دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی

سال پانزدهم، شماره‌ی ۴۹
بهار ۱۳۹۴، صفحات ۳۵-۱۹

حمید قلیزاده الپاوت[۱]
کریم امینی نیا[۲]

بررسی تغییرات زمانی تبخیر–تعرق پتانسیل در تبریز

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۱۲/۰۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۰۷/۲۷

چکیده

تبخیر و تعرق یکی از پارامترهای مهم در چرخه هیدرولوژی است که بر میزان آب در دسترس و کشاورزی تاثیر مستقیم می‌گذارد. در این تحقیق، جهت برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل از داده‌های میانگین مربوط به متوسط درجه حرارت، حداقل درجه حرارت، حداکثر درجه حرارت، حداقل رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی طی دوره آماری ۵۷ ساله (۲۰۰۸- ۱۹۵۱) استفاده شده و با دخالت دادن موقعیت جغرافیایی شامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ایستگاه تبریز، مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل با استفاده از نه روش معتبر در نرم‌افزار REF-ET محاسبه گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، روش بلانی-کریدل به عنوان بهترین روش برای محاسبه این شاخص در محدوده مورد مطالعه تشخیص داده شد. همچنین جهت آشکار نمودن تغییرات زمانی این شاخص از آزمون گرافیکی من-کندال استفاده گردید که نتایج نشان داد که با وجود سیر کاهشی این شاخص تا دهه نود میلادی، به تدریج در سال‌های اخیر تبخیر-تعرق پتانسیل افزایش یافته است. حداکثر افزایش میزان تبخیر و تعرق در اواسط بهار و پاییز می‌باشد و تغییرات ماهانه این شاخص، روند افزایشی معنی‌داری را برای ماه‌های می و اکتبر نشان می‌دهد و

۱- کارشناس ارشد اقلیم شناسی در برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر.
۲- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر. E-mail: araz183@yahoo.com

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

این در شرایطی است که تبخیر-تعرق پتانسیل در اکثر ماه‌های تابستان (ژوئیه، اوت، سپتامبر) با وجود نوسانات زیاد روند غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

کلید واژه‌ها: تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع، من-کندال، بلانی-کریدل، تبریز.

مقدمه

ایران کشوری است که از لحاظ اقلیمی جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود، به‌طوری‌که از یک سو متوسط بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها و کم‌تر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین است و از سوی دیگر میزان تبخیر-تعرق از سطح آن حدود سه برابر تبخیر خشکی‌های زمین می‌باشد. از طرف دیگر، با توجه به این‌که در کشور ما بخش کشاورزی حدود ۹۲ درصد کل آب مصرفی را به خود اختصاص می‌دهد، لذا با بهبود مدیریت مصرف آب در این بخش و افزایش راندمان مصرف آن، می‌توان به طور قابل‌ملاحظه‌ای در مصرف آب صرفه‌جویی کرد. یکی از روش‌هایی که باعث بهبود مدیریت مصرف آب و در نهایت افزایش راندمان آب مصرفی می‌شود، برآورد دقیق تبخیر-تعرق یا تخمین میزان آب مصرفی گیاهان می‌باشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۰: ۵۱).

تاکنون بیش از ۵۰ روش تخمین تبخیر و تعرق در قالب روش‌های ترکیبی، آئرودینامیک و تجربی ارائه شده است که اغلب آن‌ها با توجه به داده‌های هواشناسی نتایج متفاوتی دارند (گریسمرو همکاران، ۲۰۰۲: ۱۸۰). روش مناسب تعیین این شاخص در هر منطقه بستگی به شرایط اقلیمی، داده‌های مورد نیاز و هزینه‌های مربوط به آن دارد (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۶). صالح و سندیل[3] (۱۹۸۳: ۲۸۹) روش جنسن هیز را برای کالیبره کردن روابط تجربی در مناطقی با اقلیم خشک مانند عربستان سعودی مناسب دانستند. در مطالعه‌ای دیگر، روش جنسن هیز و هارگریوز برای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک پیشنهاد گردیده است (ایرماک و همکاران[4]، ۲۰۰۳: ۳۳۶). وانگ و همکاران[5] (۲۰۰۶)، تغییرات طشتک تبخیر-تعرق گیاه مرجع را با استفاده از آمار ۱۱۵ ایستگاه هواشناسی در حوضه رودخانه یانگتز از سال ۲۰۰۰ -۱۹۶۱ بررسی کرده‌اند. ایشان با استفاده از روش من-کندال و رگرسیون خطی برای تشخیص روند تبخیر سالانه و فصلی برای یک دوره ۴۰ ساله استفاده کرده‌اند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان می‌دهد که روند تبخیر-تعرق گیاه مرجع و طشتک تبخیر-تعرق به همدیگر شباهت دارند. با این حال ایستگاه‌هایی وجود دارند که

3- Salih and Sendil
4- Irmark, et.al
5- Wang, et.al

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

روند تغییرات میانگین فصلی و سالیانه تبخیر-تعرق گیاه مرجع در آن‌ها منفی است. همچنین روند تبخیر از طشتک تبخیر نیز در بیش‌تر ایستگاه‌ها منفی می‌باشد.

در ایران اولین بار آب مورد نیاز گیاهان برای تمام مناطق کشور و برای کشت‌های عمده با استفاده از فرمول بلنی-کریدل در سال ۱۳٤۹ توسط گروه مهندسی آبیاری و آبادانی با مدیریت فرزانه، توسط فردوسیان و همکارانش، با اعتبار اداره کل مهندسی زراعی سابق محاسبه گردید. در آن مقطع این بررسی معتبرترین کاری بود که انجام پذیرفت (خیرابی و همکاران، ۱۳۷٦: ۳۷). جهانبخش و همکاران (۱۳۸۰: ۵۱) مدل‌های برآورد تبخیر-تعرق را برای ایستگاه هواشناسی تبریز مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند. در این پژوهش با استفاده از روش‌های ترکیبی، دمایی، تابشی، همبستگی چندگانه تبخیر-تعرق و رطوبتی، مقادیر تبخیر-تعرق محاسبه گردیده و سپس با روش طشتک تبخیر مورد مقایسه قرارگرفته‌اند. نتایج تحقیقات فوق نشان می‌دهد که روش کریستین سن-هارگریوز با درصد خطای ۱۹/۵۹٪ نسبت به سایر روش‌ها تطابق بیش‌تری با روش طشتک تبخیر دارد.

