

## تحلیل روند ماهانه تغییرات تبخیر- تفرق در اقلیم‌های مختلف ایران

منصوره احمدی کارلادانی<sup>\*</sup>، ابوطالب هزار جریبی<sup>۲</sup>، خلیل قربانی<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد آبیاری زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۲- دانشیار آبیاری زهکشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۳- دانشیار هوا شناسی کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

### چکیده

برآورد تبخیر- تفرق پتانسیل از اهمیت فراوانی در مدیریت منابع آب برخوردار است. با توجه به اهمیت تعیین روند تبخیر- تفرق در برنامه‌ریزی منابع آب، در این مطالعه، روند تغییرات ماهانه تبخیر- تفرق در ۷۹ ایستگاه در پهنه‌ی جغرافیایی ایران بررسی گردید. با تحلیل پراکنش مکانی تبخیر- تفرق با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، روند تغییرات آن نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل روند تبخیر- تفرق طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ و پیاده‌سازی آزمون من-کندال و شیب خط سن به صورت ماهانه نشان داد که روند حاکم بر این ایستگاه‌ها طی ماه‌های مختلف سال از الگوی یکسانی تبعیت نمی‌کند؛ به نحوی که بعضی از ایستگاه‌ها در سراسر سال فاقد روند هستند و بعضی دیگر در بعضی ماه‌ها دارای روند صعودی و در ماه‌های دیگر بدون روند می‌باشند. بعضی از ایستگاه‌ها در بعضی ماه‌ها دارای روند معنادار نزولی و در ماه‌های دیگر فاقد روند هستند. روند افزایشی بیشتر در مناطق سردسیر و نواحی کوهستانی کشور به چشم می‌خورد اما روند کاهش در مناطق گرمسیر مرکزی و شرقی کشور وجود دارد. در نگاه کلی‌تر، درصد ایستگاه‌های بدون روند از حدود ۶۸ درصد در فصل تابستان تا حدود ۸۶ درصد در فصل پاییز تغییر می‌کند. به طور متوسط، حدود ۷۸ درصد ایستگاه‌ها دارای وضعیت ثابتی در پدیده تبخیر- تفرق بوده‌اند. از میان ۲۲ درصد باقیمانده ایستگاه‌ها، حدود ۱۵ درصد دارای روند افزایشی هستند و این روند افزایشی، بیشتر به فصول بهار و تابستان بازمی‌گردد. این بدان معنی است که نیاز آبی گیاهان در فصولی که بارندگی کمتر است، رو به افزایش است.

**کلید واژه‌ها:** آزمون من-کندال، تبخیر- تفرق، تحلیل روند، تغییر اقلیم.

## مقدمه

امروزه کمبود آب و گرمایش جهانی به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییر اقلیم یکی از اساسی‌ترین مشکلاتی است که زندگی بشر را تحت‌الشعاع خود قرار داده و مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. بنا به گزارش‌های علمی، متوسط درجه حرارت هوای سطح زمین طی قرن بیستم ۰.۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است و انتظار می‌رود این افزایش درجه حرارت هوا به افزایش مقدار تبخیر- تعرق منجر شده و اتمسفر را قادر سازد تا مقادیر بیشتری از بخار آب را جابه‌جا کند (اسد زاده، ۱۳۹۶). بنابراین گرم شدن جهانی ممکن است منجر به تغییر نحوه توزیع مکانی و زمانی منابع آبی در مقیاس جهانی شود. این امر ممکن است موجب بیابان‌زایی به خصوص در کشورهای خشک و نیمه‌خشک گردد (Wang et al, 2007; Tabari et al, 2011). با توجه به اینکه کشور ایران در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شمالی قرار گرفته، دارای آب و هوایی گرم و خشک بوده و نزدیک ۷۵ درصد از بارش‌های جوی که بر روی کشور فرو می‌ریزد مستقیماً از طریق تبخیر هدر می‌رود (علیزاده، ۱۳۹۰). بنابراین، با توجه به اینکه تبخیر- تعرق یکی از مهمترین پدیده‌های چرخه آب در طبیعت بوده و شناسه نیاز آبی گیاه محسوب می‌شود، برآورد دقیق تبخیر- تعرق پتانسیل در مدیریت منابع آب کشاورزی، جنگل‌ها، مراتع و... از اهمیت فراوانی برخوردار است (ولیزاده، ۱۳۹۳) و نقشی کلیدی در بیلان آبی و برنامه ریزی‌های مربوط به نوع کشت، آبیاری و مدیریت منابع آب و خاک ایفا می‌کند.

مرور مطالعات انجام شده درباره بررسی روندها و تغییرات معمول در متغیرهای آب و هواشناسی نشان می‌دهد که از آزمون‌های مختلفی برای انجام این مطالعات استفاده شده است. این آزمون‌ها به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تفکیک می‌شوند. آزمون‌های پارامتری نسبت به آزمون‌های ناپارامتری توان بیشتری در تشخیص روند دارند و هنگام استفاده از آن‌ها بایستی داده‌ها تصادفی بوده و دارای توزیع نرمال باشد. این در حالی است که آزمون‌های ناپارامتری به تصادفی بودن داده‌ها حساس نیستند (Chen et al., 2007; Hamed and Rao, 1998; Yue et al., 2002). آزمون من-کندال نمونه‌ای از آزمون‌های ناپارامتری

است که به کرات در بررسی روند تغییرات متغیرهای آب و هواشناسی از آن استفاده شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به جلنز (۲۰۰۰)، کاهایا و کالاسی (۲۰۰۴)، یانینگ و همکاران (۲۰۰۹) و لی و همکاران (۲۰۰۹) اشاره نمود. همچنین ژاژاریا و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی روند تبخیر- تعرق پتانسیل در مناطق مرطوب شمال هند، روند کاهشی در میزان تبخیر- تعرق را مشخص نمودند. اکثر مطالعات انجام شده بر بحث روند تغییرات متغیرهای مربوط به دمای هوا، بارش و جریان آبراه‌های متمرکز بوده و کمتر به روند تغییرات نیاز آبی گیاه توجه شده است (Burn and Hessh, 2007). معصوم‌پور سماکوش و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از آمار هواشناسی ۵۰ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۲۹ ساله به محاسبه مقدار تبخیر- تعرق پرداخته و با استفاده از آزمون من-کندال و در محدوده اطمینان ۹۵٪، روند تغییرات ماهانه و سالانه تبخیر- تعرق را مشخص نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که روند تبخیر- تعرق در سراسر کشور رو به افزایش بوده و بیشترین روند تغییر ماهانه در ماه جولای در ایستگاه‌های خشک کشور و کمترین روند تغییر ماهانه در ماه‌های دسامبر و ژانویه رخ داده است. زینگ و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی زمانی و مکانی تبخیر- تعرق گیاه مرجع و ارتباط آن با پارامترهای دیگر در جنوب غرب چین، به نقش تعیین‌کننده پارامتر اقلیمی شامل دما، ساعت آفتابی و سرعت باد در توزیع و افزایش تبخیر- تعرق اشاره نمودند. وانگ و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از تخمین‌گر شیب سن و آزمون من-کندال به بررسی روند تغییرات متغیرهای اقلیمی و تبخیر- تعرق پتانسیل برآورد شده با استفاده از معادله پنمن-مانتیت در ایستگاه هواشناسی لینه در چین پرداختند. نتایج کار ایشان نشان داد که مؤلفه‌های میانگین دمای روزانه بیشترین تأثیر را بر تغییرات  $ET_0$  داشته و پس از آن سرعت باد و رطوبت نسبی بر آن مؤثر بودند. بعلاوه روند افزایشی دمای هوا و روند کاهشی رطوبت نسبی و سرعت باد در بین سال‌های (۲۰۱۲-۱۹۵۴) منجر به روند افزایشی کوچک در  $ET_0$  شده است. جیزوال و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از آزمون پتیت، آزمون نسبت ون‌نیومن، آزمون بازه بی‌شانده و آزمون همگنی نرمال استاندارد به همراه آزمون‌های ناپارامتری من-کندال، اسپیرمن و رگرسیون خطی، وضعیت روند تغییرات سری‌های ماهانه،

