



تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی تبخیر - تعرق پتانسیل در ایستگاه تبریز

یعقوب دین پژوه: دانشیار گروه مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران،
معصومه فروغی: دکترای آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران^۱،
سعید جهانبخش اصل: استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی. دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

تغییر اقلیم یکی از مهم ترین چالش های زیست محیطی در جهان می باشد. تغییر اقلیم، اثرات شدیدی بر کشاورزی، سیستم های هیدرولوژیکی، اکوسیستم و سایر سیستم های مرتبط با آن دارد. تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0)، یکی از عناصر مهم چرخه هیدرولوژیکی است که تحت تاثیر تغییر اقلیم می باشد. در این تحقیق، روند تغییرات زمانی تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) در ایستگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه حاضر، روند تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) در مقیاس های زمانی ماهانه و سالانه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از داده های سینوپتیک ایستگاه هواشناسی تبریز با دوره آماری ۳۶ ساله (۱۹۸۰-۲۰۱۵) استفاده گردید. تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه مرجع با استفاده مدل فائو - پنمن - مانتیث (FAO-PM-56)، برآورد گردید. در ادامه با بکارگیری آزمون غیر پارامتری من - کندیال (MK)، وجود روند معنی دار برای سری های زمانی ماهانه و سالانه در سطح معنی داری ۱ درصد و ۵ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت و از روش سنس استیمیتور (Sen) برای محاسبه شیب خط روند استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که روند تغییرات زمانی تبخیر - تعرق مرجع برای همه ماه ها، افزایشی بوده است که کمترین مقدار تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ماه دسامبر (معادل ۲/۲۷ میلی متر در ماه) و بیشترین آن در ماه اوت (معادل ۴/۵۹ میلی متر در ماه) اتفاق می افتد.

کلید واژگان: تبخیر - تعرق گیاه مرجع، تبریز، سنس استیمیتور، فائو - پنمن مانتیث، من - کندیال.

^۱ نویسنده مسئول: m.foroughi3@gmail.com

مقدمه

با افزایش درجه حرارت هوا، انتظار می‌رود چرخه هیدرولوژی به دلیل توانایی نگهداری بخار آب زیاد توسط هوای گرم و توزیع مجدد رطوبت، که باعث تغییر در گردش جوی می‌شود، تقویت گردد (آلن و اینگرام^۱، ۲۰۰۲؛ باتز^۲ و همکاران، ۲۰۰۸؛ یه^۳ و همکاران، ۲۰۱۳). با این وجود، پاسخ به تغییرات آب و هوایی به روش‌های مختلف، تغییرات بارش، رواناب، جریان‌های آب زیرزمینی، تبخیر-تعرق^۴ (ET) و رطوبت خاک نشان می‌دهد که روند تغییر در چرخه‌ی آب، همراه با افزایش درجه حرارت در سراسر جهان در طول قرن ۲۰ تشدید شده است (آلن و اینگرام، ۲۰۰۲؛ ونتز^۵ و همکاران، ۲۰۰۷؛ میشل^۶ و همکاران، ۲۰۱۲؛ آلان^۷ و همکاران، ۲۰۱۳). انتشار بیش از حد گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های اخیر و تغییرات اقلیمی ناشی از آن موجب تغییر در پارامترهای هواشناسی موثر در تبخیر و تعرق گردیده است (شریفیان و فرشادفر، ۱۳۹۲). تبخیر-تعرق بعد از بارش اصلی‌ترین جزء چرخه‌ی هیدرولوژیکی است که نیاز آبی گیاه را مشخص می‌کند (گویال، ۲۰۰۴). نیاز آبی گیاه و تبخیر-تعرق آن عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است. مطالعات اخیر تغییر اقلیم، غالباً بر تغییرپذیری دما و بارندگی متمرکز شده است. افزایش درجه حرارت از یکسو و کاهش احتمالی بارش از سوی دیگر باعث بوجود آمدن شرایط پیچیده اقلیمی در ایران به ویژه در مناطق گرم و خشک خواهد شد. با افزایش درجه حرارت انتظار می‌رود که قدرت تبخیرکنندگی هوا یا تبخیر-تعرق افزایش یابد و در نتیجه نیاز آبی گیاهان به طور مستقیم تحت تاثیر پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن خواهد بود. (شاه‌کرمی و همکاران، ۱۳۸۶). با توجه به اینکه پارامترهای هواشناسی مدام در حال تغییر می‌باشند و از طرفی جمعیت جهان روز به روز در حال افزایش است، مطالعه میزان تبخیر-تعرق و به تبع آن نیاز آبی گیاه با توجه به تغییرات اقلیمی در کشورهای خشک و نیمه‌خشکی که از منابع آبی محدودی برخوردار می‌باشند جهت طراحی سیستم‌های آبیاری و نیز بخش اصلی و مهم برنامه‌ریزی آبیاری، ضروری بنظر می‌رسد. در زمینه تبخیر-تعرق گیاه مرجع مطالعات گوناگونی در جهان و ایران انجام شده است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود:

