا را از سال ۱۹۶۴ تا ۱۹۹۳ بررسی کردند و نتیجه گرفتند که در طی این دوره آماری، روند کاهشی بارش وجود دارد. کایا و پارتال (۲۰۰۷)، روند بارش‌های فصلی را در ترکیه مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که در ۲۳ ایستگاه در فصل زمستان داده‌های بارش روند کاهشی دارند؛ ولی در سری داده‌های فصول دیگر روند معنی‌داری در سطح ۵٪ مشاهده نشد. پال و ال‌تباء (۲۰۰۹)، روند بارش‌های حدی فصول زمستان، بهار و پاییز را در منطقه کرالای هندوستان با استفاده از آزمون MK تحلیل کردند. نتایج آنها نشان داد که روند بارش‌های حدی در فصول زمستان و پاییز افزایشی بوده است و این عامل باعث وقوع سیلاب‌های شدید شده است. با این حال، روند بارش منطقه مذکور در فصل بهار کاهشی بود. خلیق و همکاران (۲۰۰۹)، روند تغییرات زمانی جریان‌های کم‌آبی ۳۰ روزه را در رودخانه‌های کانادا با روش MK بررسی کردند. بنا به گزارش ایشان، در غالب رودخانه‌های با آمار ثبت شده طولانی مدت، فرض استقلال داده‌های جریان رد شده و بنابراین، دارای حافظه بلندمدت هستند. آداموفسکی و همکاران (۲۰۱۰)، روند تغییرات بارش با مدت دوام‌های متفاوت را در ۱۵ ایستگاه واقع در اونیاریای

کانادا مطالعه کردند. نتایج، حاکی از معنی‌دار بودن روند در همه کلاس‌های بارش با مدت دوام‌های متفاوت بود. گونزالز و همکاران (۲۰۱۰)، روند تغییرات بارش کشور اسپانیا را در دوره آماری ۱۹۴۵ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده وجود روند کاهشی در بارندگی ماه‌های مارس و ژوئن و برعکس، روند افزایشی در ماه اکتبر بود. جین و همکاران (۲۰۱۳)، تغییرات بلندمدت بارش و دمای شمال غرب هند را در دوره آماری ۱۸۷۱ تا ۲۰۰۸ مطالعه کردند. ایشان از روش MK در تشخیص روند بهره بردند و در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بارش هیچ‌گونه روند معنی‌داری مشاهده نکردند. چن و همکاران (۲۰۰۴)، روند تغییرات بارش، دما و رواناب حوضه یانگ‌تسه چین را در دوره ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۱ با آزمون MK بررسی کردند. آنها نشان دادند که میانگین دمای هوا دارای روند افزایشی است. بارش این حوضه، روند معنی‌دار نداشته و رواناب روند افزایشی داشته است. آناندی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از داده‌های بارش روزانه، حداکثر دمای هوا و حداقل درجه حرارت هوا در ۲۳ ایستگاه کانزاس آمریکا برای چهار دوره زمانی (از بدو تأسیس تا ۱۹۲۰، ۱۹۲۱ تا ۱۹۵۰، ۱۹۵۱ تا ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۹) در دو مقیاس زمانی (سالانه و فصلی) مقادیر چهارده شاخص را تخمین زدند. آنها نتیجه گرفتند که متوسط طول دوره مرطوب بین ۵۷ تا ۶۴ روز در سال است و همچنین میانگین طول دوره خشک بین ۳۰۲ تا ۳۰۹ روز در سال است. در ایران نیز مطالعات مختلفی درباره تحلیل روند بارش‌ها انجام شده است. مثلاً حجام و همکاران (۱۳۸۷)، روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه ایران مرکزی را با استفاده از روش‌های MK و سن مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که بارندگی‌ها روند معنی‌دار ندارند. میرعباسی نجف‌آبادی و دین‌پژوه (۱۳۹۱)، روند بارش‌های شمال غرب ایران را در ۱۶ ایستگاه و دوره آماری ۲۰۴-۱۹۵۵ با روش MK و سن تحلیل کردند و نتیجه گرفتند که به‌جز جلفا که در تمام ماه‌های سال روند بارش ماهانه منفی بود، در سایر ایستگاه‌ها تلفیقی از روندهای مثبت و منفی وجود داشته است. جهان‌دیده و شیروانی (۱۳۹۱)، با بهره‌گیری از روش MK دنباله‌ای برای مطالعه تغییرات زمانی بارش‌های استان فارس نشان داد که ایستگاه‌های آواده، فسا و شیراز در تاریخ‌های متفاوت روند نزولی بارش را داشته‌اند. محمدی (۱۳۹۲) با استفاده از