استان یزد نشان دادند که با وجود پدیده تغییر اقلیم و افزایش دما در ۱۳ ایستگاه از ۱۴ ایستگاه، مقدار تبخیر-تعرق پتانسیل در چند دهه گذشته روند کاهشی داشته است. ترکمان و همکاران (۱۳۹۸) با تحلیل روند پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان طی بازه زمانی ۲۱ ساله در ۱۵ ایستگاه هواشناسی با استفاده از آزمون من-کندال نشان دادند که روند معنادار کاهشی در پارامتر بارندگی در بعضی ایستگاه‌ها تا سطح اطمینان ۹۹٪ و روند افزایشی با سطح اطمینان ۹۵٪، همچنین روند افزایشی معنی‌دار تبخیر-تعرق در دو ایستگاه بستان و صفی‌آباد با سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ و روند کاهشی معنی‌دار با سطح اطمینان ۹۹٪ در دیگر ایستگاه‌ها مشاهده شد. عطایی و همکاران (۱۳۹۸) ازداده‌های ایستگاه خراسان رضوی جهت تعیین روند تبخیر-تعرق پتانسیل به روش پنمن مانیتث طی دوره‌ی آماری ۳۰ ساله، در ۱۰ ایستگاه سینوپتیک پرداختند. نتایج تحلیل به روش من-کندال نشان داد که همه‌ی ایستگاه‌های استان دارای مقدار مثبت و ۷ ایستگاه در سطح ۵٪ معنی‌دار است.

با توجه به مطالعات انجام شده و اهمیت تعیین روند تبخیر-تعرق در برنامه ریزی مربوط به حفاظت منابع آب و خاک، هدف از این مطالعه محاسبه‌ی تبخیر-تعرق مرجع روزانه با استفاده از روش هارگریوز-سامانی و سپس بررسی روند تغییرات زمانی-مکانی تبخیر-تعرق مرجع در ماه‌های مختلف از سال با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و شیب سن در پهنه جغرافیایی ایران می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در این تحقیق، پهنه جغرافیایی ایران می‌باشد. ایران در نیمکره شمالی بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی از خط استوا و بین ۴۴ و ۶۳/۵ درجه طول شرقی واقع شده است و به واسطه این نحوه قرارگیری، دارای اقلیم غالب خشک و نیمه‌خشک با ریزش جوی کم و تبخیر-تعرق زیاد قرار دارد. البته باید توجه نمود که این کشور از تنوع اقلیمی بالایی برخوردار است به نحوی که در بخش شمالی آن شاهد اقلیم مرطوب و در بخش غربی شاهد کویرهای پهناور هستیم. دلیل عمده این امر نیز وجود رشته کوه‌های البرز و

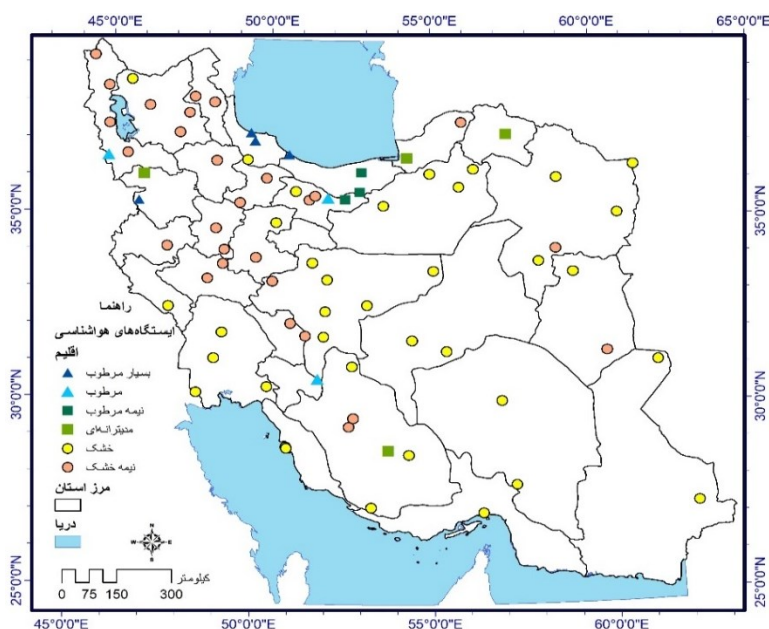
فصلی و سالانه‌ی متغیرهای اقلیمی مختلف شهر راپور در هند را بررسی کردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که در بین سال‌های (۲۰۰۰-۱۹۹۰)، نقاط جهشی در متغیرهای هواشناسی ایجاد شده است که بزرگترین آن به سال ۱۹۹۵ برمی‌گردد. ایشان علت این جهش را مرکز استان شدن این شهر و توسعه صنعتی و شهرنشینی در این بازه زمانی دانستند. در مطالعه ایشان تقریباً تمام پارامترهای هواشناسی به جز سرعت باد دارای روند افزایشی بوده است. سان و همکاران (۲۰۱۷) تغییرات ماهانه و سالانه تبخیر-تعرق مرجع در جنوب غرب چین طی دوره‌ی (۲۰۱۲-۱۹۶۰) با استفاده از روش فائو پنمن مانیتث، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه‌ی آن‌ها نشان داد که مقادیر ماهانه و سالانه تبخیر-تعرق در اکثر ایستگاه‌های منطقه‌ی مورد مطالعه کاهش یافته و متوسط روند سالانه‌ی تبخیر-تعرق در جنوب غرب چین دارای روند منفی در سطح ۵٪ می‌باشد. راثود (۲۰۱۸) به بررسی روند خشکسالی با شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص خشکسالی مؤثر (EDI) با استفاده از آزمون من-کندال در بازه زمانی ۴۱ ساله با استفاده از داده‌های ماهانه بارش در ۸ ایستگاه هواشناسی در حوضه بالادست رودخانه تانا پرداختند. نتایج آزمون من-کندال نشان داد که روند خشکسالی در مناطق جنوب شرقی حوضه در سطح اطمینان ۹۰٪ و ۹۵٪ افزایش قابل توجهی یافته است اما روند قابل توجهی در مناطق شمال غربی مشاهده نشد. این نتایج نشان می‌دهد قسمت جنوب شرقی حوضه مستعد خشکسالی است. زو و همکاران (۲۰۱۸) تغییرات بلندمدت (۲۰۱۴-۱۹۶۰) تبخیر-تعرق پتانسیل و واقعی و نیز حساسیت فصلی آن‌ها را مطالعه کرده و میزان مشارکت آن‌ها را در تغییرات رشد گیاه در ناحیه بالایی حوضه رودخانه زرد بررسی کردند. نتایج آن کار نشان‌دهنده‌ی روند کاهشی تبخیر-تعرق پتانسیل به اندازه ۰/۳۲ میلیمتر در سال در طی ۵۵ سال گذشته بود. آن‌ها این روند کاهشی را ناشی از روند کاهشی سرعت باد دانستند. این در حالی است که تبخیر-تعرق واقعی این گیاهان در طی این دوره روندی افزایشی نشان داد. مهدوی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۸) با محاسبه تبخیر-تعرق به روش پنمن-مانیتث و تحلیل روند ماهانه و سالانه با آزمون من-کندال در ۱۴ ایستگاه هواشناسی طی دوره‌ی (۲۰۱۵-۱۹۹۹) در

مشترک ۲۲ سال (۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶) استفاده گردید. پراکنش اقلیمی (طبق شاخص دومارتن) و موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ ارائه شده است. با توجه به پراکنش مکانی ایستگاه‌های مورد مطالعه، این ایستگاه‌ها دارای اقلیم‌های متفاوتی می‌باشند.

زاگرس است که شرایط حاضر را به همراه وجود دریاچه خزر در شمال باعث گردیده‌اند. منطقه مورد بررسی در این مطالعه، شامل تعدادی از ایستگاه هواشناسی دارای داده با کیفیت قابل قبول و با پراکندگی مناسب از ۷۹ ایستگاه سینوپتیک متعلق به سازمان هواشناسی کشور و بازه آماری

جدول ۱- پراکنش اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه

اقلیم	درصد ایستگاه‌ها
خشک	۴۶/۸
نیمه‌خشک	۳۵/۴
مدیترانه‌ای	۵/۱
نیمه‌مرطوب	۳/۸
مرطوب	۳/۸
بسیار مرطوب	۵/۱



شکل ۱- ایستگاه‌های مورد مطالعه

گردید. سپس با اجرای آزمون من کندال در بازه‌ی زمانی ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۶ روند تغییرات تبخیر- تعرق برآورد شده و معنی‌دار بودن این روند در ایستگاه‌ها با استفاده از شیب خط سن مورد تحلیل قرار گرفته است.