باندیوپادیای^۸ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال به بررسی روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع در کشور هند طی دوره آماری ۱۹۷۱-۲۰۰۲ پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تبخیر-تعرق گیاه مرجع در منطقه با روند کاهشی همراه است و دلیل این کاهش، افزایش معنی‌دار رطوبت‌نسبی و کاهش سرعت‌باد می‌باشد. ایوب^۹ و میرجهان (۲۰۱۱) با استفاده از روش پنمن-مانتیت به محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع در شمال‌غرب بنگلادش پرداختند و از آمار پارامتری و ناپارامتری جهت محاسبه روند حداکثر و حداقل درجه‌حرارت هوا استفاده کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که روند درجه‌حرارت در برخی ایستگاه‌ها حالت کاهشی و در برخی از آن‌ها حالت افزایشی را تجربه کرده است. دین‌پژوه و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه در ۱۶ ایستگاه آب و هوایی ایران پرداختند. برای تخمین میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع از روش فائو-پنمن-مانتیت و برای بررسی روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع از آزمون من-کندال و برای شناسایی علت روند مشاهده شده، از رگرسیون چندگانه استفاده شد. نتایج تحقیقات افزایش و کاهش معنی‌دار تبخیر-تعرق گیاه مرجع را در مقیاس سالانه و ماهانه در ایران نشان داد. روند افزایشی ET₀ برجسته‌تر از روند کاهشی آن بوده و سرعت باد به

1 - Allen & Ingram

2 - Bates

3 - Ye

4 - Evapotranspiration

5 - Wentz

6 - Mitchell

7 - Allan

8 - Bandyopadhyay

9 - Ayub

عنوان متغیر غالب موثر بر ET_0 در تمام ماه‌های سال به جز ماه‌های فصل زمستان در ایران معرفی شد. جاجاریا^۱ و همکاران (۲۰۱۴) روند تبخیر- تعرق گیاه مرجع را در بیابان تار با استفاده از آزمون من- کندال مورد مطالعه قرار دادند. ایشان میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع را بر اساس روش پنمن-مانتیت در مقیاس‌های زمانی مختلف برای دوره ۱۹۶۷ تا ۲۰۰۵ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج حاکی از آن است که میزان تبخیر- تعرق گیاه مرجع در مقیاس زمانی سالانه، پیش از مونسون، در زمان مونسون و بعد از مونسون تغییرات کاهشی چشمگیری داشته است. وانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه روند تغییر اقلیم و تاثیر آن بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایستگاه لینه^۳ در هتائو^۴ چین پرداختند. بدین منظور برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش فائو- پنمن-مانتیت و برای بررسی روند تغییر در پارامترهای اقلیمی و تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش من- کندال و سنس استیمیتور استفاده نمودند. نتایج تحقیقات نشان داد که دمای هوا از روند افزایشی قابل توجهی برخوردار بوده است؛ در حالی که رطوبت نسبی و سرعت- باد به طور چشمگیری کاهش یافته‌اند که این تغییرات منجر به افزایش اندک ET_0 شده است. خینگ^۵ و همکاران (۲۰۱۶) به مطالعه تبخیر- تعرق گیاه مرجع در جنوب چین طی دوره آماری ۱۹۶۹ تا ۲۰۱۰ پرداختند. ایشان در مطالعه خود از روش‌های فائو- پنمن-مانتیت، تجزیه علیت و مدل BP استفاده کردند. نتایج تحقیقات نشان داد که در جنوب چین بر اساس تئوری تجزیه علیت، ساعات آفتابی با ضریب همبستگی ۰/۸۳۵۷ و ضریب مسیر ۰/۵۵۵۹، اثر قوی‌تری بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع داشته و حداقل درجه حرارت هوا و رطوبت نسبی در رده‌های بعدی قرار می- گیرند. شرقی و همکاران (۱۳۸۹) با استفاده از روش فائو- پنمن-مانتیت، تبخیر- تعرق گیاه مرجع را در استان یزد مورد بررسی قرار داده و سپس با برقراری ارتباط بین پارامتر تبخیر- تعرق با ارتفاع و همچنین روش عکس مجذور فاصله به پهنه‌بندی نقشه‌های مقادیر تبخیر- تعرق گیاه مرجع در استان پرداختند. نتایج تحقیقات نشان داد که مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان از شدت تبخیر- تعرق بیشتری نسبت به مناطق شمالی و شرقی برخوردار می‌باشند. دین‌پژوه (۱۳۹۰) به تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایستگاه همدان پرداخت و از دو روش برازش خط مستقیم بر سری زمانی و محاسبه شیب خط روند با روش حداقل مربعات و آزمون من- کندال و محاسبه شیب خط روند با روش سنس استیمیتور استفاده کرد. برای تحلیل حساسیت تبخیر- تعرق گیاه مرجع نیز از رگرسیون چندگانه خطی گام به گام بهره برد. نتایج تحقیقات نشان داد که شیب خط روند در تمام ماه- های سال مثبت می‌باشد و نتایج تحلیل حساسیت نیز نشان داد که در ماه‌های گرم سال؛ سرعت‌باد و حداکثر درجه- حرارت هوا به ترتیب مهم‌ترین عوامل موثر بر تبخیر- تعرق گیاه مرجع می‌باشند. جهانبخش‌اصل و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تغییرات نیازآبی گیاه مرجع و متغیرهای هواشناختی مرتبط با آن در استان آذربایجان شرقی پرداختند. ایشان در مطالعه خود از روش‌های فائو- پنمن-مانتیت، روش‌های ناپارامتری اسپیرمن، من- کندال و تخمین‌گر شیب سن استفاده کرده و به این نتیجه رسیدند که تبخیر- تعرق گیاه مرجع دارای روند معنی‌داری افزایشی بوده است.