علیزاده و همکاران (۱۳۸۰: ٦۹)، سه روش تعیین تبخیر و تعرق به روش‌های هارگریوز سامانی، طشتک تبخیر و فائو-پنمن-مانتیس را در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان بررسی کرده‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که روش طشتک تبخیر علی‌رغم اینکه تابع داده‌های متعدد هواشناسی می‌باشد در تبخیر-تعرق نتایج قابل قبولی ارائه نمی‌کند. نامبردگان برای برآورد هر چه بهتر مقادیر تبخیر و تعرق یک ضریب واسنجی ارائه و آن را توصیه کرده‌اند. مجرد و همکاران (۱۳۸۳: ۷۷)، با استفاده از داده‌های سی ساله ایستگاه هواشناسی جلگه مازندران، مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل ماهانه و سالانه را با استفاده از پنج روش پنمن اصلاح‌شده (فائو ۹۱، پنمن-مانتیس) فائو، بلنی-کریدل (فائو)، هارگریوز و ماکینگ (فائو) محاسبه کرده‌اند. ایشان از بین پنج روش فوق دو روش پنمن-مانتیس و هارگریوز را انتخاب کرده‌اند و بر مبنای آن نقشه‌های هم تبخیر ماهانه و سالانه ارائه نموده‌اند. نتیجه پژوهش نشان می‌دهد که بیش‌ترین مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل سالانه در منطقه؛ در مرکز آن و در حدود ۱۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد که به طرف شرق و غرب اندکی کاهش می‌یابد. ساری صراف و همکاران (۱۳۸۳: ۹۹)، با استفاده از آمار ۳۰ ساله ایستگاه سینوپتیک تبریز به محاسبه میزان تبخیر-تعرق به وسیله ده فرمول تجربی پرداخته و از مقایسه مقادیر حاصله با مقادیر طشتک تبخیر، روش بلنی-کریدل را بهترین روش برای تخمین مقادیر تبخیر-تعرق شهر تبریز معرفی نموده است.

هدف از این مطالعه، مقایسه روش‌های مختلف با یکدیگر و تعیین بهترین روش برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل و به‌ویژه تغییرات زمانی آن با توجه به بحث تغییرات اقلیمی در شهرستان تبریز می‌باشد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

مواد و روش‌ها

شهرستان تبریز در موقعیت جغرافیایی ٤٦ درجه و ١١ دقیقه تا ٤٦ درجه و ٢٣ دقیقه طول شرقی و ٣٨ درجه و ١ دقیقه تا ٣٨ درجه و ٩ دقیقه عرض شمالی با ارتفاع متوسط ١٣٤٠ متر می‌باشد.

برای انجام این مطالعه از داده‌های میانگین مربوط به متوسط درجه حرارت، حداقل درجه حرارت، حداکثر درجه حرارت، حداقل رطوبت نسبی، سرعت باد و ساعات آفتابی طی دوره آماری ۵۷ ساله (۲۰۰۸- ۱۹۵۱) ایستگاه سینوپتیک تبریز استفاده شده به منظور آسان‌سازی و مقایسه بین روش‌های مختلف و همچنین توانایی مقایسه آن‌ها با یکدیگر از نرم‌افزار REF-ET استفاده شده است که با دخالت دادن موقعیت جغرافیایی شامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی ایستگاه تبریز، مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع با استفاده از ۹ روش (پنمن، هارگریوز و سامانی، بلنی-کریدل، ماکینگ، معادله تورک، معادله پریستلی تیلور، پنمن-کیمبرلی، معادله استانداردشده ASCE[6] و فائو ٥٦-پنمن-مانتیس) مطالعه و محاسبه‌شده و مناسب‌ترین روش، روش بلانی-کریدل تشخیص داده شد. در این روش: که توسط دورنبوس و پروت (۱۹۷۷) تغییر یافته است (دهقانی سانیج، ٢٠٠٤: ٩١):

$$ETo = a + b[\,p(0.46T_{mean} + 8.13)] \qquad \text{رابطه (۱)}$$

ETO= تبخیر و تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی‌متر در روز.

P = ضریب مربوط به طول روز یا درصد سالانه تابش آفتاب در ماه که به صورت روزانه توصیف شده است (متوسط ساعات روشنایی هر روز در ماه مورد نظر تقسیم بر کل ساعات روشنایی سال ضرب در ۱۰۰).

T_{mean} = متوسط درجه حرارت ماهانه ($^{\circ}c$).

a, b = ضریب اقلیمی که بستگی به حداقل رطوبت نسبی هوا ($RH_{\min}$)، نسبت ساعات واقعی آفتابی (n) به حداکثر ممکن ساعات ممکن ساعات آفتابی (N) و سرعت باد در روز دارد. مقادیر a ,b از معادلات زیر به‌دست می‌آید:

$$a = 0.0043(RH_{\min}) - N_{ratio} - 1.41 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

$$b = 0.82 - 0.0041(RH_{\min}) + 1.07(n/N) + 0.066(U_{day}) - 0.006(RH_{\min})\frac{n}{N} - 0.0006(RH_{\min})(U_{day}) \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط فوق:

6- American Society Of Civil Engineers

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

N = تعداد ساعات واقعی آفتاب.

N = حداکثر ساعات ممکن تابش آفتاب که مقدار آن در هر نقطه بستگی به عرض جغرافیایی دارد.

$RH_{\min}$ = حداقل رطوبت نسبی (درصد).

U_{day} = سرعت باد در طول روز در ارتفاع ۲ متری (متر در ثانیه)[۷].

پس از مشخص شدن میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع در منطقه مورد مطالعه از آزمون من-کندال برای تعیین وجود روند و معنی‌داری آن‌ها استفاده می‌شود. آزمون من-کندال یک آزمون آماری گرافیکی است که جهت بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌های آماری از آزمون ناپارامتری من–کندال استفاده می‌شود. این تست در ابتدا برای مشخص کردن غیر پارامتریک بودن سری‌ها به کار می‌رود. بدین منظور سری‌های آماری را به ترتیب صعودی مرتب و رتبه‌بندی می‌شوند در این آزمون تصادفی بودن داده‌ها با عدم روند مشخص می‌گردد در صورتی که سری‌ها به سمتی کاهش یا افزایش نشان دهند، داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از آزمون زیر استفاده می‌شود (عزیزی و روشنی،۱۳۸۷: ۱۹).

رابطه (٤) $$T = ۴p / n(n-۱)$$

در رابطه فوق: T برابر با آماره کندال[۸] و p برابر با مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف n_i که بعد از آن قرار می گیرند که از رابطه: $p = \sum_{i=1}^{i} n_i$ به دست می‌آید (کاویانی،۱۳۷٦: ٤)

n تعداد کل سال‌های آماری مورد استفاده یا $\sum x_i$ های سری‌های زمانی است.