#### روش هارگریوز- سامانی

روش‌های متعددی برای محاسبه تبخیر تعرق ارائه شده است که بسیاری از آنها به داده‌های متعدد هواشناسی نیازمند هستند اما برخی از این داده‌ها در دسترس نبوده و یا با

#### داده‌های مورد مطالعه

پس از انتخاب ایستگاه‌های سینوپتیک و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شامل مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها، ارتفاع از سطح دریا، داده‌های روزانه شامل حداقل و حداکثر و میانگین دما، سرعت باد و ساعت آفتابی، انتخاب بازه‌ی زمانی مورد مطالعه بر اساس بازه‌ی زمانی مشترک بین داده‌ی ثبت شده در تمام ایستگاه‌ها، مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل به روش هارگریوز- سامانی محاسبه شده و مجموع تبخیر- تعرق ماهانه برای بازه‌ی زمانی مورد نظر استخراج

و هواشناسی مورد استفاده قرار می‌گیرد ( Zhang et al., 2000). فرض مورد بررسی در این آزمون به صورت زیر می‌باشد (قربانی، ۱۳۹۳).

$H_0$ : داده‌ها به صورت تصادفی توزیع شده‌اند (روند ندارند).

$H_1$ : داده‌ها دارای روند هستند. در این آزمون اگر  $x_1$  و  $x_2$  ... و  $x_n$  مشاهدات موردنظر باشد، آنگاه داریم:

$$s = \sum_{k=1}^{N-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_i - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

در واقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان به جای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه‌ی داده‌ها در مجموعه موردنظر (سری زمانی) استفاده کرد و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود. به این دلیل این آزمون یک آزمون بر پایه مرتبه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند. میانگین و واریانس  $s$  از روابط (۴) و (۵) به دست می‌آید:

$$E(s) = 0 \quad (4)$$

$$(5)$$

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$

در رابطه بالا  $n$  تعداد داده‌ها،  $m$  تعداد گره‌ها و  $t$  تعداد داده‌ها در هر گره می‌باشد. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد. این مقادیر مساوی تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره  $m$  برابر  $t$  می‌باشد. آمار این آزمون ( $Z$ ) دارای توزیع نرمال بوده و از رابطه (۶) به دست می‌آید.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (6)$$

این آزمون یک آزمون دوطرفه است؛ بنابراین در صورتی که  $|z| \leq z_{\alpha/2}$  باشد در سطح اطمینان  $\alpha$  فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت فرض صفر رد خواهد

وجود در دسترس بودن، از دقت کافی برخوردار نیستند. در این بین روش‌هایی مانند روش هارگریوز-سامانی نیز بر پایه نیاز به حداقل داده اقلیمی توسعه داده شده‌اند. این روش ضمن برخورداری از دقت مناسب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، در مقایسه با سایر روش‌ها به داده‌های هواشناسی کمی شامل حداقل و حداکثر دمای هوا نیاز دارد (Samani, 2000). در این مطالعه با توجه به اینکه  $82/2$  درصد ایستگاه‌ها در اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار دارد (جدول ۱)، به منظور استفاده از یک شیوه یکسان در محاسبه تبخیر-تعرق روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک، از این روش استفاده شده است. معادله هارگریوز-سامانی (Hargreaves and samani, 1985) به صورت رابطه (۱) می‌باشد (Alizadeh, 2011):

$$ET_0 = 0.0023R_a TD^{0.5}(T + 17.8) \quad (1)$$

که در آن:

$ET_0$ : تبخیر تعرق مرجع ( $\frac{\text{mm}}{\text{day}}$ )

$T_{max}$ : حداکثر درجه حرارت روزانه ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{min}$ : حداقل درجه حرارت روزانه ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{mean}$ : میانگین درجه حرارت ( $^{\circ}\text{C}$ )

$R_a$ : میزان تشعشع ورودی بالای اتمسفر ( $\frac{\text{mm}}{\text{day}}$ )

#### آزمون روند من-کندال

جهت تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌گردد که این آزمون‌ها به دو دسته پارامتری و ناپارامتری تفکیک می‌شوند. آزمون‌های ناپارامتری توان بیشتری در تشخیص روند دارند و هنگام استفاده از آن بایستی داده‌ها تصادفی (مستقل) و دارای توزیع نرمال باشد. از طرف دیگر آزمون‌های ناپارامتری به تصادفی بودن داده‌ها حساس نیستند.

آزمون‌های من-کندال نمونه‌هایی از آزمون‌های ناپارامتری هستند که در بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آن‌ها استفاده می‌شود. آزمون ناپارامتری من-کندال که توسط من (۱۹۵۴) ارائه شد و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) تکمیل گردید، بر مرتبه داده‌ها در یک سری زمانی استوار است. این آزمون به بررسی تصادفی بودن داده‌ها (نبود روند) در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولیکی

مشاهده‌های یک سری زمانی، یک شیب میانه را برای سری زمانی داده‌ها از رابطه ۱۰ محاسبه می‌کند. در روش سن برای هر دو جفت داده متوالی یک شیب محاسبه می‌شود. شیب‌های محاسبه شده تشکیل یک سری زمانی می‌دهند که میانه آن‌ها شیب خط روند را نشان می‌دهد.

$$\beta = \text{median}\left(\frac{x_j - x_l}{j - l}\right) \forall j > l \quad (10)$$

که در آن:  $\beta$  برآوردگر شیب خط روند  $x_j$  مقدار مشاهده  $j$  ام،  $x_l$  مقدار مشاهده  $l$  ام می‌باشد و  $j$  یک واحد زمانی بعد از  $l$  می‌باشد. مقادیر مثبت (منفی)  $\beta$  نشان‌دهنده روند افزایشی (کاهشی) در سری داده‌هاست.

این آزمون به همراه آزمون من- کندال در نرم‌افزار XLSTAT قابل اجرا می‌باشد؛ بنابراین به منظور بررسی نتایج آزمون ناپارامتری من- کندال و شیب خط سن در این تحقیق ابتدا داده‌ها در بازه زمانی مورد نظر به صورت ماهانه محاسبه و سپس از نرم‌افزار XLSTAT بهره گرفته شد.

### نتایج و بحث

در این پژوهش به منظور تحلیل روند تغییرات تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف از سال، در پهنه جغرافیایی ایران و اقلیم‌های مختلف از آزمون ناپارامتری من- کندال اصلاح شده و معیار  $p$ -value با سطح معنی‌داری ۵ درصد، و برای تعیین شیب روند از آزمون ناپارامتری شیب خط سن استفاده شده است و نتایج برای ماه‌های مختلف تشریح گردید.

### نتایج بررسی روند تغییرات تبخیر- تعرق در ماه‌های

#### فصل بهار

شکل ۲ و جدول ۲ نتایج بررسی روند تبخیر- تعرق با استفاده از آزمون من-کندال و شیب خط سن را در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد نشان می‌دهد. نتایج تحقیق در اولین ماه سال نشان می‌دهد که در نیمه غربی کشور، تبخیر - تعرق ۱۶ درصد ایستگاه‌ها دارای روند معنی‌دار افزایشی، در ۴ درصد ایستگاه‌ها در شمال و جنوب دارای روند معنی‌دار کاهشی قابل مشاهده و دیگر ایستگاه‌ها بدون روند می‌باشد. در اردیبهشت‌ماه در ۱۸ درصد ایستگاه‌ها روند

شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند) در صورتی که  $s > 0$  باشد. سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و در صورتی که  $s < 0$  باشد سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهد بود. به منظور حذف اثرات ضرایب خودهمبستگی معنی‌دار از سری زمانی آزمون من- کندال اصلاح شده توسط حامد و رائو (۱۹۹۸) ارائه شده است. برای این کار ابتدا آزمون ضریب خودهمبستگی مرتبه  $k$  ام ( $r_k$ ) بر اساس رابطه زیر انجام می‌شود.

$$z = \begin{cases} \frac{s - 1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s + 1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(\bar{x}_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