با توجه به اهمیت بالای تبخیر- تعرق گیاه مرجع، هدف از این تحقیق بررسی تغییرات زمانی این متغیر، در ایستگاه تبریز با بکارگیری آزمون‌های من-کندال می‌باشد. مقادیر شیب روندهای معنی‌دار با استفاده از روش سن تعیین گردیده است.

¹ - Jhajharia

² - Wang

³ - Linhe Station

⁴ - Hetao

⁵ - Xing

داده‌ها و روش کار

ناحیه مورد مطالعه ایستگاه تبریز می‌باشد. این ایستگاه در موقعیت عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۶۱ متر از سطح دریا قرار دارد. داده‌های مورد نیاز برای محاسبه میزان ET_0 ماهانه از سازمان هواشناسی کشور به دست آمد که در دوره زمانی ۱۹۸۰-۲۰۱۵ برای محاسبه ET_0 از روش PM استفاده شد. فرمول فائو-پنمن-مانتیت که توسط آلن و همکاران (۱۹۹۸) برای استفاده توصیه شده است به شرح زیر می‌باشد:

فرمول فائو-پنمن-مانتیت:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34u_2)} \quad (1)$$

در رابطه فوق:

ET_0 : تبخیر-تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر بر روز برای دوره روزانه و میلی‌متر ساعتی
 Δ : شیب منحنی فشار بخار اشباع در میانگین درجه حرارت بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد
 R_n : تابش خالص در سطح گیاه بر حسب مگاژول بر متر مربع در ساعت
 G : چگالی شار حرارتی خاک بر حسب مگاژول بر مترمربع در روز برای بازه زمانی روزانه و مگاژول بر مترمربع در ساعت برای بازه زمانی ساعتی

γ : ثابت سایکرومتری بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد
 T : متوسط درجه حرارت روزانه و ساعتی بر حسب درجه سانتی‌گراد
 U_2 : متوسط سرعت باد روزانه و ساعتی در ارتفاع ۲ متری بر حسب متر بر ثانیه
 e_s : میانگین فشار بخار اشباع هوا در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری بر حسب کیلوپاسکال
 e_a : میانگین فشار بخار واقعی هوا در ارتفاع ۱/۵ تا ۲ متری بر حسب کیلوپاسکال می‌باشند.
از روش آماری ناپارامتری من-کندال جهت بررسی روند تغییرات پارامترهای هواشناسی از قبیل: میانگین درجه حرارت هوا، میانگین رطوبت نسبی، سرعت باد و ... و روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع و در مرحله بعد شیب خط روند با روش Sen تخمین زده شد. آزمون آماری ناپارامتری من-کندال و روش Sen به شرح زیر می‌باشند.