به منظور سنجش معنی‌دار بودن آماره T، مقدار بحرانی tan را از طریق فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

رابطه (٥) $$T_t = \pm \tan \sqrt{4n + 10/9n(n-1)}$$

که در اینجا tan برابر با مقدار بحرانی برای توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است که در اینجا بر اساس سطح احتمال ۹۵ در صد برابر با ۱/۹٦ می‌باشد. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای $(T)_t$، حالات مختلفی بدین شرح مشاهده خواهد شد: $+(T)_t > T > -(T)_t$ یعنی $0 > T > X$ X هیچ‌گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند و اگر: $T < (T)_t$ یعنی $T < X$ شد روند منفی در سری‌ها و اگر $T > X$، $T > (T)_t$ روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود. (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۷). برای تعیین وجود

۷- محاسبه شده در نرم افزار REF-ET

8- Kendal staticese

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

روند یا عدم وجود و تعیین نوع تغییرات و زمان آن از آزمون رتبه‌ای کندال (آزمون من) استفاده می‌شود. برای رسیدن به چنین هدفی نیاز به آزمون گرافیکی کندال است. بدین منظور از جداول ویژه‌ای استفاده می‌شود که در آن داده‌ها رتبه‌بندی شده ترتیب وقوع آن‌ها در ستونی مقابل رتبه‌ها نوشته می‌شود. جهت تکمیل جدول مورد نظر نیاز به محاسبه آماره t آزمون کندال می‌باشد که از رابطه زیر به‌دست می‌آید (دراسدوسکی، ۱۹۹۳: ۲۹):

رابطه (٦) $$t_i = \sum_{i=1}^{n} n_i$$

و تابع توزیع آن در شرایطی که فرض صفر حاکم است، از لحاظ مجانبی با میانگین واریانس برابر است.

رابطه (۷) $$E(t) = n(n-1)/4$$

و واریانس آن برابر است با:

رابطه (۸) $$\mathrm{var}\, t = n(n-۱)(۲n+۵)/۷۲$$

برای به دست آوردن $u(t)$ از معادله زیر استفاده می‌شود.

رابطه (۹) $$u(t) = \{t - E(T)\}/\sqrt{\mathrm{var}(t)}$$

برای تعیین روند تغییرات و زمان و نوع آن نیاز است که علاوه بر محاسبه پارامتر $u(t_i)$ باید مولفه $u(t_i')$ نیز که معادل عکس u می‌باشد، از رابطه مقابل محاسبه می‌شود: $-u = u_i'(t_i')$ پس از محاسبات فوق و ترسیم نمودارهای مربوطه، اگر مقادیر u_i و u_i' در محدوده آماره همدیگر را قطع کنند، نشانگر نوسانات معمولی است و اگر در داخل محدوده بحرانی بین مقدار $\pm(T)_t$ و همدیگر را قطع کنند، تغییرات ناگهانی آن‌ها بوده ولی بی‌معناست و اگر در خارج از محدوده بحرانی ۱/۹۶ ± همدیگر را قطع کنند، بیانگر وجود تغییر ناگهانی معنی‌دار همراه با روند (مثبت یا منفی) در سری‌های زمانی می‌باشد (علیجانی و همکاران،۱۳۹۰: ۱۱۰).

یافته‌ها و بحث

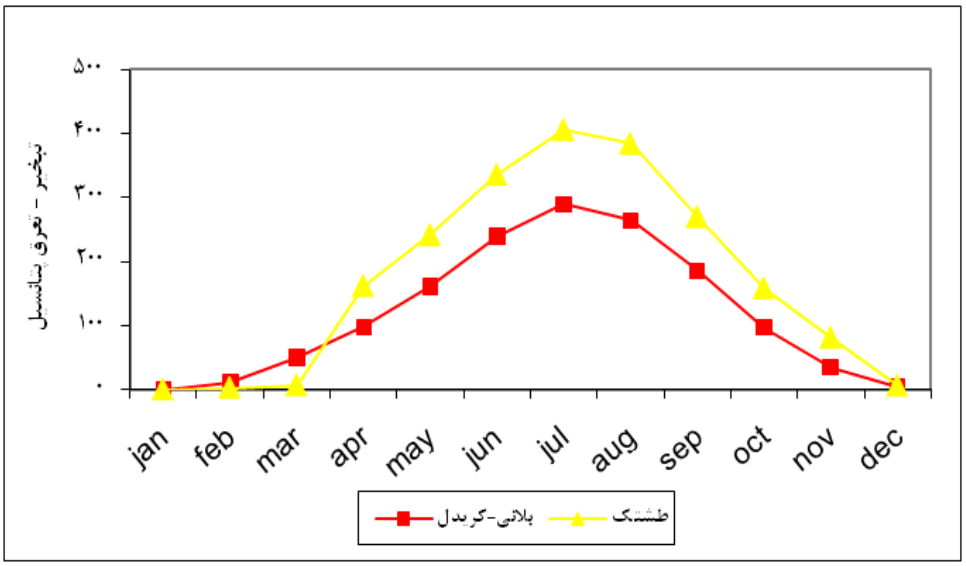
نتایج محاسبات میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع در طی دوره آماری ۵۷ ساله (۲۰۰۸-۱۹۵۱) با استفاده از ۹ روش مطالعه شده در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس این نتایج بالاترین میزان تبخیر-تعرق گیاه مرجع در فصل تابستان و در تیرماه به میزان ۲۸۹/٥٤ میلی‌متر (در ماه) در روش بلانی-کریدل به‌دست آمده است. همچنین با توجه به بیش‌ترین میزان ضرایب همبستگی به‌دست آمده طشتک تبخیر با روش بلانی-کریدل و انطباق بالای این روش در

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

طول سال با تغییرات طشتک تبخیر، روش بلانی-کریدل برای منطقه مورد مطالعه بهترین روش تشخیص داده شد (جدول ۲ و شکل ۱).

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین روش‌های مختلف با میزان تبخیر-تعرق به‌دست آمده از طشتک تبخیر (در سطح معنی‌داری ۰/۹۹ درصد)

ردیف	مدل	ضریب همبستگی پیرسون	p-value
۱	استانداردشده **ASCE**	۰/۸۸٤ **	۰/۰۵
۲	فائو-پنمن-مونتیس	۰/۹۲٤ **	۰/۰۰
۳	کمبرلی-پنمن	۰/۷۷۹ **	۰/۱۵
٤	پنمن	۰/۸۸٤ **	۰/۰٤
۵	بلنی-کریدل	۰/۹۸۸ **	۰/۰۰
٦	هارگریوز-سامانی	۰/۹۷٦ **	۰/۰۷
۷	پریستلی-تیلور	۰/۸۷۲ **	۰/۰٤
۸	ماکینگ	۰/۷۷۵ **	۰/۲۱
۹	تورک	۰/۸۸۰ **	۰/۰٤



شکل ۱: مقایسه تبخیر-تعرق به روش و بلانی-کریدل با طشتک تبخیر در ایستگاه تبریز (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

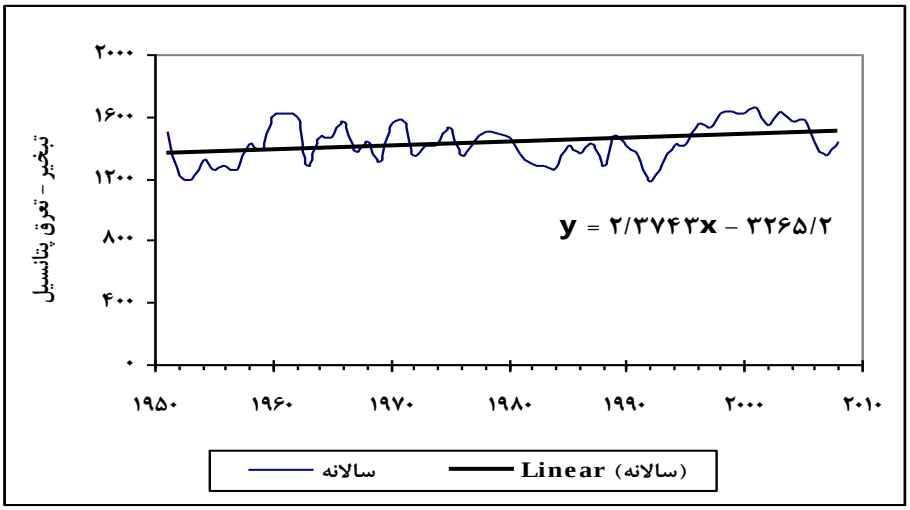
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