حذف شود. برای این کار از ویرایش سوم روش مان کندال (MK₃) استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۲، نتایج حاصل از اجرای روش مان- کندال با دو روش مختلف (MK₁ و MK₃) را درباره ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد؛ به طوری که از این جدول می‌توان استنباط کرد که برای تعداد روزهای با بارش کمتر از یک میلی‌متر تعداد ۵ ایستگاه روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد یا کمتر) داشتند. این ایستگاه‌ها، شامل سقز، مراغه، ارومیه، تکاب و مهاباد بودند. روند صعودی سقز و تکاب حتی در سطح ۱ درصد نیز معنی‌دار بود. برای تعداد بارش‌های بین ۱ تا ۵ میلی‌متر، روند صعودی معنی‌دار مشاهده نشد؛ برعکس، پنج ایستگاه روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰٪ یا کمتر) از خود نشان دادند که شامل سقز، ارومیه، پیرانشهر، تکاب و مهاباد بودند. روند نزولی در دو ایستگاه ارومیه و تکاب حتی در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. درباره تعداد روزهای بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر، چهار ایستگاه، شامل تبریز، سقز، مراغه و ارومیه روند نزولی معنی‌دار (α ≤ ۰/۱) داشتند و تنها یک ایستگاه، به نام هریس، روند صعودی معنی‌دار (در سطح ۵ درصد) از خود نشان داد. برای تعداد روزهای با بارش بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر، سه ایستگاه (اهر، ارومیه و کهریز) روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰ درصد یا کمتر) داشتند؛ در حالی که فقط دو ایستگاه (مراغه و شاهین‌دژ) روند صعودی معنی‌دار (α ≤ ۰/۱) از خود نشان دادند. درباره تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر فقط یک ایستگاه (مراغه) روند نزولی معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشت؛ در حالی که روند صعودی معنی‌دار فقط در کهریز (در سطح ۵ درصد) مشاهده شد. جدول ۲، نتایج روند تغییرات مکانی سری‌های بارش‌های روزانه با عمق‌های مختلف را در حوزه آبریز دریاچه ارومیه در دوره آماری اشاره‌شده (در جدول ۱) نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲- الف، می‌توان دریافت که دو ایستگاه واقع در قسمت جنوب دریاچه ارومیه (مراغه و مهاباد) برای تعداد روزهای کم‌باران (بارش ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر) دارای روند صعودی (معنی‌دار در سطح ۱۰٪) و دو ایستگاه دیگر (تکاب و سقز) روند صعودی معنی‌دار در سطح ۵٪ داشتند؛ بنابراین، می‌توان فهمید که تعداد روزهای کم‌باران دارای روند معنی‌دار در بخش‌های

کنند. برای تخمین شیب خط روند، از تخمین‌گر سن بهره گرفته شد. در این مطالعه، برای آزمون روند تغییرات تعداد روزهای همراه با بارش در دسته‌های مختلف (عمق ۰/۱ تا ۱، ۱ تا ۵، ۵ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۵ و بیش از ۱۵ میلی‌متر) از روش MK استفاده شد. ابتدا، اثر خودهمبستگی داده‌ها از روند حذف شد تا بتوان از آزمون MK استفاده کرد. بدین منظور، در مطالعه حاضر علاوه بر آزمون مان کندال مرسوم (MK₁) از ویرایش اصلاح‌شده آن، یعنی آزمون مان-کندال با حذف کامل ساختار خودهمبستگی (MK₃) استفاده شد. این روش‌ها در کومار و همکاران (۲۰۰۹) شرح داده شده‌اند.

تخمین‌گر شیب سن

مقدار شیب خط روند با استفاده از شیوه ارائه‌شده توسط تیل (۱۹۵۰) و سن (۱۹۶۸) از معادله زیر برآورد شد:

$$b = \text{Median} \frac{x_j - x_l}{j - l} \quad " l < j \quad (1)$$

که در آن x_j و x_l ، به ترتیب مقادیر داده‌ها در زمان‌های i و j ($j > i$) هستند. همچنین، منظور از Median(u) میانۀ مقادیر u است. در این روش، فرض این است که روند داده‌ها خطی و یکنواخت است و واحد شیب خط روند، همان واحد متغیر مورد بررسی (میلی‌متر در سال) است. مقادیر مثبت و منفی β به ترتیب، نشان‌دهنده روند افزایشی و کاهش داده‌هاست. ضریب خودهمبستگی مرتبه k ام $\frac{n}{4}$ ($k=1,2,3,\dots$) که به r_k نشان داده می‌شود، از معادله زیر محاسبه شد:

$$r_k = \frac{-1 - 1.645\sqrt{n-2}}{n-2} \varepsilon r_k \varepsilon \frac{-1 + 1.645\sqrt{n-2}}{n-2} - \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x}) \quad (2)$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

که در آن: n ، تعداد داده‌ها؛ \bar{x} ، میانگین داده‌ها؛ و k ، شماره تأخیر است. برای آزمون معنی‌داری آن اگر شرط ارضا شود، داده‌ها در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد مستقل از هم‌اند؛ در غیر این صورت، ضریب خودهمبستگی معنی‌دار (در سطح ۱۰٪) بوده و لازم است قبل از انجام آزمون روند، اثر خودهمبستگی داده‌ها از سری زمانی مربوطه