روش من-کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه گردید و سپس توسط کندال (۱۹۷۰) بسط و توسعه یافت. این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌کند.

فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌هاست و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع sgn و استخراج پارامتر

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

در رابطه فوق:

n : تعداد جملات سری؛ x_j : داده j ام سری؛ x_k : داده k ام سری می‌باشند.

تابع sgn نیز به شرح زیر تعریف می‌گردد:

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

ب) واریانس با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad n > 10 \quad (4)$$

در رابطه فوق: (n): تعداد داده‌ها؛ m: تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد؛ t: فراوانی داده‌های با ارزش یکسان) می‌باشند.

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

ج) استخراج آماره آزمون Z به کمک یکی از روابط زیر:

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

اگر رابطه زیر برقرار باشد فرض صفر پذیرفته می‌شود:

در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود که معمولاً این آزمون برای سطوح معنی دار ۹۵٪ و ۹۹٪ به انجام می‌رسد.

$$|Z| \leq Z\alpha / 2 \quad (7)$$

روش سنس استیمیتور نیز همانند روش من-کندال بر اساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. در این روش شیب بین هر جفت داده در سری محاسبه گشته و میانه سری شیب‌های بدست آمده استخراج می‌گردد. سپس به کمک روابطی به شرح زیر در مورد معنی‌دار بودن شیب نهایی بدست آمده قضاوت می‌شود. (سن، ۱۹۶۸).

مراحل محاسبه‌ی آماره این آزمون به شرح زیر است:

الف) محاسبه‌ی شیب بین هر جفت داده در سری توسط رابطه زیر:

$$Q = \frac{Xi' - Xi}{i' - i} \quad (8)$$

در رابطه فوق:

Xi': داده مشاهده‌ای در زمان i'

Xi: داده مشاهده ای در زمان i

i: یک واحد زمانی بعد از زمان i می‌باشند.

ب) با اعمال رابطه (الف) برای هر دو جفت داده، یک سری زمانی حاصل می‌آید که محاسبه میانه سری شیب‌های بدست آمده (Qmed) بعنوان شیب خط روند در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که Qmed مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

ج) مرحله بعد، آزمون نمودن شیب بدست آمده در فاصله اطمینان‌های ۹۵٪ و ۹۹٪ می‌باشد. جهت انجام این آزمون از روابط زیر استفاده می‌گردد:

$$C_{\alpha} = Z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\text{var}(s)} \quad (9)$$

در رابطه فوق Z عبارتست از آماره توزیع نرمال استاندارد که در یک آزمون دو دامنه، بسته به سطح اطمینان مورد آزمون می‌تواند مقادیر متفاوتی به خود بگیرد. این آماره برای سطح اطمینان ۹۵٪ برابر با $Z=1/96$ و در سطح اطمینان ۹۹٪ برابر با $Z=2/58$ در نظر گرفته می‌شود.

د) با توجه به روابط زیر حدود اعتماد پایین (M1) و بالا (M2+1) محاسبه می‌گردند:

$$M1 = \frac{N' - C_{\alpha}}{2} \quad (10)$$

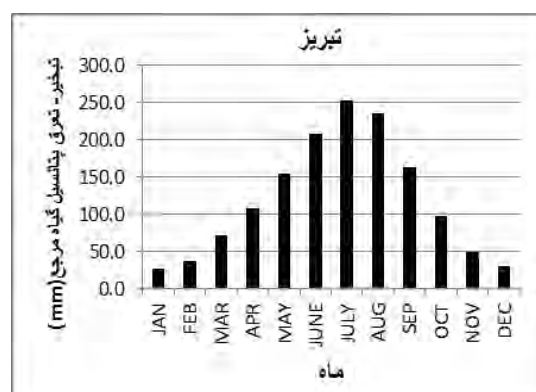
$$M2 = \frac{N' + C_{\alpha}}{2} \quad (11)$$

در رابطه فوق: N' = تعداد کل شیب‌های بدست آمده می‌باشد.

ه) حال M1 امین و (M2+1) امین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده استخراج می‌شود. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده فوق قرار گیرد فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها تأیید می‌گردد. در غیر اینصورت فرض صفر رد شده و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون پذیرفته می‌گردد.