جدول ۲- مقادیر تبخیر–تعرق محاسبه‌شده به روش‌های مختلف در ایستگاه تبریز (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

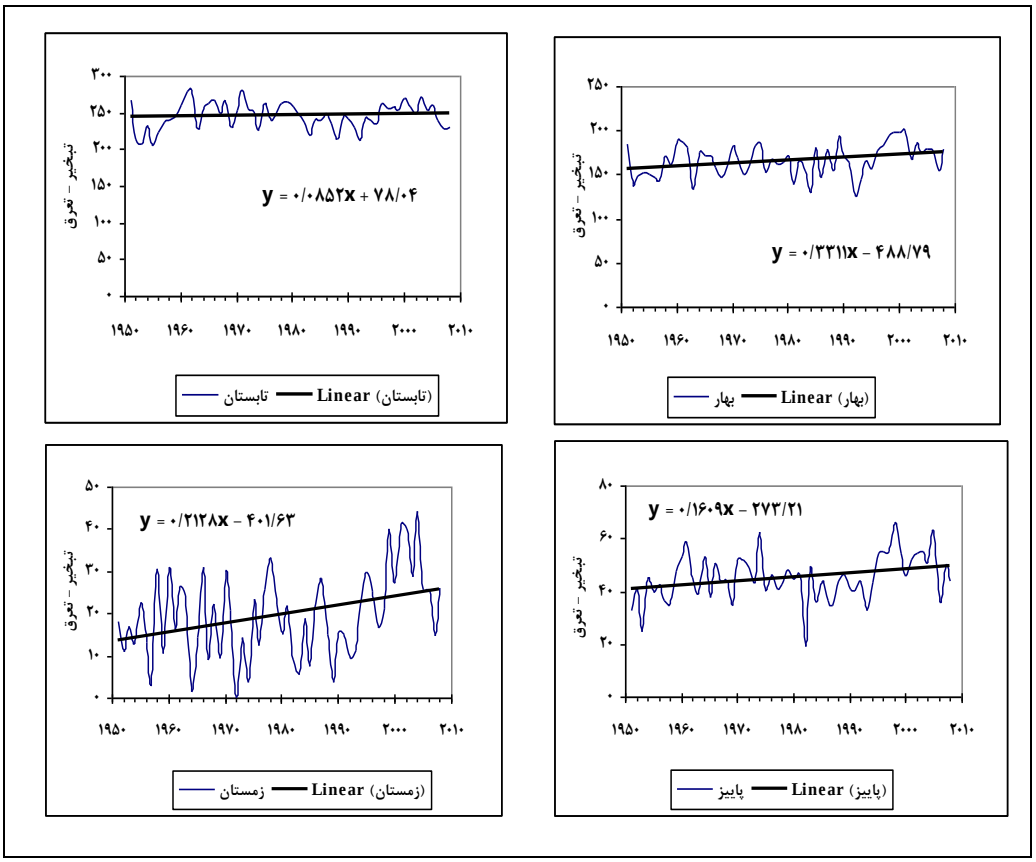
MONTH	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	سالانه
استاندارشده ASCE (ET (mm/m)	۲۲/۳۲	۳۱/۹۲	۶۳/۵۵	۹۹/۶	۱۴۶/۹	۲۰۱/۶	۲۴۹/۲	۲۳۳/۸	۱۶۲	۹۳/۳۱	۴۴/۴	۳۶/۶۶	۱۳۷۴/۳۵
پنمن-مانتیس (ET mm/m)	۲۲/۳۲	۳۱/۹۲	۶۳/۵۵	۹۹/۶	۱۴۶/۹	۲۰۱/۶	۲۴۹/۲	۲۳۳/۸	۱۶۲	۹۳/۳۱	۴۴/۴	۳۶/۶۶	۱۳۷۴/۳۵
کمبرلی-پنمن (ET mm/m)	۱۷/۶۷	۲۷/۷۲	۵۵/۸	۹۱/۵	۱۴۲	۲۰۷/۹	۲۷۴	۲۶۳/۸	۱۷۴	۸۹/۹	۳۹	۲۲/۶	۱۴۰۵/۳۴
پنمن (ET mm/m)	۲۳/۸۷	۳۵/۲۸	۷۰/۳۷	۱۱۰/۱	۱۶۰	۲۱۲/۴	۲۵۱/۴	۲۳۲/۲	۱۶۶	۹۸	۴۷/۷	۲۸/۵	۱۴۳۵/۶۷
بلانی-کریدل (ET mm/m)	۰	۱۰/۹۲	۴۹/۶	۹۷/۸	۱۶۱	۲۳۹/۷	۲۸۹/۵	۲۶۴/۴	۱۸۵	۹۷	۳۴/۵	۴/۶۵	۱۴۳۴/۴۶
هارگریوز (ET mm/m)	۲۰/۱۵	۲۸/۵۶	۵۸/۲۸	۹۴/۵	۱۳۸	۱۷۲/۲	۱۹۰	۱۷۳	۱۲۵	۷۵/۶	۳۶/۶	۲۱/۷	۱۱۳۳/۳۸
پریستلی-تیلور (ET mm/m)	۱۴/۸۸	۲۵/۴۸	۵۰/۸۴	۸۳/۷	۱۲۷	۱۵۷/۸	۱۷۰/۸	۱۵۴/۴	۱۱۰	۶۵/۱	۳۰/۹	۱۸/۳	۱۰۰۹/۹۹
ماکینگ (ET mm/m)	۱۹/۵۳	۲۹/۱۲	۵۲/۳۹	۷۷/۷	۱۱۳	۱۴۲/۲	۱۵۳/۸	۱۴۰/۷	۱۰۷	۶۵/۷	۳۵/۱	۲۰/۸	۹۵۶/۹۷
تورک (ET mm/m)	۰	۰	۳۹/۳۷	۷۹/۸	۱۲۳	۱۵۸/۱	۱۹۶/۹	۱۹۱/۳	۱۴۶	۸۵/۹	۳۲/۴	۲/۱۷	۱۰۵۴/۰۹

هم‌چنین نتایج تغییرات تبخیر–تعرق گیاه مرجع در فصول مختلف نشان‌دهنده نوسانات زیاد در اواخر بهار و اواسط تابستان می‌باشد که افزایش روند را نیز در این فصول نشان می‌دهد (شکل های ۲ و ۳).