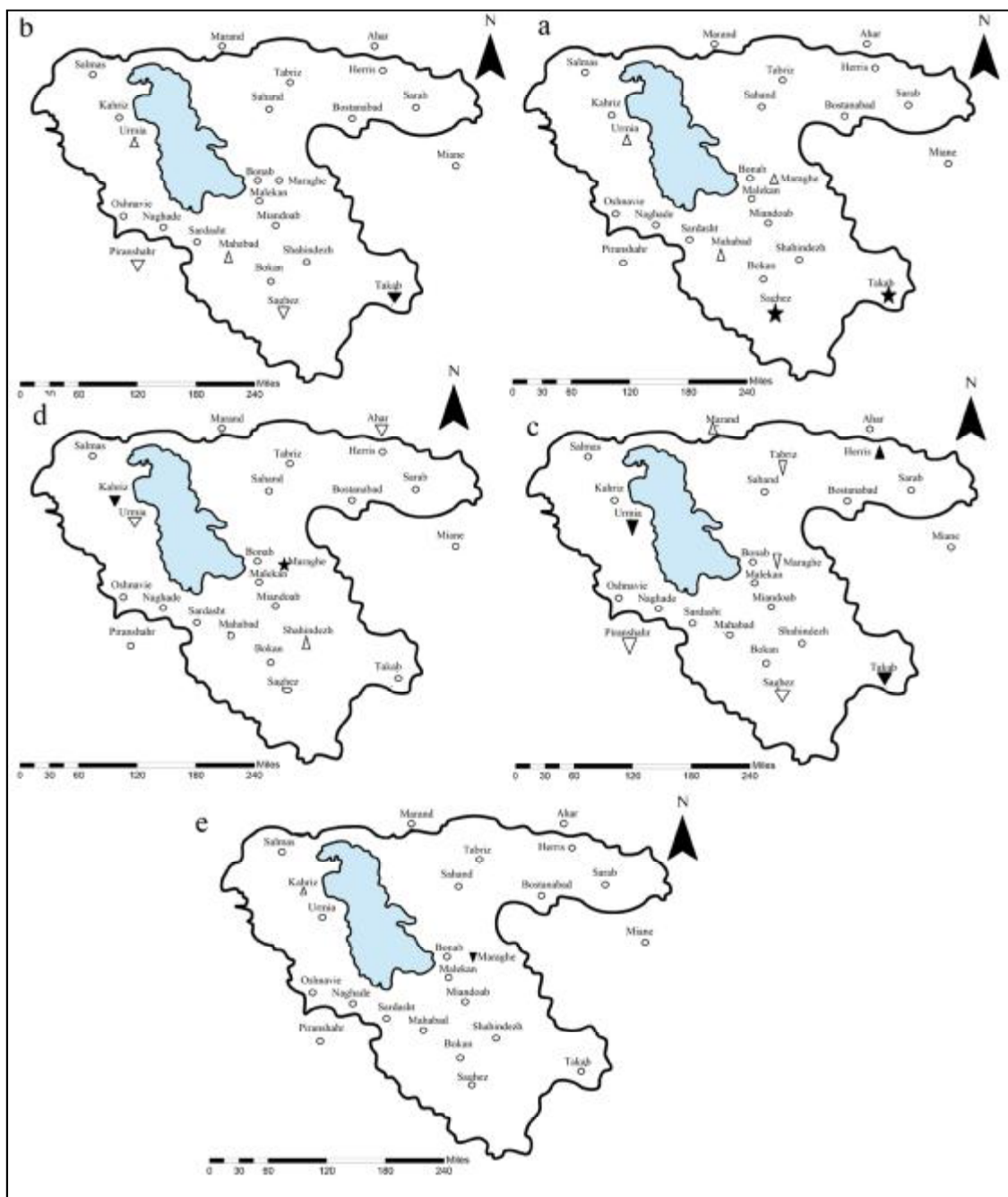
جنوبی حوضه متمرکز شده‌اند و سایر قسمت‌های حوضه روند معنی‌دار (اعم از صعودی یا نزولی) ندارند. همچنین، با توجه به شکل ۲- ب، می‌توان فهمید که در حاشیه جنوبی دریاچه ارومیه، روند تعداد روزهای بارش بین ۱ تا ۵ میلی‌متر نزولی است؛ طوری که سه ایستگاه (پیرانشهر، سردشت و سقز) روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۱۰٪) و ایستگاه تکاب روند نزولی معنی‌دار (در سطح ۵٪) داشتند. به عبارت بهتر، بخش‌های جنوبی حوضه (به جز مهاباد) از نظر تعداد روزهای بارش ۱ تا ۵ میلی‌متر روند نزولی معنی‌دار داشتند و سایر قسمت‌های حوضه روند

صعودی یا نزولی) معنی‌دار نداشته‌اند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه، نه تنها تعداد روزهای بارش کمتر از یک میلی‌متر افزایش داشته‌است؛ بلکه تعداد روزهای بارش‌های سبک (۱ تا ۵ میلی‌متر) نیز روند کاهشی داشته است. به طور مشابه، از شکل ۲- ج، می‌توان دریافت که سه ایستگاه مراغه، سقز و ارومیه روند نزولی معنی‌دار ($\alpha < 0.1$) داشتند و یک ایستگاه واقع در شرق حوضه به نام (هریس) روند صعودی معنی‌دار ($\alpha < 0.5$) از خود نشان دادند.