شرح و تفسیر نتایج

شکل ۱ میانگین تبخیر- تعرق گیاه مرجع را بر حسب میلی‌متر بر ماه در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. از این شکل می‌توان استنباط کرد که کمترین میزان تبخیر- تعرق ماهانه در ماه ژانویه دیده می‌شود و به تدریج با گرم شدن هوا در ماه‌های بعدی میزان تبخیر- تعرق افزایش می‌یابد و در ماه ژوئیه به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از ماه ژوئیه به تدریج با خنک شدن هوا میزان ET_0 ماهانه به تدریج کاهش می‌یابد و در نهایت در ماه دسامبر تقریباً برابر با میزان ET_0 ژانویه به پایین‌ترین حد خود می‌رسد. افزون بر این شیب افزایش ET_0 در نیمه اول سال اندکی کمتر از شیب نیمه دوم سال است. کمترین میزان تبخیر- تعرق ماهانه در ایستگاه مورد مطالعه در ماه ژانویه برابر $27/4$ میلی‌متر در سال و بیشترین آن در ماه ژوئیه برابر $252/5$ میلی‌متر در سال می‌باشد.



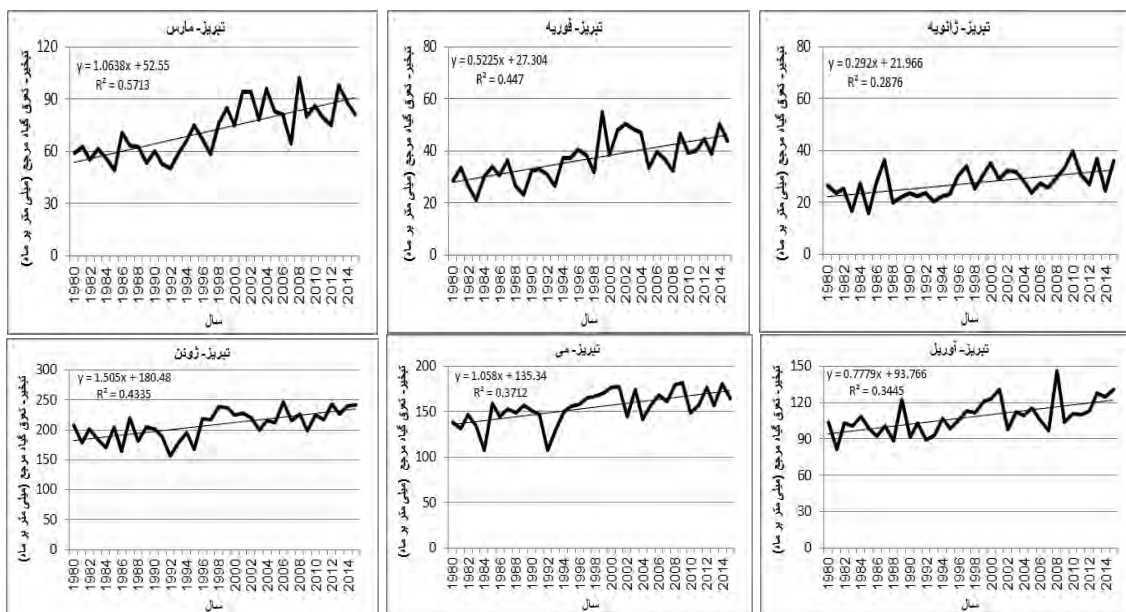
شکل ۱- هیستوگرام میانگین تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایستگاه تبریز بر حسب میلی‌متر بر سال.