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۲: روند خطی میزان تبخیر-تعرق سالانه به روش بلانی-کریدل در دوره آماری (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

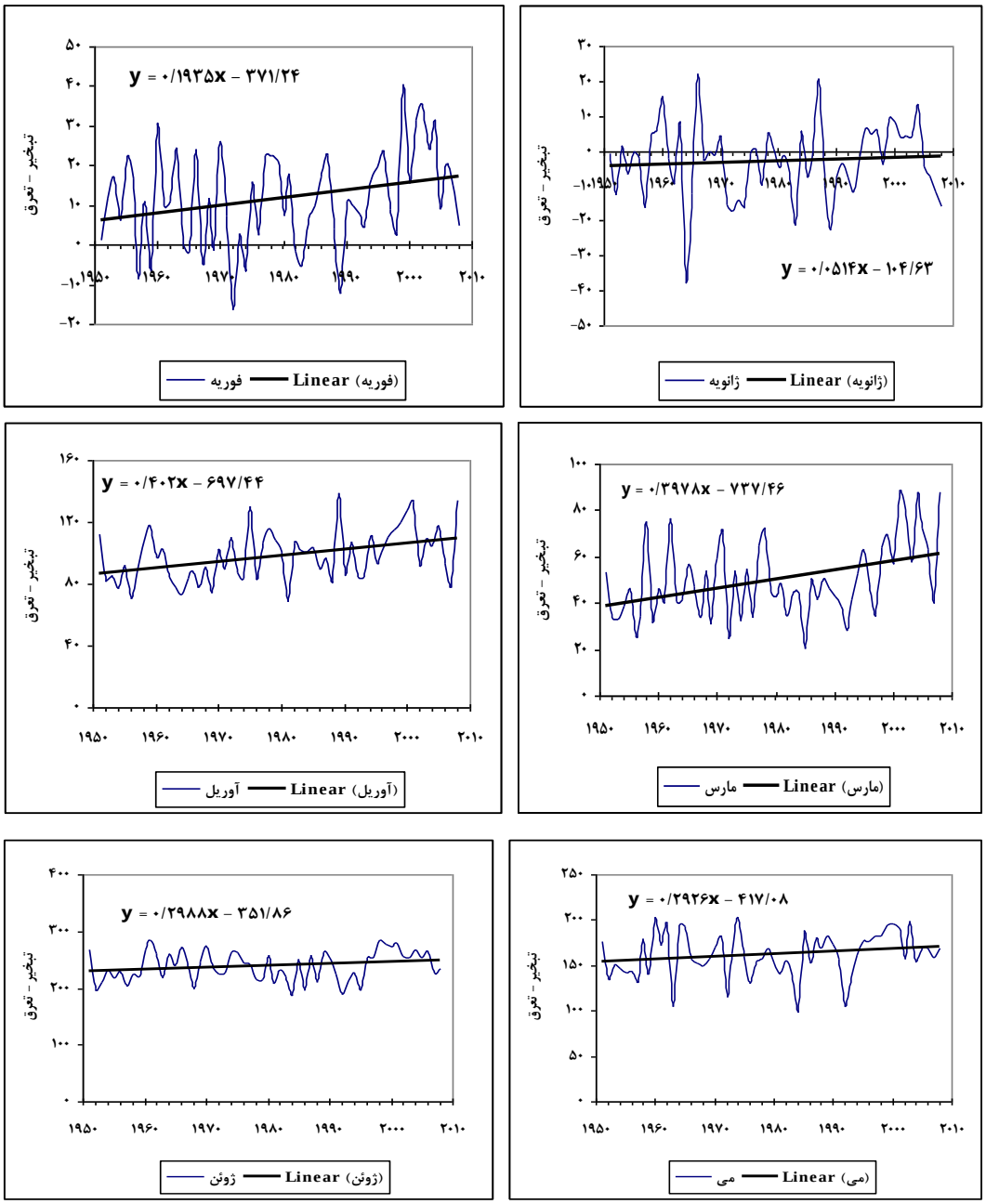


شکل ۳: روند خطی میزان تبخیر-تعرق فصلی به روش بلانی-کریدل در دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۵۱)

نوسانات شدید این شاخص در اکثر ماه‌های سال به جز ماه‌های تابستانی (ژوئیه تا سپتامبر) از ویژگی‌های مشخص این ماه‌ها می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج به‌دست آمده به غیر از ماه‌های تابستانی یادشده، در همه ماه‌های سال در طول دوره آماری، یک روند خطی افزایشی در تبخیر-تعرق پتانسیل برآورد شده به روش بلانی-کریدل قابل مشاهده

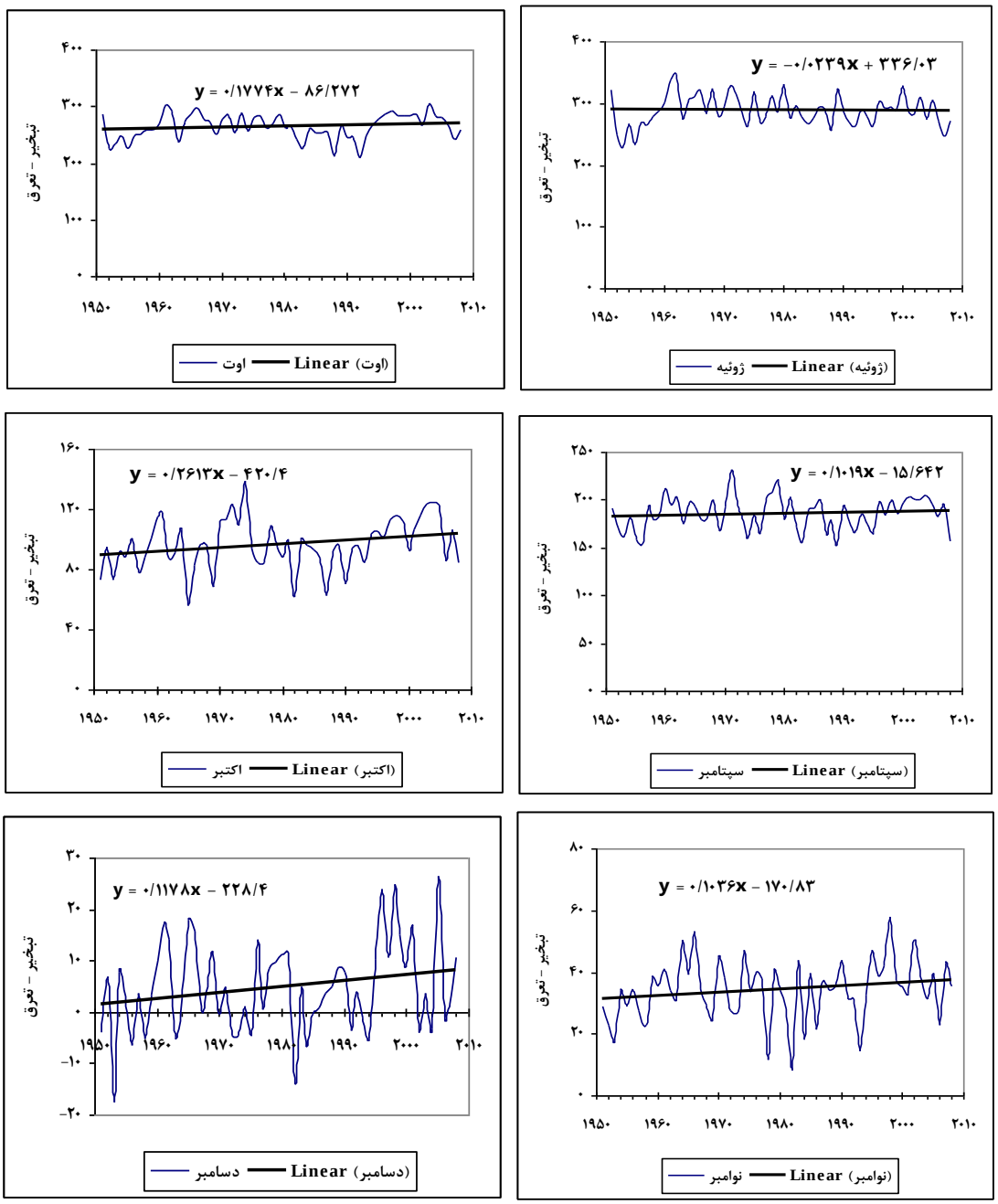
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