که در آن  $k = 1, 2, \dots, \frac{n}{4}$  می‌باشد. اگر  $\frac{1-1/645\sqrt{n-k-1}}{n-k} \leq r_k \leq \frac{1+1/645\sqrt{n-k-1}}{n-k}$  باشد، آنگاه داده‌ها در سطح ۱۰ درصد مستقل فرض می‌شود و روند از همان روش من- کندال تشخیص داده می‌شود اما اگر ضریب خودهمبستگی مرتبه  $k$  متغیر مستقل و معنی‌دار فرض شود، ابتدا واریانس اصلاح شده  $\text{var}(s)^*$  از رابطه (۹) به دست می‌آید.

$$\text{var}(s)^* = \text{var}(s) \frac{n}{n^*} \quad (8)$$

$$(9)$$

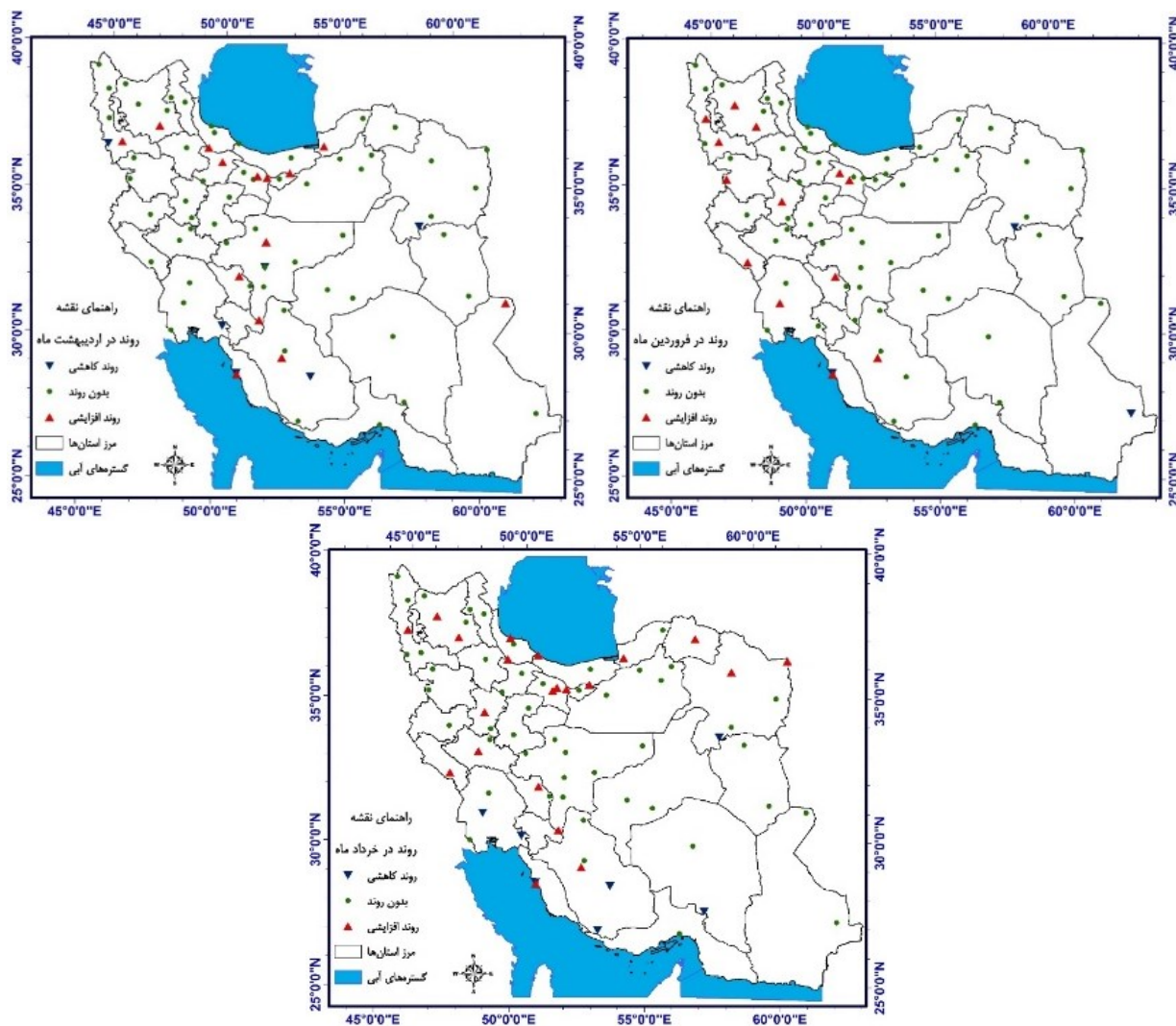
$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-1)(n-i-2)r_i$  که در آن  $r_i$  ضریب همبستگی با تأخیر  $i$  می‌باشد که از رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

### تخمین شیب خط روند با روش تخمین گر سن

تخمین شیب خط روند توسط سن (۱۹۶۸) برای تشخیص روند در یک سری زمانی داده‌ها ارائه شد. این روش، یک روش ناپارامتری است که با توجه به تحلیل تفاوت بین

جغرافیایی محدوده رشته کوه البرز می‌باشد. این شرایط به ویژه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد مشهودتر است. با نگاه کلی به وضعیت این نقاط در سه ماه متوالی می‌توان چنین بیان نمود که اقلیم کوهستانی دارای ایستگاه‌های با روند افزایشی تبخیر- تعرق بیشتری است. بعلاوه، روند کاهش تبخیر- تعرق تنها در تعدادی از ایستگاه‌های دارای اقلیم گرم مشاهده می‌شود. سایر نقاط کشور از نظر تبخیر- تعرق فاقد روند معنی‌دار تشخیص داده شدند.

افزایشی و در ۸ درصد ایستگاه‌ها به صورت پراکنده روند منفی به چشم می‌خورد. در خردادماه روند افزایشی به طور چشمگیری افزایش یافته، به طوری که چنین روندی در ۲۶.۶ درصد ایستگاه‌ها در نواحی شمال و غرب کشور قابل مشاهده بوده و ۸.۸ درصد ایستگاه‌ها دارای روند منفی، به صورت پراکنده می‌باشند. بررسی موقعیت مکانی ایستگاه‌ها در ماه‌های مختلف فصل بهار نشان می‌دهد که تمرکز ایستگاه‌های دارای روند افزایشی بر کمربند عرض



شکل ۲- وضعیت روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل بهار

تابستان در جدول ۳ ارائه شده است. به منظور دستیابی به نحوه پراکنش ایستگاه‌های فوق، موقعیت مکانی آنها در کشور در شکل ۳ ارائه شده است. با ورود به فصل تابستان در تیر ماه روند افزایشی همچنان در حال رشد است به

نتایج بررسی روند تغییرات تبخیر- تعرق در ماه‌های فصل تابستان  
تعداد و درصد ایستگاه‌های فاقد روند، دارای روند معنی‌دار افزایشی و کاهش تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل

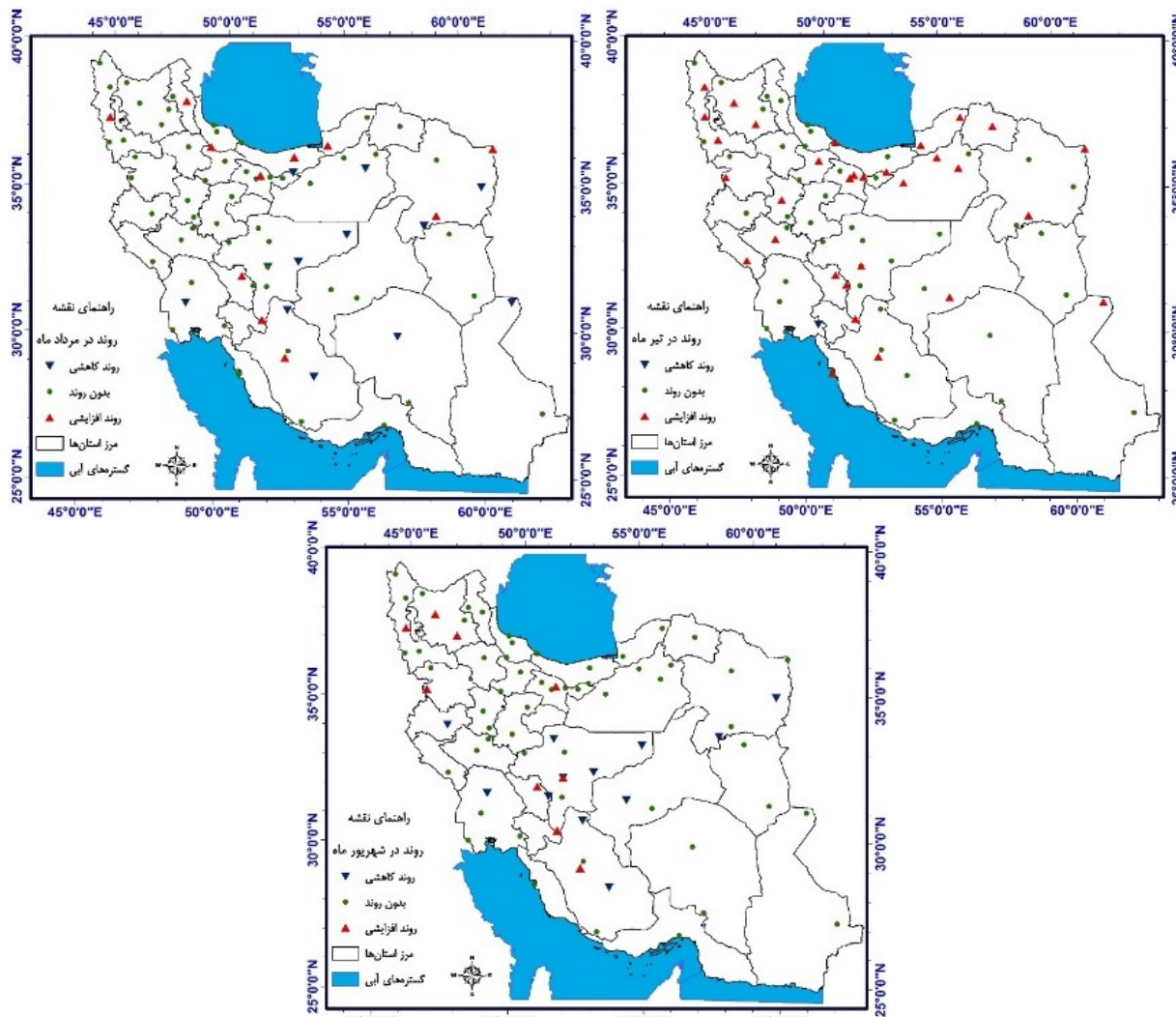
در ۱۲ درصد ایستگاه‌ها آن هم در شمال غرب و نواحی مرکزی مشاهده می‌گردد. با توجه به اینکه در ماه‌های مرداد و شهریور، دمای بالا انتظار می‌رود و به طور معمول دمای هوا در این دو ماه بالاست، با این حال روند تبخیر در بخش‌های مرکزی و شرق ایران کاهش یافته است. اما وجود روند معنی‌دار افزایشی به خصوص در ماه مرداد با توجه به کم بودن نوسانات بارشی و بالا بودن دما باعث کاهش بیشتر منابع آب و هشدار کاهش مصرف آب خواهد شد.

طوری که این حالت در ۳۹٫۲ درصد ایستگاه‌ها آن هم بیشتر در بخش شمالی و همچنین به صورت پراکنده در بیشتر نقاط کشور دیده می‌شود. همچنین روند کاهشی به شدت کم شده به طوری که فقط ۱٫۳ درصد از ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی است. در مردادماه روند افزایشی که شامل ۱۵ درصد ایستگاه‌ها است به صورت پراکنده و روند کاهشی در نواحی مرکزی و شرق کشور در ۱۴ درصد ایستگاه‌ها به چشم می‌خورد. در ماه شهریور روند کاهشی نسبت به ماه قبل ثابت مانده و روند افزایشی کمتر از ماه مرداد، یعنی تنها

جدول ۳- آمار کمی ایستگاه‌های فاقد و دارای روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل تابستان

ماه	بدون روند		روند کاهشی معنی‌دار		روند افزایشی معنی‌دار	
	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه
تیر	۴۷	۵۹٫۴۹	۱	۱٫۲۷	۳۱	۳۹٫۲۴
مرداد	۵۶	۷۰٫۸۹	۱۲	۱۵٫۱۹	۱۱	۱۳٫۹۲
شهریور	۵۸	۷۳٫۴۲	۱۲	۱۵٫۱۹	۹	۱۱٫۳۹





شکل ۳- وضعیت روند تبخیر- تفرق در ماه‌های مختلف فصل تابستان

### نتایج بررسی روند تغییرات تبخیر- تفرق در ماه‌های

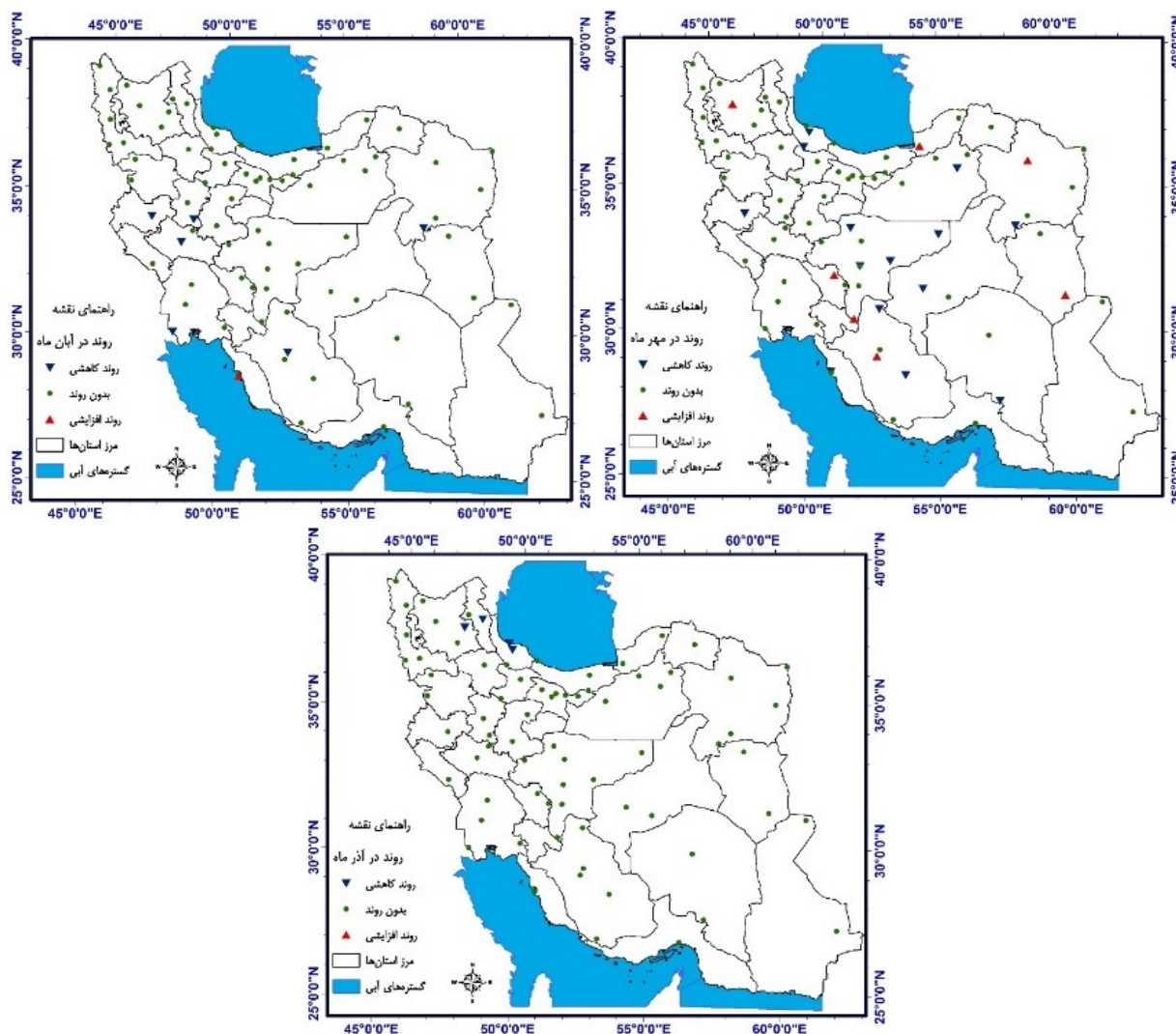
#### فصل پاییز

تعداد و درصد ایستگاه‌های فاقد روند، دارای روند معنی‌دار افزایشی و کاهش تبخیر- تفرق در ماه‌های مختلف فصل پاییز در جدول ۴ ارائه شده است و موقعیت مکانی آنها در کشور در شکل ۴ ارائه شده است. با ورود به فصل پاییز، روند کاهش در ماه مهر به بیشترین مقدار خود یعنی ۱۹ درصد ایستگاه‌ها می‌رسد به نحوی که بیشتر نقاط کشور به صورت پراکنده دارای روند کاهش است و تمرکز این نقاط در مناطق مرکزی کشور بیشتر است اما روند افزایشی تنها در ۹ درصد ایستگاه‌ها به صورت پراکنده قابل رؤیت