شکل ۲ روند تغییرات ماهانه و سالانه تبخیر- تعرق گیاه مرجع در ایستگاه تبریز را نشان می‌دهد بطوریکه که از شکل ۲ استنباط می‌شود، روند تبخیر- تعرق ماهانه و سالانه در همه ماه‌ها با روند صعودی همراه بوده است. نتایج بررسی روند تغییرات ET_0 ماهانه تبریز (۱۹۸۱-۲۰۱۵) با روش من- کندال و شیب خط روند در جدول ۱ نشان داده شده است. بطوریکه از این جدول می‌توان استنباط کرد، سری‌های زمانی ET_0 ماهانه در ایستگاه تبریز در همه ماه‌ها دارای روند مثبت و دارای ارقام Z من- کندال بیشتر از ۲/۳۳ می‌باشد. این نتیجه بیانگر این است که با گذشت زمان در دوره آماری مورد مطالعه بنا به دلایلی مانند افزایش درجه حرارت هوا/ یا افزایش سرعت باد و ...، میزان تبخیر- تعرق نسبت به گذشته افزایش یافته است. در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه مورد مطالعه روند تغییرات ET_0 رو به بالاست. این بدان مفهوم است که مقدار آب مورد نیاز گیاهان تقریباً در همه ماه‌های سال افزایش یافته است. بر اساس گزارش دین‌پژوه (۱۳۹۰) روند تغییرات ET_0 در ایستگاه همدان که با روش مشابه مطالعه شده است در ۱۰ ماه از سال مثبت بوده است که با یافته‌های مطالعه حاضر کاملاً همخوانی دارد. مقادیر شیب خط روند ماهانه و سالانه تبخیر- تعرق گیاه مرجع ایستگاه تبریز نشان می‌دهد که شیب خط روند ماهانه برای ماه‌ها مثبت می‌باشد. این بدان مفهوم است که مقدار تبخیر- تعرق ماهانه با گذشت زمان افزایش یافته است. بیشترین شیب خط روند در ماه ژوئن معادل ۱/۴۵۷ میلی‌متر در ماه می‌باشد. بطوریکه در یک دوره آماری ۳۶ ساله در ایستگاه مورد مطالعه، مقدار ET_0 در انتهای دوره حدود ۵۲/۴۵ میلی‌متر نسبت به ابتدای دوره افزایش یافته است. پس از ژوئن بیشترین شیب خط روند در ماه اوت معادل ۱/۲۵۶ میلی‌متر در ماه می‌باشد. در مقیاس سالانه شیب خط روند ET_0 معادل ۹/۸۲۴ میلی‌متر در سال می‌باشد. مفهوم آن این است که ET_0 سالانه این ایستگاه در هر سال حدود ۹/۸۲۴ میلی‌متر (نسبت به سال قبل) زیاد می‌شود.

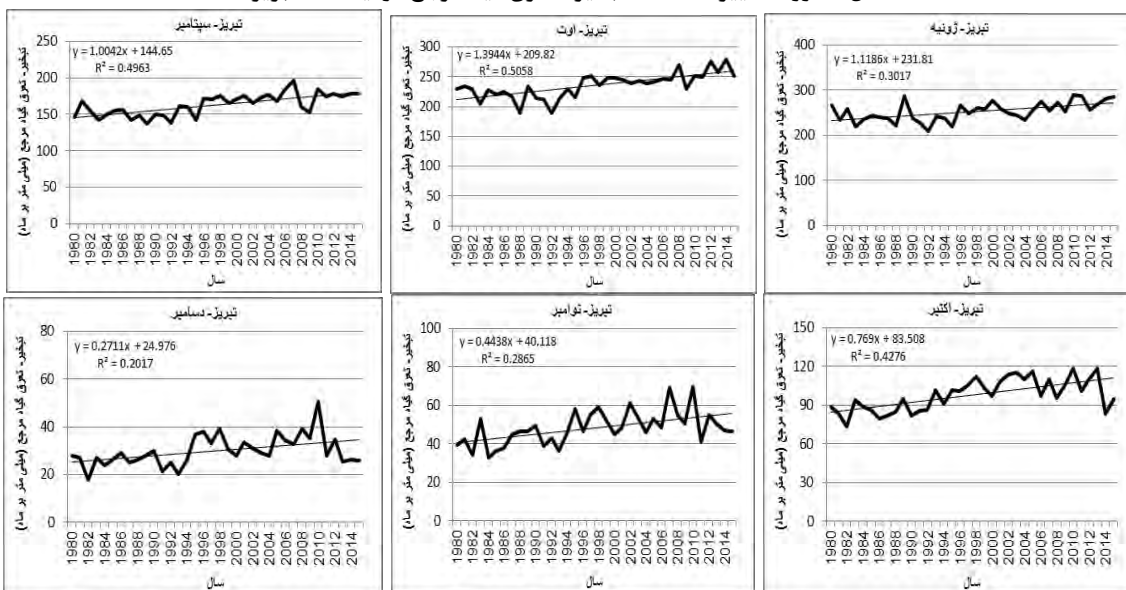
جدول ۱- مقادیر آماره Z من- کندال و شیب خط روند تبخیر- تعرق گیاه مرجع ایستگاه تبریز.