است که بیش‌ترین افزایش در میزان تبخیر تعرق در ماه‌های (اکتبر، آوریل، فوریه) وکم‌ترین آن در ماه‌های (سپتامبر، ژانویه، ژوئیه) می‌باشد (شکل ٤).



شکل ٤: سری زمانی، روند خطی میزان تبخیر-تعرق پتانسیل ماه‌های مختلف به روش بلانی-کریدل در دوره زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

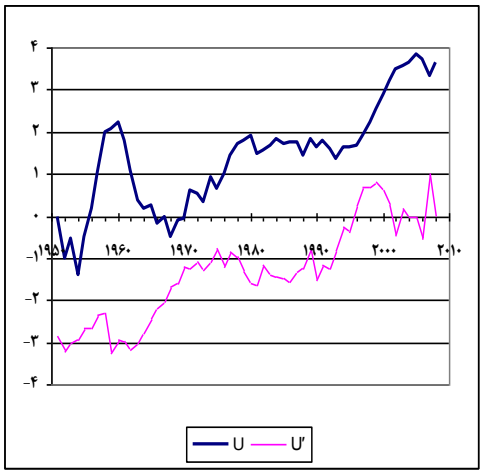
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



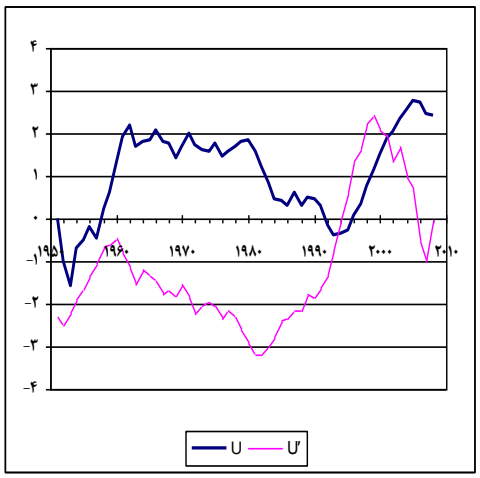
ادامه شکل ٤: سری زمانی، روند خطی میزان تبخیر-تعرق پتانسیل ماه‌های مختلف به روش بلانی-کریدل در دوره زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

به منظور آشکار نمودن وجود یا عدم وجود روند معنی‌دار در تبخیر-تعرق محاسبه‌شده به روش بلانی-کریدل در طول سال و ماه‌های مختلف از روش من-کندال استفاده گردید که مهم‌ترین نتایج آن در شکل های (۱۳-۵) آمده است.

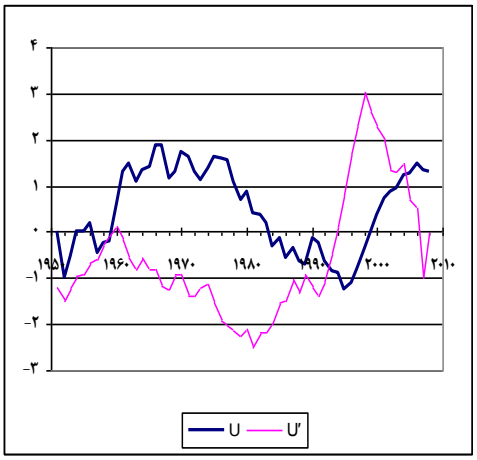
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



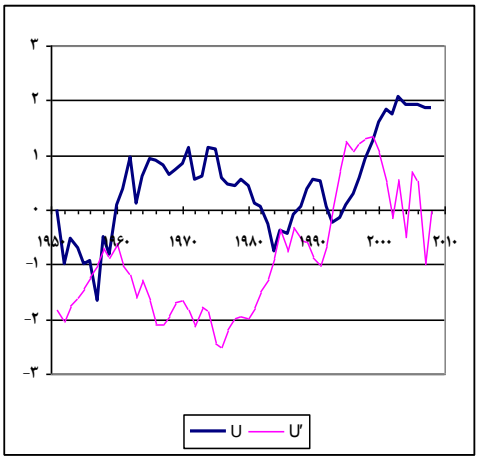
شکل ۵: نمودار من-کندال برای تغییرات سالانه تبخیر-تعرق در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹)



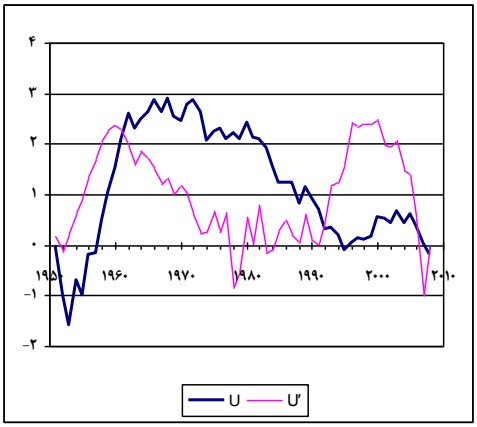
شکل ٦: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه آوریل در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)



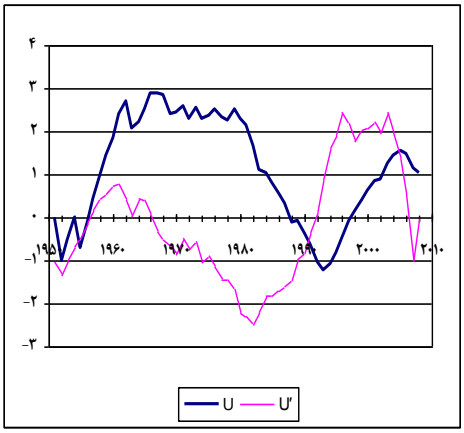
شکل ۷: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه می در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱



شکل ۸: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه ژوئن در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

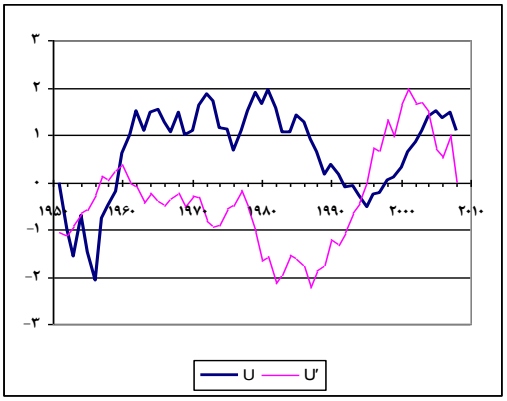


شکل ۹: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه ژوئیه در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

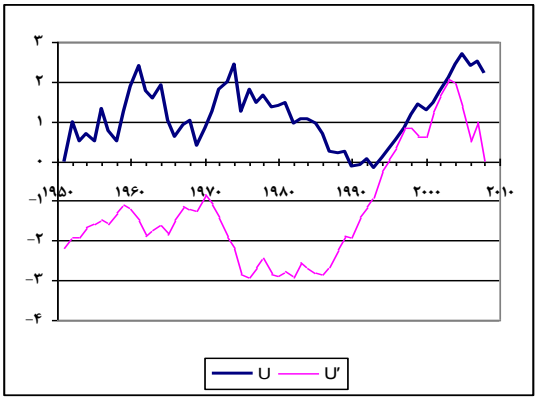


شکل ۱۰: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه اوت در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

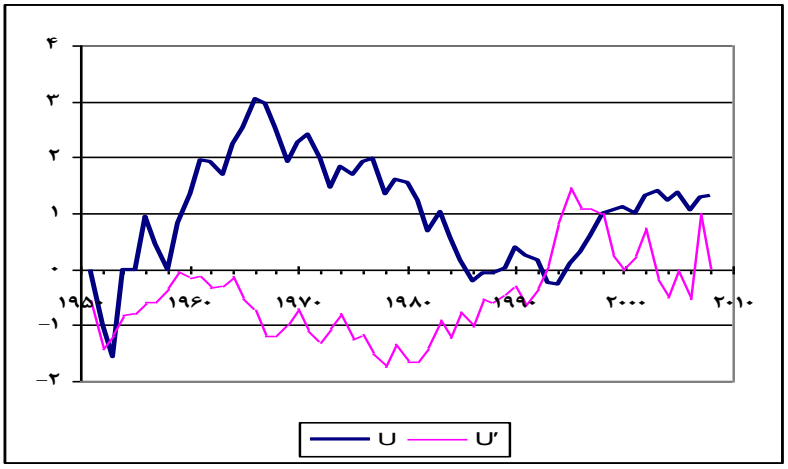
[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]



شکل ۱۱: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه سپتامبر در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)



شکل ۱۲: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه اکتبر در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)



شکل ۱۳: نمودار من-کندال تبخیر-تعرق ماه نوامبر در بازه زمانی (۲۰۰۸-۱۹۵۱)

آزمون گرافیکی من-کندال در مورد تبخیر-تعرق سالیانه ایستگاه تبریز به روش بلانی-کریدل نشان‌دهنده کاهش نسبی آن بعد از دهه ۸۰ میلادی است که تا اواسط دهه نود ادامه یافته است این در حالی است که بعد از نیمه دوم دهه نود، سیر صعودی در میزان تبخیر-تعرق قابل ملاحظه است که با شیب تندی تا اواخر دهه اخیر ادامه یافته است. به‌طوری‌که با ادامه این روند از محدوده معنی‌داری عبور نموده و افزایش معنی‌داری را برای تبخیر-تعرق سالانه نشان داده است (شکل ۵).

این منحنی‌ها در ماه آوریل نشان می‌دهد از دهه هفتاد روند افزایش تدریجی می‌باشد که در دهه نود با ادامه این روند در سال‌های آخر خروج از محدوده معنی‌داری را موجب شده است (شکل ٦). در ماه می نوسانات شدید بعد از دهه هشتاد مشخصه اصلی این ماه است همچنین روند با شیب تند افزایش ولی معنی‌دار نیست (شکل ۷). نمودار

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

ماه ژوئن نشان‌دهنده عدم وجود روند معنی‌دار می‌باشد. بعد از نیمه دوم دهه نود افزایش با شیب تندی را نشان می دهد (شکل ۸).

در ماه ژوئیه (اوایل تابستان) تغییرات از دهه شصت با روند افزایشی شیب تند مشخص می‌باشد درحالی‌که در اوایل دهه هفتاد روند معنی‌داری ادامه یافته و سپس با سیر کاهشی تدریجی در دهه نود روند غیر معنی‌داری را نشان می دهد (شکل ۹). در ماه اوت با کاهش نسبی میزان تبخیر-تعرق از سال ۱۹۸۰ تا ۱۹۹۵ و بالعکس افزایش آن را بعد از این سال مشاهده نمود (شکل ۱۰). در ماه سپتامبر همانند ماه اوت با نوسانات سالانه از دهه هشتاد تا دهه نود و افزایش آن از نیمه دوم دهه نود تا سال‌های اخیر را نشان می‌دهد (شکل ۱۱). در ماه اکتبر (اوایل پاییز) با وجود نوسانات شدید روند معنی‌داری تا نیمه دهه نود نشان نمی‌دهد درحالی‌که در سال‌های اخیر روند معنی‌دار را نشان می‌دهد (شکل ۱۲). در ماه نوامبر نشان‌دهنده عدم وجود روند معنی‌دار از دهه پنجاه تا اوایل دهه نود است درحالی که از دهه نود به بعد سیر افزایشی دارد ولی معنی‌دار نشده است (شکل ۱۳).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده در این تحقیق؛ از بین ۹ روش مرسوم برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل که در نرم‌افزار REF- IT قابل محاسبه است، روش بلانی کریدل به دلیل اختصاص بالاترین میزان همبستگی با داده‌های طشتک تبخیر نسبت به روش‌های دیگر، بهترین روش برای محدوده مورد مطالعه تشخیص داده شد. بررسی تغییرات سالیانه میزان تبخیر-تعرق پتانسیل به روش مذکور نشان داد که روند خطی افزایشی در داده‌های سالیانه این متغیر دیده می‌شود اگر چه این افزایش با توجه به نوسانات بسیار زیاد در دهه‌های مختلف طول دوره آماری، بیش‌تر مربوط به دهه آخر (بعد از سال ۲۰۰۰ میلادی) بوده که با وجود کاهش نسبی میزان تبخیر و تعرق در دهه ۸۰ و به ویژه نود میلادی، موجب سیر صعودی نسبی در خط روند در کل طول دوره آماری شده است. با بررسی فصلی مقدار این متغیر مشخص گردید که بیش‌ترین افزایش میزان تبخیر و تعرق در فصل زمستان اتفاق افتاده و کم‌ترین آن نیز در تابستان بوده است همچنین بیش‌ترین افزایش تبخیر-تعرق پتانسیل در ماه‌های آوریل، اکتبر، فوریه وکم‌ترین آن‌ها در ماه‌های ژوئیه، سپتامبر و ژانویه به وقوع پیوسته است. بر اساس نتایج آزمون گرافیکی من-کندال نیز تغییرات سالانه تبخیر-تعرق پتانسیل در اواخر دوره آماری از محدوده معنی‌داری عبور نموده است این در حالی است که در ماه‌های می و اکتبر که به ترتیب اوایل بهار و پاییز می‌باشد تغییرات ماهانه نیز روند معنی‌داری را نشان می‌دهد اما در ماه‌های گرم سال (ژوئیه، اوت، سپتامبر) با وجود نوسانات زیاد روند معنی‌داری ملاحظه نگردید. با توجه به نتایج