جدول ۲- مقادیر آماره Z ایستگاه‌ها برای پنج شاخص بارش‌های روزانه در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبریز دریاچه ارومیه

R>15		10<R<15		5<R<10		1<R<5		0.1<R<1		شاخص
MK3	MK1	MK3	MK1	MK3	MK1	MK3	MK1	MK3	MK1	ایستگاه
-۱/۳۹۶	-	-۱/۴۷۵	-	-۱/۸۷	-	-۱/۴۷۴	-	۱/۶۳	-	تبریز
-۱/۶۴۹	-	۰/۶۴۲	-	-۰/۸۵۶	-	-	۰/۲۳۱	-	-۰/۸۳۸	اهر
۰/۷۱۵	-	-۰/۰۸۹	-	۰/۷۱۵	-	-	۰/۳۵۷	-	-۰/۶۲۶	بستان‌آباد
۰/۴۵۰	-	۰/۸۵۵	-	-۰/۱۸۰	-	-	۰/۲۲۵	-	-۰/۴۰۵	بناب
۱/۱۳۱	-	۰/۴۵۰	-	۱/۶۶۹	-	-	-۰/۶۰۰	-	-۰/۱۳۱	سراب
-۰/۶۴۲	-	-	-۱/۱۰۴	-۱/۹۴۴	-	-	-۱/۶۷۷	-	۲/۶۰۴**	سقز
۱/۴۲۷	-	۰/۷۷۸	-	-۱/۱۰۳	-	-	۰/۰۶۴	-	-۰/۰۶۴	سهند
۲/۳۶۷**	-	-۲/۱۴۰*	-	-۱/۶۵۴	-	-	-۱/۵۴۰	۱/۷۰۲	-	مراغه
۰/۶۳۰	-	۱/۳۹۵	-	۱/۷۱	-	-۱/۰۴۳	-	-	-۱/۲۱۵	مرند
۱/۲۰۱	-	۰/۳	-	۰/۴۵۰	-	-	-۰/۹۰۱	-	-۰/۱۵۰	ملکان
.	-	۰/۹۵۶	-	۰/۴۱۳	-	-	.	-	-۰/۱۸۷	میانه
.	-	۰/۹۸۹	-	۱/۹۷۹*	-	-	-۰/۸۶۶	-	.	هریس
-	-۱/۷۹۵	-۰/۸۲۰	-	-۱/۹۷۲*	-	-	-۱/۹۸۸*	۱/۶۶	-	ارومیه
۰/۲۶۸	-	۰/۴۴۷	-	۰/۶۲۶	-	-	-۰/۹۸۳	-	۰/۲۶۸	اشنویه
۰/۲۳۳	-	۰/۶۲۲	-	۰/۴۶۷	-	-	-۰/۳۱۱	-	.	بوکان
۰/۹	-	۰/۶۱۹	-	-۰/۶	-	-	-۱/۸۵۷	-	۱/۲۵۶	پیرانشهر
-۱/۲۱۳	-	-۱/۵۸۷	-	.	-	-	-۲/۰۵۱*	-	۲/۵۳۳**	تکاب
-۰/۱۲۶	-	-۱/۴۵۱	-	-۱/۵۳۰	-	-۱/۴۴۰	-	۱/۴۱۲	-	خوی
-۱/۱۶۵	-	-	۰/۶۶۲	۰/۴۵۴	-	-	.	-	-۰/۴۵۴	سردشت
-۰/۱۶۴	-	۱/۳۱۳	-	-۰/۷۱۱	-	-	۰/۶۵۶	-	-۰/۲۷۳	سلماس
۱/۶۶۸	-	۱/۱۴۶	-	۰/۵۲۱	-	-	-۰/۴۱۷	-	-۰/۳۱۲	شاهین‌دژ
-۲/۰۸۵*	-	۱/۶۶۸	-	-۰/۷۲۹	-	-	۰/۷۲۹	-	-۰/۲۰۸	کهریز
-۰/۱۱۸	-	-۱/۲۴۷	-	-۰/۶۷۹	-	-	-۱/۷۵۰	-	۱/۸۵۲	مهاباد
۱/۲۸۱	-	-۱/۳۴۲	-	-۰/۴۸۸	-	-	-۰/۶۷۱	-	۱/۱۵۹	میاندواب
-۰/۸۷۵	-	-۰/۳۲۸	-	۰/۷۶۶	-	-	-۰/۰۵۴	-	۰/۶۵۶	نقده

توجه: نمادهای * و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد بوده و اعداد پر رنگ به منزله معنی‌داری در سطح ۱۰٪ هستند. علامت خط تیره در ستون MK₁ حاکی از معنی‌دار شدن یک یا چند ضریب خود همبستگی در سری زمانی است. بنابراین، برای این‌گونه موارد از روش MK₃ استفاده شده است. در مواردی که هیچ یک از ضرایب خود همبستگی معنی‌دار نبودند، از ویرایش MK₁ استفاده شد و علامت خط تیره در ستون MK₃ قرار داده شد. R میزان بارش روزانه به میلی‌متر است.