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالانه
آماره Z	۱/۷۱ ^{۰۰}	۱/۵۶ ^{۰۰}	۱/۶۱ ^{۰۰}	۳/۵۸ ^{۰۰}	۳/۹۹ ^{۰۰}	۳/۷۵ ^{۰۰}	۳/۲۸ ^{۰۰}	۴/۵۹ ^{۰۰}	۴/۵۱ ^{۰۰}	۴/۰۲ ^{۰۰}	۳/۳۹ ^{۰۰}	۲/۲۷ ^{۰۰}	۵/۳۹ ^{۰۰}
من- کندال													
شیب خط روند ^۰	۰/۳۰۲	۰/۵۰۳	۱/۰۰۰	۰/۷۷۶	۱/۱۴۶	۱/۴۵۷	۱/۲۳۹	۱/۲۵۶	۱/۰۱۴	۰/۹۰۲	۰/۴۲۸	۰/۲۴۴	۹/۸۲۴

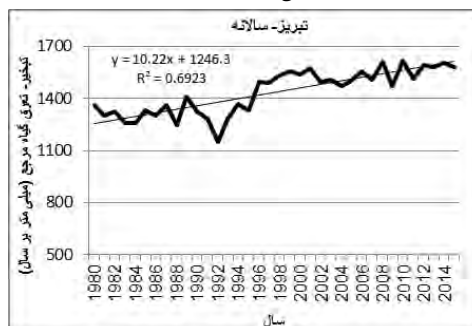
توجه: اعداد پررنگ با یک ستاره و دو ستاره به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشند. واحد شیب خط روند در مقیاس ماهانه میلی‌متر در ماه و برای مقیاس سالانه، میلی‌متر در سال می‌باشد



شکل ۲- روند تغییرات ماهانه تبخیر - تعرق گیاه مرجع در ایستگاه تبریز.



شکل ۲- ادامه.



شکل ۳- روند تغییرات سالانه تبخیر - تعرق گیاه مرجع در ایستگاه تبریز.

نتیجه گیری

بررسی روند تغییرات ET_0 در ایستگاه تبریز در دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۸۰ با روش ناپارامتری من-کندال نشان داد که میزان ET_0 سالانه این متغیر با گذشت زمان افزایش یافته است. در مقیاس ماهانه بررسی‌ها نشان داد که میزان ET_0 ماهانه در همه ماه‌های سال (به جز دسامبر که در سطح ۵ درصد معنی‌دار است) در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین شیب خط روند متغیر مذکور متعلق به ماه ژوئیه و برابر $1/457$ میلی‌متر در ماه بوده است. با توجه به روند افزایش معنی‌دار ET_0 در تمامی ماه‌های سال در این ایستگاه می‌توان استنباط کرد که در آینده بحران آب در تبریز هم برای بخش کشاورزی و هم برای بخش‌های دیگر معضلی اساسی به‌شمار خواهد آمد، در حالت کلی، مهم‌ترین اثر این روند، در افزایش نیاز آبی محصولات کشاورزی بویژه در ماه‌های گرم سال که گیاهان در حال رشد هستند، به صورت معنی‌داری ظاهر خواهد شد.

منابع

- جهانبخش‌اصل. سعید؛ علیمحمد خورشیددوست؛ حمید میرهاشمی، هابیل خرمی و معصومه تدینی. ۱۳۹۳. روندیابی تغییرات نیازآبی گیاه مرجع و متغیرهای هواشناختی مرتبط با آن در آذربایجان شرقی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۸، شماره ۲، صفحات ۳۰۶-۲۹۶.
- دین‌پژوه. یعقوب. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه مرجع؛ مطالعه موردی: ایستگاه همدان. فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اسلامی اهر، دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۲۸۶-۲۶۰.
- شاه‌کرمی، نازنین. سعید مرید و علیرضا مساح‌بوانی. ۱۳۸۶. ارزیابی اثرات و راهکارهای تطبیق با تغییر اقلیم با تاکید بر مدیریت جامع منابع آب در حوزه زاینده‌رود. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب/ایران، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر. شرقی، طاهره. محمدامین اسدی و محمدرضا کوثری. ۱۳۸۹. برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو - پنمن - مانتیث و پهنه‌بندی آن در استان یزد. فصلنامه علمی- پژوهشی خشک بوم، دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۳۳-۲۵.
- شریفیان، حسین و مهدیه فرشادمهر. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در کشور. اولین همایش ملی چالش‌های منابع آب و کشاورزی، انجمن آبیاری و زهکشی/ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان؛ اصفهان، ۱۷ بهمن.
- Allan, C; J. Xia, and C Pahl-Wostl. 2013. Climate change and water security: Challenges for adaptive water management. *Curr, Opin, Environ, Sustain*, **5(6): 625-632**.
- Allen, RG; LS. Rereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guideline for computing crop requirements FAO irrigation and drainage paper. **No. 56, FAO Rome, Italy**.
- Allen, M.R and W.J. Ingram. 2002. Constraints on future changes in climate and the hydrologic cycle. *Nature*. **419(6903):224-232**.
- Ayub, R and M.M Miah .2011. Effects of change in temperature on reference crop evapotranspiration (ET_0) in the northwest region of Bangladesh. *Annual Paper Meet and Civil Engineering Congress*, December 22-24. **Dhaka, Bangladesh, 417- 426**.
- Bandyopadhyay, A; A. Bhadra, N.S. Raghuwanshi, and R. Singh. 2009. Temporal trends in estimates of reference evapotranspiration over India. *Journal of Hydrologic Engineering*. **14(5):508-515**.
- Bates, B; Z.W. Kundzewicz, S. Wu, and J. Palutikof. 2008. Climate Change and Water. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Geneva*.
- Dinpashoh, Y; D Jhajharia, A. Fakheri-Fard, V. Singh,V, and E. Kahya . 2011. Trends in reference crop evapotranspiration over Iran, *Journal of Hydrology*, **399:422 – 433**.
- Goyal, R.K. 2004. Sensitivity of evapotranspiration to global warming: A case study of arid zone of Rajasthan (India). *Agricultural Water Management*. **69:1-11**.