می‌باشد. با این حال، در آبان تنها یک ایستگاه در جنوب کشور دارای روند افزایشی بوده و ۷/۷ درصد از ایستگاه‌ها در نواحی غربی کشور دارای روند کاهش هستند. دیگر ایستگاه‌ها نیز بدون روند می‌باشند. در آذرماه هیچ روند افزایشی مشاهده نشده و روند کاهش تنها در ۵ درصد ایستگاه‌ها در نواحی غربی کشور مشهود است و حدود ۹۵ درصد از ایستگاه‌های ایران فاقد روند معنی‌دار در تبخیر بوده است. با توجه به افزایش نوسانات بارشی در این فصل و عدم وجود روند یا روند کاهش معنی‌دار تبخیر در اغلب بخش‌های ایران، انتظار می‌رود با کمبود منابع آبی کم‌تر مواجه شده و احتمالاً ذخیره منابع آبی بیش‌تر شود.

جدول ۴- آمار کمی ایستگاه‌های فاقد و دارای روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل پاییز

ماه	بدون روند		روند کاهشی معنی‌دار		روند افزایشی معنی‌دار	
	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه
مهر	۵۷	۷۲.۱۵	۱۵	۱۸.۹۹	۷	۸.۸۶
آبان	۷۲	۹۱.۱۴	۶	۷.۵۹	۱	۱.۲۷
آذر	۷۵	۹۴.۹۴	۴	۵.۰۶	۰	۰.۰۰



شکل ۴- وضعیت روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل پاییز

### نتایج بررسی روند تغییرات تبخیر- تعرق در ماه‌های فصل زمستان

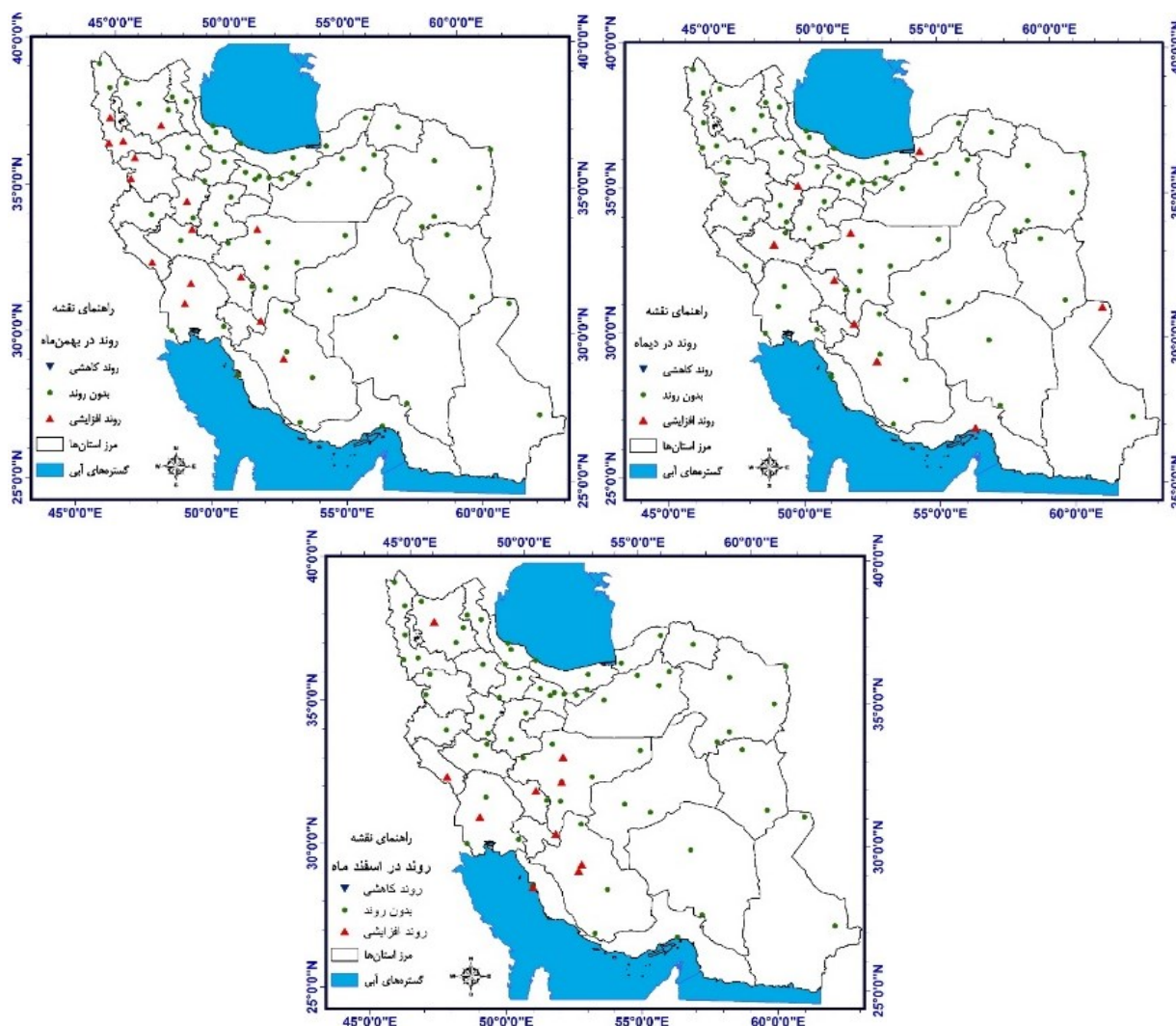
نتایج بررسی روند تبخیر در ماه‌های فصل زمستان جدول ۵ و شکل ۵ و موقعیت مکانی آنها در کشور نشان داده است که در دی‌ماه نیز نزدیک به ۸۸ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد روند معنی‌دار تبخیر بوده و تنها در ۱۱،۳۹

درصد از ایستگاه‌ها که در نیمه‌ی غربی، شمال و شرق ایران واقع شده‌اند، روند معنی‌دار افزایشی دیده شده است. در ماه بهمن ۲۰ درصد ایستگاه‌ها دارای روند مثبت هستند که در نیمه غربی کشور متمرکزند و مابقی ایستگاه‌ها بدون روند بوده است. همچنین در بهمن ماه نیز روند مثبت تبخیر- تعرق بیشتر در نیمه‌ی غربی کشور دیده شده است به طوری

که حدود ۱۳ درصد از ایستگاه‌ها در این نواحی دارای روند مثبت معنی‌دار بوده‌اند. با این حال، روند کاهشی معنی‌دار در هیچ‌یک از ماه‌ها و ایستگاه‌ها وجود نداشته است.