شکل ۲- توزیع مکانی روند تغییرات پارامترهای الف) تعداد روزهای با بارش بین ۰/۱ تا ۱؛ ب) تعداد روزهای با بارش بین ۱ تا ۵؛ ج) تعداد روزهای با بارش بین ۵ تا ۱۰؛ د) تعداد روزهای با بارش بین ۱۰ تا ۱۵؛ و ی) تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر در روز. توجه: نمادهای مثلث رو به بالا (توخالی)، مثلث رو به پایین (تو خالی)، مثلث رو به بالا (تو پر)، مثلث رو به پایین (تو پر) و ستاره به ترتیب، نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۱۰٪ (صعودی)، معنی‌داری در سطح ۱۰٪ (نزولی)، معنی‌داری در سطح ۵٪ (صعودی)، معنی‌داری در سطح ۵٪ (نزولی) و معنی‌داری در سطح ۱٪ (صعودی) هستند.

به‌طوری که از شکل ۲- د می‌توان استنباط کرد، دو ایستگاه در بخش شرق حوضه موسوم شاهین‌دژ و مراغه در خصوص تعداد روزهای با بارش ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر دارای روند صعودی معنی‌دارند. این روند در خصوص ایستگاه‌های اول و دوم به ترتیب، در سطوح ۱۰٪ و ۱٪ معنی‌دار بوده و تنها ایستگاهی که روند نزولی معنی‌دار

افزون بر این، یک ایستگاه واقع در بیرون مرز شمالی حوضه (مرند) در خصوص تعداد روزهای با بارش ۵ تا ۱۰ میلی‌متر روند صعودی معنی‌دار ($\alpha < 0/1$) داشت. می‌توان نتیجه گرفت که بخش‌های شمال شرق حوضه دارای روند صعودی (در مورد تعداد روزهای با بارش ۵ تا ۱۰ میلی‌متر) و بخش‌های جنوبی آن روند نزولی داشتند.

با توجه به شکل ۲-۱ می‌توان نتیجه گرفت، ایستگاه مراغه واقع در مرکز حوضه دارای روند نزولی معنی‌دار ($\alpha < 0.05$) برای بارش‌های سنگین (بیشتر از ۱۵ میلی‌متر) بود؛ در حالیکه ایستگاه کهریز دارای روند صعودی معنی‌دار در سطح ۱۰٪ بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که بخش‌های مرکزی حوضه از نظر تعداد روزهای با بارش‌های بسیار شدید (بیش از ۱۵ میلی‌متر) روند کاهشی داشته است؛ در حالیکه بخش غربی حوضه روند صعودی معنی‌دار داشته است. بنابراین، به نظر می‌رسد که احتمال وقوع سیلاب‌های شدید در مرکز و غرب حوضه بیشتر از سایر نواحی است.

در خصوص تعداد روزهای با بارش ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر در روز داشت، متعلق به کهریز (واقع در غرب دریاچه ارومیه) است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که در نیمه جنوبی منطقه مورد مطالعه، تعداد روزهای خشک زیاد شده و تعداد روزهای با بارش‌های سبک (۱ تا ۵ و ۵ تا ۱۰ میلی‌متر) کم شده است. اما در مورد تعداد روزهای با بارش‌های سنگین، روند افزایشی حاکم است. واضح است که چنین وضعیتی شرایط اکولوژیکی منطقه را برهم زده و موجب کمبود آب باران برای رشد محصولات دیم و افزایش نرخ فرسایش سطح خاک و ایجاد سیلاب‌های شدید می‌شود.

جدول ۳- مقادیر شیب خط روند (β) پنج شاخص مختلف بارش‌های روزانه در ایستگاه‌های منتخب حوضه دریاچه ارومیه

ردیف	ایستگاه	کم از یک میلی‌متر	بین ۱ تا ۵ میلی‌متر	بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر	بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر	بیش از ۱۵ میلی‌متر
۱	تبریز	۰/۴۵۹	-۰/۳۶۵	-۰/۰۷۴	-۰/۰۲۵	-۰/۰۲۹
۲	اهر	۰/۱۴۲	۰/۰۵۰	-۰/۰۴۱	-۰/۰۹۵	۰/۰۰۰
۳	بستان اباد	-۰/۸۰۰	۰/۵۰۰	۰/۳۳۳	۰/۲۵۰	۰/۰۰۰
۴	بناب	۰/۱۳۳	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۹۱
۵	سراب	۰/۰۰۰	-۰/۱۳۱	-۰/۱۵۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۶	سقز	۰/۶۴۲	-۰/۲۷۲	-۰/۱۳۰	-۰/۰۴۵	-۰/۰۵۵
۷	سهند	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۰۲	۰/۰۷۱	۰/۰۰۰
۸	مراغه	۰/۵۹۶	-۰/۲۴۵	-۰/۱۳۳	-۰/۱۰۵	-۰/۱۰۰
۹	مرند	-۰/۵۱۹	-۰/۱۵۴	۰/۳۶۶	۰/۱۱۸	۰/۲۲۶
۱۰	ملکان	۰/۳۳۳	-۱/۷۵۲	۰/۳۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳۳
۱۱	میانه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۱۲	هریس	۰/۱۷۵	-۱/۳۷۵	۱/۶۳۳	۰/۰۰۰	۰/۴۶۴
۱۳	ارومیه	۰/۳۳۳	-۰/۱۶۶	-۰/۰۷۱	-۰/۰۵۵	-۰/۰۲۴
۱۴	اشنویه	۰/۴۰۰	۰/۸۷۵	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۲۰۰
۱۵	بوکان	۰/۰۰۰	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۱۱۱
۱۶	پیرانشهر	۰/۳۳۳	-۰/۲۵	-۰/۰۶۱	-۰/۰۹۷	۰/۰۶۴
۱۷	تکاب	۰/۵۰۰	-۰/۳۰۷	۰/۰۰۰	۰/۰۵۸	-۰/۰۹۰
۱۸	خوی	۰/۴۱۸	-۰/۲۸۱	-۰/۰۸۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۱۹	سردشت	۰/۰۰۰	۰/۰۵۲	۰/۰۵۲	-۰/۱۱۱	۰/۰۶۰
۲۰	سلماس	-۰/۱۰۰	۰/۲۰۰	-۰/۱۱۱	۰/۰۰۰	۰/۱۲۵
۲۱	شاهین دژ	-۰/۴۶۴	-۰/۸۰۰	۰/۴۴۲	۰/۵۸۵	۰/۴۰۰
۲۲	کهریز	۰/۵۰۰	۰/۵۸۳	۰/۵۸۳	-۰/۷۳۲	۰/۳۰۹
۲۳	مهاباد	۰/۳۳۰	-۰/۲۰۰	-۰/۰۳۸	۰/۰۰۰	۰/۰۶۲
۲۴	میاندوآب	۰/۹۵۰	-۰/۶۲۵	-۰/۱۷۱	۰/۱۵۴	۰/۲۰۰
۲۵	نقده	۰/۲۰۰	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۰۰۰	۰/۱۲۵
	میانه شیب‌ها	۰/۲۰۰	-۰/۱۵۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۶۰