- Jhajharia, D; R. Kumar, P.P. Dabral, V.P. Singh, R.R. Choudhary, and Y. Dinpashoh. 2014. Reference evapotranspiration under changing climate over the Thar Desert in India. *Meteorological Applications Meteorol, Appl*, **22(3):425 - 435**.
- Kendall, M.G. 1970. Rank Correlation Methods. 2nd Ed., New York: *Hafner*.
- Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. **13: 245-259**.
- Mitchell, M; A. Curtis, E. Sharp, E. Mendham. 2012. Directions for social research to underpin improved groundwater management. *J. Hydrol.* **448(15):223-231**.
- Wentz, F.J; L. Ricciardulli, K. Hilburn, C and Mears. 2007. How much more rain will global warming bring?. *Science*. **317(5835): 233-235**.
- Wang, X; H. Liu, L. Zhang, R. Zhang. 2014. Climate change trend and its effects on reference evapotranspiration at Linhe Station, Hetao Irrigation District, *Water Science and Engineering*. **7(3):250-266**.
- Xing, X; Y.Liu, W.G. Zhao, D.G. Kang, M. Yu, X. and Ma, X. 2016. Determination of dominant weather parameters on reference evapotranspiration by path analysis theory, *Computers and Electronics in Agriculture*. **120: 10- 16**.
- Ye, X.C; X.H. Li, J.. Liu, C.Y. Xu, and Q. Zhang. 2013. Variation of reference evapotranspiration and its contributing climatic factors in the Poyang Lake catchment, China. *Hydrol. Process*. **28(25):6151-6162**.

Temporal Trends Analysis of Reference Crop Evapotranspiration in Tabriz Station.



Dinpashoh, yagheb. Associate Professor of Water Engineering Faculty, University of Tabriz, Tabriz. Iran, Dinpashoh@yahoo.com.

Masoumeh Foroughi. PhD of Climatology (climate change) University of Tabriz, Tabriz. Iran, M_foroughi3@gmail.com.

Jahanbakhsh asl, Saeed, Professor of Geography Faculty, University of Tabriz, Tabriz. Iran, S_jahanbakhsh@tabriz.ac.ir

Abstract:

Climate change is one of the most important global environmental challenges. Climate change has severe impacts on agriculture, hydrological system, ecosystem and other related systems. Reference crop evapotranspiration (ET_0) is one of the important elements of the hydrological cycle, which is influenced by climate change. This study examined the trends in reference crop evapotranspiration (ET_0) on monthly and annual time scales. ET_0 estimated by using the globally accepted Food and Agriculture Organization (FAO) Penman-Monteith (FAO-56 PM) method in Tabriz stations located in the Northwest of Iran. this study examined the trends in reference crop evapotranspiration (ET_0) on monthly and annual time scales. In this study, The synoptic data of the Tabriz meteorological station was used for 36 years statistical period (1980-2015). The trends of ET_0 detected by using the Mann–Kendall (MK) test and and significance in of 90% , 95% and 99% was studied. The slopes of the trend lines calculated by using the Sen's slope estimator. The results showed significant increasing as well as decreasing trends in the annual and monthly ET_0 mm/year. In the monthly scale, The highest magnitudes of the ET_0 trends were obtained in December (2.77 mm/month) and The lowest magnitudes of the ET_0 trends were obtained in August (4.59 mm/month).

Keywords; Mann–Kendall, Penman Monteith method (FAO-56 PM), Reference Crop Evapotranspiration, Sen's estimator, Tabriz.