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

به‌دست آمده، تاثیر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در افزایش میزان تبخیر و تعرق به‌ویژه در فصول سرد سال بر اساس تحقیقات انجام‌یافته در مناطق مختلف (بورن و هش، ۲۰۰۷ و سبزپرور و همکاران،۱۳۹۰) در محدوده مورد تحقیق تایید می‌گردد؛ بنابراین مدیریت کارآمد منابع آب و اولویت‌بندی و برنامه‌ریزی دقیق در طرح‌های مدیریتی این منابع، مطالعات کشاورزی، طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی و سازه‌های آبی به ویژه با توجه به ماهیت نیمه‌خشک اقلیم تبریز و افزایش شدید و روزافزون جمعیت آن ضروری به نظر می‌رسد.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

منابع

- جهانبخش، سعید؛ موحد دانش، علی‌اصغر؛ مولوی، احد (۱۳۷٦)، «تحلیل مدل‌های برآورد تبخیر-تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز»، ***مجله دانش کشاورزی***، دانشگاه تبریز، شماره ۲، صص ٦۵-۵۱.

- خیرابی، ج؛ توکلی، علیرضا؛ انتصاری، محمدرضا (۱۳۷٦)، «معرفی جهات نظری و کاربردی پنمن-مونتیس»، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، ص ۳۷.

- ساری صراف، بهروز؛ ناظمی، امیرحسین؛ مولوی، احد (۱۳۸۳)، «مدل ریاضی تبخیر-تعرق پتانسیل حوضه آبریز دریاچه ارومیه (ایستگاه تبریز)»، ***نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی تبریز***، شماره ۱۵، صص ۱۱۳-۹۹.

- سبزی پرور، علی‌اکبر؛ میر مسعودی، شقایق؛ ناظم السادات، محمدجعفر (۱۳۹۰)؛ «بررسی تغییرات دراز مدت تبخیر و تعرق گیاه مرجع در چند نمونه اقلیمی گرم کشور»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۷۵، صص ٦۳-۷۷.

- شریفان، حسین؛ بیژن قهرمان (۱۳۸۵)، «بررسی و مقایسه تبخیر-تعرق برآورد شده از تشت تبخیر با مقادیر ETo روش استاندارد در منطقه گرگان»، ***مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان***، شماره پنجم، صص ۲۷-۱۸.

علیجانی، بهلول؛ محمودی، پیمان؛ محمد، سلیقه (۱۳۹۰)، «بررسی تغییرات کمینه‌ها و بیشینه‌های دما در ایران»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، سال ۲٦، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۰، صص ۱۲۲-۱۰۱.

- علیزاده، امین (۱۳۸۲)، «***اصول هیدرولوژی کاربردی***»، مشهد، انتشارات دانشگاه امام رضا.

- عزیزی، قاسم؛ روشنی، محمود (۱۳۸۷)، «مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من کندال»، ***مجله پژوهش‌های جغرافیایی***، شماره ٦٤، صص ۱۳-۲۸.

- علیزاده، امین؛ میرشاهی، بابک؛ هاشمی نیا، مجید؛ ثنایی نژاد، حسین (۱۳۸۰)؛ «بررسی دقت و عملکرد تبخیر-تعرق پتانسیل محاسبه شده و به روش‌های هارگریوز- سامانی و طشتک تبخیر در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان»، ***نیوار***، شماره ٤۳ و ٤۲، صص ۷۰-۵۱.

- فرشی، علی‌اصغر و همکاران (۱۳۸۲)، «***مدیریت آب آبیاری در مزرعه***»، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

- قاسمی، عادل (۱۳۸٦)، «معرفی نرم افزارREF-ET»، www.irncid.org : [online].

- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷٦)، «تحلیل آماری از رژیم بارندگی»، ***مجله رشد آموزش جغرافیا***، شماره ۱۳، صص ۱۲-٤.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]

- مجـــرد، ف؛ قمرنیـــا، هوشـــنگ؛ نصـــیری، شـــیدا (۱۳۸۳)، «مطالعـــه مـــوردی تطبیقـــی روش‌هـــای بـــرآورد تبخیر–تعرق پتانسیل در جلگه مازندران»، ***نیوار***، شماره ۵۵ و ۴۵، صص ۹۵-۷۷.

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., Smith, M., (1998), "Crop Evapotranspiration, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO", Rome, Italy, 293 pp.

- Brouwer, C., Heibloem, M., (1986), "Irrigation Water Management: Irrigation Water needs", ***Training Manual ,***No. 3, [online]: www.fao.org.

- Burn, D.H., Hesch, N. M., (2007), "Trend in Evaporation for the Canadian prairies", ***Journal of Hydrology,*** 336: 61-73.

- Dehghani Sanij, H. Yamamoto, T., Rasiah, V., (2004), "Assessment of Evapotranpitation Estimation Models for use in semi-arid Environments", ***Agriculture Water Management***, 64: 91-106.

- Drosdowsky. W., (1993), "Ananalysis of Australian Seasonal Rainfall Anomaly (1950-1987)" ***International Journal of Climatology***, 13: 1-30.

- Grismer, M.ASCE, Orang, Morteza and Matyac, Scott, (2002), "Pan Evaporation to Evapotranspiration Conversion Methods", ***J. Irrig. Drain. Eng***, 128(3): 180–184.

- Irmark, S., Irmark, A., Allen, R.G. and Jones, J.W., (2003), "Solar and Net Radiation_based Equations to Estimate Reference Evapotranspiration in Humid Climates", ***J.Irrig.Drain.Eng***, 129(5): 336-347.

- Salih, A.M. and Sendil, U., (1983), "Evapotranspiration under Extremely Arid Environment", ***J. Irrig. Drain. Eng***, 110(3): 289–303

- Sueyers.R., (1990), "On the Statistical Analysis of Series of Observations", WMO, No 415.

- Wang,y., Jiang,T., Bothe,O., Fraedrich, K., (2006), " Chnages of pan evaporation and reference evapotranpitation in the Yangtze River basin," [online]: www.springerlink.com.

[Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-10-31]