جدول ۵- آمار کمی ایستگاه‌های فاقد و دارای روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل زمستان

ماه	بدون روند		روند کاهشی معنی‌دار		روند افزایشی معنی‌دار	
	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه	تعداد ایستگاه	درصد ایستگاه
دی	۷۰	۸۸.۶۱	۰	۰.۰۰	۹	۱۱.۳۹
بهمن	۶۳	۷۹.۷۵	۰	۰.۰۰	۱۶	۲۰.۲۵
اسفند	۶۹	۸۷.۳۴	۰	۰.۰۰	۱۰	۱۲.۶۶



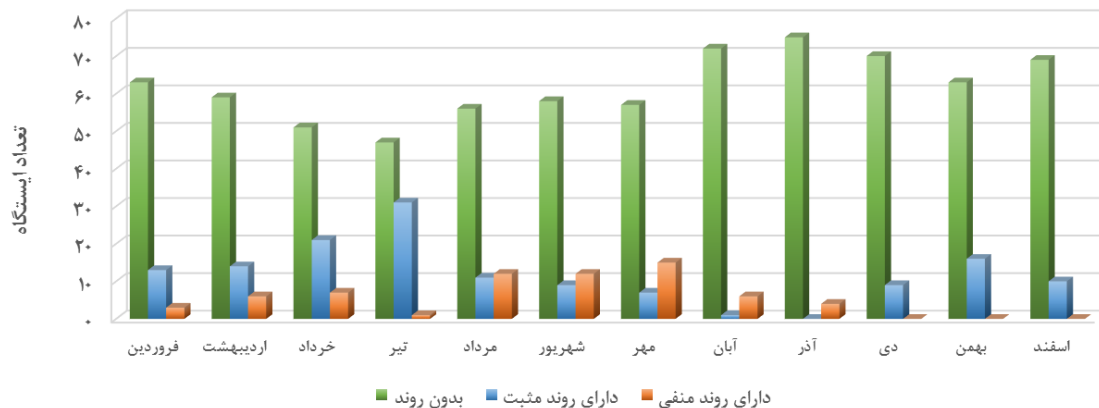
شکل ۵- وضعیت روند تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف فصل زمستان

فروردین به سمت تابستان (تیرماه) به تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی افزوده شده و پس از آن تا انتهای پاییز (آذرماه) ایستگاه‌های دارای روند کاهشی خودنمایی می‌کنند. اما در سه ماهه‌ی زمستان، روند کاهشی در ایستگاه‌های غربی کشور رخ داده است. یک قاعده‌ی کلی دیگر به نحوه‌ی توزیع ایستگاه‌های فاقد روند در طی سال باز

یک الگوی قابل اکتشاف از نقشه‌های روند در طی ماه‌های مختلف این است که عموماً ایستگاه‌های مستقر در مناطق سردسیر غرب و شمال غرب کشور دارای روند افزایشی تبخیر- تعرق در ماه‌های فروردین تا شهریور بوده و روند کاهشی مربوط به ایستگاه‌هایی است که در مناطق گرمسیر مرکزی و شرقی مستقر می‌باشند. به طور کلی با گذر از ماه

می‌گردد بدین صورت که این ایستگاه‌ها عمدتاً در مناطق مرکزی و شمال شرق کشور قرار دارند. همین‌الگو از نظر تعداد ایستگاه‌های دارای روند مثبت یا منفی و بدون روند در ماه‌های مختلف در نمودار شکل ۶ نیز ارائه شده است.

## تبخیر و تعرق



شکل ۶- تعداد ایستگاه‌های دارای روند مثبت یا منفی و بدون روند در ماه‌های مختلف

داشته‌اند. روند حاکم بر ایستگاه‌های ایران در این تحقیق، طی ماه‌های مختلف از الگوی یکسانی تبعیت نمی‌کند؛ به نحوی که بعضی از ایستگاه‌ها در سراسر سال فاقد روند هستند، بعضی دیگر در بعضی ماه‌ها دارای روند صعودی و در ماه‌های دیگر بدون روند می‌باشند. بعضی از ایستگاه‌ها نیز در بعضی ماه‌ها دارای روند نزولی و در ماه‌های دیگر فاقد روند هستند. بعلاوه، روند افزایشی بیشتر در مناطق سردسیر و نواحی کوهستانی کشور به چشم می‌خورد و روند منفی در مناطق گرمسیر و مرکزی و شرقی کشور به وجود آمده است. با توجه به سبک نتایج به دست آمده از تحلیل روند تبخیر- تعرق در ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه که گاهی روند ناهمگونی دارند، گمان آن می‌رود که با ترکیب نتایج مربوط به ماه‌های مختلف در هر فصل و میانگین‌گیری از آنها بتوان به روند غالب در بین ایستگاه‌ها در آن فصل دست یافت. نتایج مربوط به این سبک نگاه در جدول ۶ ارائه شده است.

مطابق این شکل، مقدار تبخیر- تعرق در ماه‌های مختلف در اکثر ایستگاه‌ها فاقد روند است اما تغییرات تعداد ایستگاه‌های دارای روند مثبت در طی ماه‌های فصل بهار افزایشی و در طی ماه‌های فصل تابستان کاهش است. تعداد ایستگاه‌های دارای روند منفی در ماه‌های مختلف تغییرات چشمگیری ندارد. دولت‌شاهی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی درازمدت پارامترهای هواشناسی و تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه‌های پیرانشهر، سقز و خرم‌آباد در ناحیه‌ی رویشی زاگرس در مقیاس سالانه و فصلی با استفاده از آزمون من- کندال، اسپیرمن و تخمین‌گر شیب سن نشان دادند که روند تبخیر- تعرق در بیشتر ایستگاه‌ها مثبت است و تغییرات روند پارامترهای اقلیمی و تبخیر و تعرق در ناحیه‌ی رویشی زاگرس شمالی معنی‌دار است. عزیززاده و جوان (۲۰۱۵) با بررسی روند تبخیر- تعرق در ۲۰ ایستگاه سینوپتیک در شمال غرب ایران طی بازه‌ی ۲۲ ساله نشان دادند که در بهار ۲۰ درصد، در تابستان ۵۵ درصد، در پاییز ۷۰ درصد و در زمستان ۷۵ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی

جدول ۶- آمار کمی ایستگاه‌های فاقد و دارای روند تبخیر- تعرق در فصل‌های مختلف

فصل	بدون روند (درصد)	روند کاهشی معنی‌دار (درصد)	روند افزایشی معنی‌دار (درصد)
بهار	۷۳.۰۰	۶.۷۵	۲۰.۲۵
تابستان	۶۷.۹۳	۱۰.۵۵	۲۱.۵۲
پاییز	۸۶.۰۸	۱۰.۵۵	۳.۳۸
زمستان	۸۵.۲۳	۰.۰۰	۱۴.۷۷

اقلیمی گرم و خشک هستند، روند کاهشی تبخیر- تفرق حاکم بوده است.

- در ماه مهر، بخش‌های مرکزی ایران دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده‌اند اما در ماه‌های آبان و آذر، وجود روندهای معنی‌دار بسیار کم‌تر است.

- بیش‌ترین روندهای افزایشی معنی‌دار در ماه‌های گرم سال رخ داده است که با توجه کاهش نوسانات بارشی و افزایش دما در این ماه‌ها، افزایش تبخیر موجب افزایش تقاضا برای مصرف آب و افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی شده که اگر مدیریتی صحیح در این زمینه صورت نگیرد، موجب کمبود آب در دسترس و ایجاد خسارت‌هایی در بخش کشاورزی و کاهش راندمان و عملکرد محصول خواهد شد.

- با توجه اینکه روندهای تغییرات تبخیر- تفرق مختلفی در ایستگاه‌های مربوط به یک اقلیم خاص، مشاهده گردید بنابراین نمی‌توان روند خاصی را برای هر کدام از اقلیم‌ها قائل شد. به عبارت دیگر، روند مشابهی در ایستگاه‌های موجود در یک اقلیم خاص مشاهده نشد تا بتوان بر اساس آن در این خصوص اظهار نظر نمود. لذا براساس نتایج به دست آمده می‌توان بیان نمود که شرایط اقلیمی به طور مستقیم بر روند تغییرات تبخیر- تفرق مؤثر نبوده است.

### منابع

1. Alizadeh, A. 2011. Principles of Applied Hydrology. Mashhad Ferdowsi University. 942.
2. Asadzadeh, F., Kaki, M., Shakiba, S. 2017. Trends analysis of reference evaporation in the synoptic sites of Kurdistan province using Spearman's test. Journal of Iran-Water Resources Research, No.13(1). pp. 216-222. (In farsi)
3. Atae, H., Tashakori Hashemi, A., Raveian, M. 2020. Analysis of the trend of evapotranspiration of reference crop at synoptic stations of Khorasan Razavi

همانطور که مشاهده می‌شود، فضای کلی حاکم بر ایستگاه‌های مورد مطالعه به عنوان نمایندگان ایستگاه‌های موجود در کشور نشان‌دهنده ثبات نسبی و بدون روند بودن پدیده تبخیر- تفرق در اکثر ایستگاه‌ها در فصل‌های مختلف در طی بازه زمانی مورد مطالعه در این تحقیق می‌باشد به نحوی که درصد ایستگاه‌های بدون روند از حدود ۶۸ درصد در فصل تابستان تا حدود ۸۶ درصد در فصل پاییز تغییر می‌کند و به طور متوسط، حدود ۷۸ درصد ایستگاه‌ها دارای وضعیت ثابتی در پدیده تبخیر- تفرق بوده‌اند. از میان ۲۲ درصد باقیمانده ایستگاه‌ها، اکثر آنها (حدود ۱۵ درصد) دارای روند افزایشی هستند و این روند افزایشی، بیشتر به فصول بهار و تابستان بازمی‌گردد. این امر بدان معنی است که میزان نیاز آبی گیاهان در فصولی که بارندگی کمتر است رو به افزایش است که با شرایط به وجود آمده در اثر تغییر اقلیم که منجر به شدیدتر شدن وقایع خشکی در مناطق خشک می‌گردد همخوانی دارد.