روند تعداد روزهای این قبیل بارش‌ها در مطالعه ما نزولی و معنی‌دار بود. در مطالعه صالحی باویل و همکاران (۲۰۱۸)، تغییرات فراوانی بارش‌های بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر معنی‌دار نبود که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد. همچنین، در مطالعه ایشان، روند فراوانی بارش‌های ۵ تا ۱۰ میلی‌متر نزولی گزارش شده است که با نتایج فعلی مطابقت دارد. با توجه به این واقعیت که روند تغییرات تبخیر و تعرق در این حوضه صعودی است (دین‌پژوه و همکاران، ۲۰۱۸) و از سوی روند بارش در تبریز نزولی (دین‌پژوه و همکاران، ۱۳۹۴) است؛ بنابراین، استفاده منطقی از آب به‌ویژه در بخش کشاورزی امری حیاتی است.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، تحلیل روند مشخصه‌های مختلف بارش در ۲۵ ایستگاه حوضه دریاچه ارومیه تحلیل شد. نتایج نشان داد که شیب خط روند برای بارش‌های روزانه که در دسته بین یک‌دهم و یک میلی‌متر قرار می‌گیرند، در ۸۴٪ ایستگاه‌ها صعودی است. شیب خط روند در اغلب ایستگاه‌ها برای رویدادهای با بارش‌های بین ۱ تا ۵ میلی‌متر در روز منفی بود؛ در نتیجه، می‌توان گفت که چنین بارش‌های سبک بدون استفاده گیاه، به‌صورت تبخیر هدر می‌روند. در حالت کلی، برای دسته بارش‌های بیش از ۵ میلی‌متر در روز، شیب خط روند در حدود ۴۳٪ ایستگاه‌ها منفی بود؛ در حالی که ۳۰٪ شیب خط روند صعودی و بقیه (یعنی ۲۷٪) شیب صفر داشتند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که ترکیبی از روندهای مثبت و منفی در مورد رخدادهای با بارش سنگین در حوضه دریاچه ارومیه وجود دارد. در ادامه این کار پژوهشی پیشنهاد می‌شود که روند تغییرات تاریخ وقوع بارش‌های سنگین در حوضه مطالعه شود. به نظر می‌رسد که سازگاری مردم و مسئولان با طبیعت از نظر تغییرات اقلیمی تنها راه ادامه فعالیت پایدار در منطقه است. لازم است که مدیران صنعت آب و کشاورزی، در این حوضه، تصمیم‌های علمی و عملی برای حفاظت آب و به تبع آن حفاظت خاک بگیرند. اگر سیلاب‌ها خوب مهار شوند، فرسایش خاک نیز تا حدودی مهار می‌شود. بنابراین، احداث سد در مقابل رودخانه‌ها نه تنها ضرری برای جامعه ندارد بلکه برای جلوگیری از تلفات انسانی و خسارات مالی

جدول ۳، مقادیر شیب خط روند (β) را برای الف) تعداد روزهای با بارش بین یک‌دهم تا ۱؛ ب) بین ۱ تا ۵؛ ج) بین ۵ تا ۱۰؛ د) بین ۱۰ تا ۱۵؛ و ه) بیش از ۱۵ میلی‌متر نشان می‌دهد؛ به‌طوری که از این جدول می‌توان فهمید، شیب خط روند برای بارش‌های روزانه که در دسته کمتر از یک میلی‌متر قرار می‌گیرند، اغلب مثبت است. تندترین شیب مثبت متعلق به ایستگاه‌های میاندوآب با $\beta=0/95$ (روز در سال) و پس از آن، سقز با $\beta=0/642$ (روز در سال) است. از میان ۲۵ ایستگاه مورد بررسی، تعداد چهار ایستگاه سلماس، شاهین‌دژ، بستان‌آباد و مرند دارای شیب خط روند نزولی‌اند و سایر ایستگاه‌ها، دارای شیب صعودی هستند؛ به‌عبارت دیگر، ۸۴٪ ایستگاه‌ها دارای β مثبت برای تعداد روزهای بی‌باران هستند. همچنین، می‌توان نتیجه گرفت که β برای بارش‌های بین ۱ تا ۵ میلی‌متر در روز اغلب منفی است و تندترین شیب مربوط به ملکان با $\beta=-0/175$ (روز در سال) و بعد از آن هریس با $\beta=-1/375$ (روز در سال) است. ۱۵ ایستگاه دارای شیب خط روند نزولی‌اند و بقیه صعودی‌اند. شیب خط روند ۱۱ ایستگاه (۴۴٪) برای بارش‌های بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر در روز منفی بود و ده ایستگاه (۴۰٪) شیب مثبت و سه ایستگاه (۱۶٪) دارا شیب صفر بودند. بیشترین β مربوط به هریس با $\beta=1/633$ (روز در سال) بود. برای بارش‌های بین ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر از میان کل ایستگاه‌ها، تعداد هفت ایستگاه (۲۶٪) دارای شیب صعودی و هشت ایستگاه (۳۲٪) نزولی و ده ایستگاه (۴۰٪) شیب صفر داشتند. بیشترین β صعودی مربوط به شاهین‌دژ با آماره $\beta=0/585$ (روز در سال) بود. در مورد تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۵ میلی‌متر در روز ۵۲٪ ایستگاه‌ها شیب مثبت و ۲۴٪ منفی و بقیه (۲۴٪) شیب صفر داشتند. بیشترین شیب صعودی، مربوط به هریس با $\beta=0/464$ (روز در سال) بود. مقایسه نتایج مطالعه فعلی با کار صالحی باویل و همکاران (۲۰۱۸) نشان می‌دهد که بارش‌های با عمق کمتر از ۵ میلی‌متر در روز دارای روند صعودی معنی‌دارند (در سطح یک درصد) که با توجه به آمار ۱۹۸۱-۲۰۱۱ به‌دست آمده‌اند؛ در حالی که در مطالعه فعلی که با دوره آماری منتهی به ۲۰۱۵ انجام شد، معلوم گردید که روند صعودی معنی‌دار، بیشتر در تعداد روزهای با بارش کمتر از یک میلی‌متر مشاهده می‌شود. این مشخصه، توسط صالحی باویل و همکاران (۲۰۱۸) به‌طور مجزا بررسی نشده است؛

منابع

۱. اختصاصی م. جهانبخشی ف. و کوثری م. ۱۳۹۳. بررسی روند بارش در ۳۲ ایستگاه سینوپتیک ایران با روش ناپارامتری و جمع متحرک داده با مرتبه ۱ تا ۴۸ ماهه طی سال‌های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۵. نشریه تحقیقات منابع آب ایران. ۱۱(۲): ۱۵۱-۱۵۶.
۲. جهان‌بخش اصل س. خورشیددوست ع. دین‌پژوه ی. و سرافروزه ف. ۱۳۹۳. روند تغییرات ۲۷ شاخص مرتبط با درجه حرارت و بارش‌های حدی در تبریز. نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی. ۱۸(۵۰): ۱۰۷-۱۳۳.
۳. جهان‌دیده م. و شیروانی ا. ۱۳۹۱. تحلیل روند برای زیرسری‌های زمانی بارش در استان فارس. نشریه مهندسی منابع آب. ۵(۱۲): ۷۳-۸۴.
۴. حجام س. خوشخو ی. و شمس‌الدین‌وندی ر. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه ایران مرکزی با استفاده از روش‌های ناپارامتری. پژوهش‌های جغرافیایی. ۴۶: ۱۵۷-۱۶۸.
۵. دین‌پژوه ی. نیازی ف. و مفید ح. ۱۳۹۴. تحلیل روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در تبریز. نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی. ۱۹(۵۱): ۱۴۵-۱۶۹.
۶. محمدی ب. ۱۳۹۲. تحلیل روند سالانه آستانه بارش‌های سنگین ایران. نشریه تحقیقات جغرافیایی. ۲۸(۱): ۱۶۳-۱۷۶.
۷. میرعباسی نجف‌آبادی ر. و دین‌پژوه ی. ۱۳۹۱. تحلیل روند تغییرات بارش‌های شمال‌غرب ایران در نیم‌قرن گذشته. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). ۳۵(۴): ۷۳-۵۹.
8. Adamowski I. Adamowski K. and Bougadis I. 2010. Influence of trend on short duration design storms. Water Resources Management 24: 401-413.
9. Anandhi A. Hutchinson S. Harrington J. Rahmani V. Kirkham M. B. and Rice C. W. 2016. Changes in spatial and temporal trends in wet, dry, warm and cold spell length or duration Indices in Kansas. International journal of climatology 36: 4085-4101.
10. Chen J. Wub X. Finlayson B. Webber M. Wei T. and Li M. 2004. Variability and