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، روند زمانی و مکانی تبخیر- تفرق ماهانه در ایستگاه‌ها و اقلیم‌های مختلف ایران با استفاده از آزمون‌های پارامتری من-کندال و شیب خط سن در دوره‌ی زمانی ۱۹۹۵-۲۰۱۶ در مقیاس ماهانه بررسی و تحلیل گردیده و مهم‌ترین نتایج به شرح زیر می‌باشند:

- در فصل‌های بهار و تابستان در اغلب موارد، روندهای معنی‌دار افزایشی دیده شده که نیمه‌ی غربی ایران را فراگرفته است و بیش‌ترین روندهای افزایشی در ماه‌های خرداد و بهمن بوده است.

- در ماه تیر، اقلیم‌های مختلف از ایران دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده که با توجه به بارش کم در این ماه و حساس بودن شرایط، این روند افزایشی تبخیر می‌تواند باعث افزایش تقاضای منابع آب و در شرایطی کاهش عملکرد محصولات کشاورزی گردد.

- در ماه‌های مرداد و شهریور با وجود گرمای طاقت‌فرسا، در بیشتر بخش‌های مرکزی و جنوبی کشور که دارای



- Conservation, No. 21(5). pp. 257-270. (In farsi)
11. Hamed, K.H., Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of Hydrol*, No. 204. pp. 182-196.
  12. Hargreaves, G. H., and Samani, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied engineering in agriculture*, No. 1(2). pp. 96-99.
  13. Jaiswal, R.K., Lohani, A.K., Tiwari, H.L. 2015. Statistical analysis for change detection and trend assessment in climatological parameters. *Environmental Processes*, No. 2(4). pp. 729-749.
  14. Jhajharia D., Dinpashoh. Y., Kahya. E., Singh V.P., Fakheri-Fard A. 2012. Trend in reference evapotranspiration in the humid region of northeast India. *Hydrological Processes*, No. 26(3). pp. 421-435.
  15. Kahya, E., Kalayci, S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology*, No. 289. pp. 128-144.
  16. Kendall, M.G. 1975. *Rank Auto-correlation Methods*, Charles Griffin, London.
  17. Li, Z.L, Xu, Z.X., Li, J.Y., Li, Z.J. 2008. Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang River basin, northwest China. *Hydrological Processes*, No. 22(23). pp. 4639-4646.
  18. Mahdavi Nezhad, E., Hosseini, Z., Maleki Nezhad, H., Asadi, M.A. 2019. Study of Effect of Climate Change on Potential Evapotranspiration in Arid Areas using Geostatistics (Case study: Yazd province). *Journal of Desert Management*, No. 6(12). pp. 1-18. (In farsi)
  4. Azizzadeh, M., Javan, K. 2015. Analyzing trends in reference evapotranspiration in northwest part of Iran. *Journal of Ecological Engineering*, No. 16(2). pp. 1-12. (In farsi)
  5. Burn, D. H., Hesch, N. M. 2007. Trends in evaporation for the Canadian Prairies. *Journal of Hydrology*, No. 336(1-2). pp. 61-73.
  6. Chen, H., Guo, S., Xu, C.Y., Singh, V.P. 2007. Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoff response to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin. *Journal of Hydrology*, No. 344. pp. 171-184.
  7. Dolatshahi, A., Attarod, p., Zahedi, GH., Sadeghi, M., Bayramzadeh, V. 2017. Trends of meteorological parameters and reference evapotranspiration in the northern Zagros region. *Journal of Forest And wood product*, No. 70(2). pp. 251-260. (In farsi)
  8. Foroghi, M., Dinpashoh, Y., Jahanbakhsh Asl, S. 2019. Impact of Climate Change on Reference Crop Evapotranspiration Trends in the west rejoin of Iran. *Journal of Climatological Research Institute*, No. 37(37). pp. 21-37. (In farsi)
  9. Gellens, D., 2000. Trend and Correlation Analysis of k-Day Extreme Precipitation over Belgium. *Theoretical and Applied Climatology*, No. 66. pp. 117-129
  10. Ghorbani, Kh. 2015. Spatial and seasonal pattern in climate change, temperatures across Iran. *Journal of Water and Soil*

- Forest Meteorology, No. 151(2). pp. 128-136.
26. Torkaman, M., Noroozi, A.A., Homae, M. 2019. Analysis of the Trends of Climate Parameters Using Mann Kendal Test (TFPW-MK) In Khuzestan Province. Journal of Environmental Sciences Studies, No. 4(1). pp. 884-895. (In farsi)
27. Vlizdeh Kamran, Kh. 2014. Estimation of Potential Evapotranspiration with Estefnz Method and GIS Techniques in Eastern Azerbaijan. Journal of Geography and Planning, No. 18(9). pp. 317-334. (In farsi)
28. Wang, X.M., Liu, H.J., Zhang, L.W., Zhang, R.H. 2014. Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District. Water Science and Engineering, No. 7(3). pp. 250-266.
29. Wang, Y., Jiang, T., Bothe, O., Fraedrich, K. 2007. Changes of pan evaporation and reference evapotranspiration in the Yangtze River basin. Theoretical and Applied Climatology, No. 90(1). pp. 13-23.
30. Xing, W., Wang, W., Shao, Q., Peng, S., Yu, Z., Yong, B., & Taylor, J. 2014. Changes of reference evapotranspiration in the Haihe River Basin: Present observations and future projection from climatic variables through multi-model ensemble. Global and Planetary Change, No. 115. pp. 1-15.
31. Xu, S., Yu, Z., Yang, C., Ji, X., Zhang, K. 2018. Trends in evapotranspiration and their responses to climate change and vegetation greening over the upper reaches
19. Mann, H.B. 1945. Nonparametric Tests Against Trend, Econometrica. Journal of the Econometric Society. No. 13(3). pp. 245-259.
20. Masoompour Samakosh, J., Rajae, S., Yeganehfar, M. 2014. Temporal- Spatial variability and evapotranspiration process of reference plant in Iran. Journal of Applied Research in Geographical Sciences, No. 34(14). pp. 7-25. (In farsi)
21. Raude, J.M., Wambua, R.M., Mutua, B.M. 2018. Detection of spatial, temporal and trend of meteorological drought using standardized precipitation index (spi) and effective drought index (edi) in the upper Tana river basin. Journal of Hydrology, No. 8(3). pp. 83-100.
22. Samani, Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. Journal of irrigation and drainage engineering, No. 126(4). pp. 265-267.
23. Sen, P. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American statistical association, No. 63(324). pp. 1379-1389.
24. Sun, S., Chen, H., Sun, G., Ju, W., Wang, G., Li, X., Hua, W. (2017). Attributing the changes in reference evapotranspiration in Southwestern China using a new separation method. Journal of Hydrometeorology, No. 18(3). pp. 777-798.
25. Tabari, H., Marofi, S., Aeni, A., Talaei, P.H. Mohammadi, K., 2011, Trend Analysis of reference evapotranspiration in the western half of Iran. Agricultural and

33. Yue S., Pilon P., Phinney B., Cavadias G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, *Hydrological Processes*, No. 16(9). pp. 1807-1829.
34. Zhang, X., L.A. Vincent, W.D. Hogg and A. Niitsoo, 2000. Temperature and rainfall trends in Canada during the 20th century. *Atmospheric Ocean*, No. 38(3). pp. 395-429
- of the Yellow River Basin. *Agricultural and forest meteorology*, No. 263. pp. 118-129.
32. Yaning C., Changchun X., Xingming H., Weihong L., Yapeng C., Chenggang Z., Zhaoxia Y. 2009. Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China. *Quaternary Int*, No. 208(1-2). pp. 53-61