ناشی از سیل (در مواقع طغیان رودخانه) لازم است و یکی از ابزارهای مؤثر در کنترل سیلاب است. در این میان، مدیریت علمی آب قابل دسترس در منطقه (اعم از سطح زمینی و/یا زیرزمینی) مورد مهمی است که تاکنون مغفول مانده و بهای لازم به آن داده نشده است. باید مصرف آب در بخش‌های مختلف (کشاورزی، شرب و صنعت) با لحاظ کردن میزان آبی که خداوند متعال در هر منطقه در اختیار مخلوقات خود (اعم از انسان، گیاهان، دام‌ها، حیوانات اهلی و وحشی که تاکنون با شرایط اقلیمی سازش یافته‌اند) قرار می‌دهد، هماهنگ باشد. سهم آب هر کدام از این مخلوقات باید در مدیریت منابع آب حوزه منظور شود. ضمناً دوراندیشی در کنترل، انتقال و مصرف آب لازم است و صرفه‌جویی در مصرف آن (حتی در اوقات تر سالی) شرط لازم برای گذار سالم از دوره‌های کم‌آبی به شرایط نرمال و/یا پرآبی در حوزه است. برای مدیریت صحیح آب باید به این مسئله مهم (بیلان آب حوزه، مؤلفه‌های مختلف آن شامل بارش، نفوذ، تبخیر، رواناب، تبخیر و تعرق) هشیارانه توجه شود. همواره لازم است در حوزه مقداری آب برای دوره‌های کم‌آبی ذخیره شود. به مردم و به‌ویژه به کشاورزان تفهیم شود که همه آب قابل دسترس قرار نیست تا آخرین قطره (در هر سال) مصرف شود. چه بسا سال (های) بعد ممکن است بارش به حد نیاز نبارد. این کار نیازمند کار فرهنگی دقیق و مداوم است که به‌عنوان نمونه با گنجانیدن مفاهیم مذکور در بخش‌هایی از کتب درسی دانش‌آموزان میسر است؛ در غیر این صورت، تعادل آب در حوزه به مرور زمان از بین می‌رود. در این صورت، تبدیل تدریجی باغات سرسبز، مراتع و کشتزارهای حاصلخیز به بیابان‌های متروکه، خشک‌شدن تالاب‌ها و دریاچه ارومیه و زوال برخی از گونه‌های گیاهی و جانوری با اهمیت (مانند آرتمیا و ...) سازگار با اقلیم منطقه، دور از انتظار نخواهد بود.

سپاس‌گزاری

از سازمان هواشناسی کل کشور که داده‌های مورد نیاز این مطالعه را تأمین کردند، قدردانی می‌شود. ضمناً از استادان محترم داور مقاله و نیز مدیر محترم مجله که با صرف وقت ارزشمند خود نقش مهمی در بهبود کیفیت این مقاله ایفا کردند، تشکر می‌شود.

in Japan. *J. of the American Water Resources Association*. 39(3): 587-596.

- trend in the Hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation and runoff. *Journal of Hydrology*. 513: 403-412.
11. Dinpashoh Y. Jahanbakhsh-Asl S. Rasouli A. A. Foroughi M. and Singh V. P. 2018. Impact of climate change on potential evapotranspiration (case study: west and NW of Iran). *Theoretical and Applied Climatology*. 136: 185-201.
 12. Gonzalez J. C. Brunetti M. and Luis M. D. 2010. Precipitation trends in Spanish on hydrological divisions, 1946-2005. *Climate Research*. 43: 215-228.
 13. Herath S. and Ratnyake U. 2004. Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts. a case study from Sri Lanka (1964-1993). *Global Environmental Change*. 14: 71-79.
 14. Jain S. K. Kumar V. and Saharia M. 2013. Analysis of rainfall and temperature trends in Northeast India. *International Journal of Climatology*. 33: 968-978.
 15. Kahya E. and Partal T. 2007. Is seasonal precipitation decreasing or increasing in Turkey? *Online Journal of Earth Sciences*. 1(1): 43-46.
 16. Khaliq M. N. Ouarda T. B. M. J. and Gachon P. 2009. Identification of temporal trends in annual and seasonal low flows occurring in Canadian rivers: the effect of short- and long- term persistence. *Journal of Hydrology*. 369: 183-197.
 17. Kumar S. Merwade V. Kam J. and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*. 374(1-2): 171-183.
 18. Pal M. and Al-Tabaa A. 2009. Trends in seasonal precipitation extremes- an indicator of climate change in Kerala, India. *Journal of Hydrology*. 367: 62-69.
 19. Salehi Babil S. Zeinalzade K. and Hessari B. 2018. The changes in frequency of daily precipitation Urmia Lake basin, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*. 133(1-2): 205-214.
 20. Sen P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63: 1379-1389.
 21. Thiel H. 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis. *Proceedings of the Royal Netherlands Academy of Sciences*. 53: 345-381.
 22. Xu Z. X. Takeuchi K. and Ishidaira H. 2003. Monotonic trend and step change in Japanese precipitation. *Journal of Hydrology*. 279(1-4): 144-150.
 23. Yue S. and Hashino M. 2003 Long term trends of annual and monthly precipitation