



کاربرد آزمون گرافیکی من-کندال برای ارزیابی تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع دشت مغان

پویا اللهویردیپور^۱، یعقوب دین پژوه^۲

^۱ دانشجوی دکتری منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲ استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

دشت مغان یکی از مناطقی است که اقتصاد آن بر پایه کشاورزی استوار است. مدیریت علمی و پایدار منابع آب و همچنین تدوین الگوی کشت مناسب، به‌ویژه در شرایط کم‌آبی، نیازمند تخمین دقیق تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع است. هدف این مطالعه، تحلیل تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع دشت مغان با استفاده از آزمون گرافیکی من-کندال است. بدین منظور از داده‌های اقلیمی بارش، میانگین دمای کمینه، میانگین دمای بیشینه، میانگین دمای متوسط، میانگین سرعت باد، ساعات آفتابی و رطوبت نسبی هوای ایستگاه همدید پارس‌آباد در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۳-۲۰۲۲) و روش استاندارد پنمن-مانتیث-فائو برای برآورد مقادیر ET_0 استفاده شد. نتایج روش گرافیکی من-کندال با توجه به منحنی‌های $U(t)$ و $U'(t)$ حاکی از وجود روند معنی‌دار در سری داده‌های ET_0 دشت مغان بود. این روند با توجه به مقدار $U(t)$ برابر با $+5/37$ ، نشان‌دهنده روند مثبت و افزایشی در میزان ET_0 دشت مغان بود. طبق روش تخمین گر شیب سن، سری داده‌های ET_0 دشت مغان با شیب $7/87$ میلی‌تر بر سال دارای روند افزایشی است. بنابراین این مساله در آینده می‌تواند نیاز آبی گیاهان و محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. ضروری است که با توجه به این امر و به‌خصوص با در نظر گرفتن اکوسیستم این منطقه، الگوی کشت مناسب برای دشت مغان تهیه شود که تضمین‌کننده مدیریت پایدار منابع آب در این منطقه باشد.

واژه‌های کلیدی: اکوسیستم، تبخیر-تعرق، دشت مغان، روش گرافیکی من-کندال، روند



1ST International Congress of Nature-based Ecological Restoration (Emphasizing the Conservation of Bactrian Camels), 27 & 28 August 2024

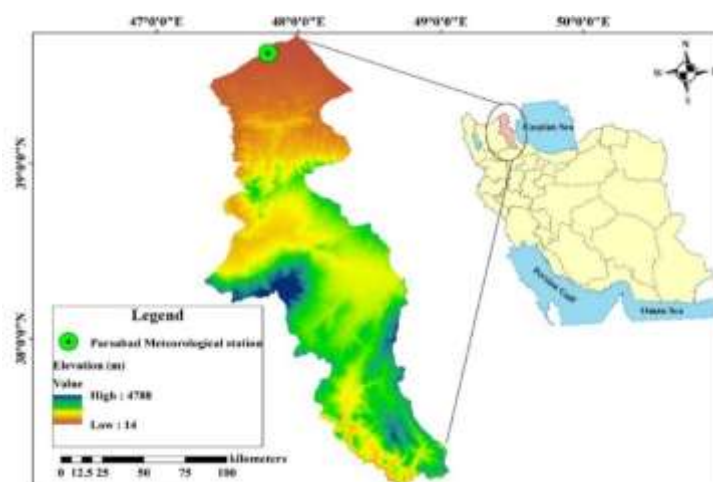
۱- مقدمه

تبخیر-تعرق یکی از مولفه‌های اصلی چرخه هیدرولوژی است که در بیلان انرژی بسیار مهم است. مدیریت علمی و پایدار منابع آب و همچنین تدوین الگوی کشت مناسب، به‌ویژه در شرایط کم‌آبی، نیازمند تخمین دقیق تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) در هر منطقه و اکوسیستم‌های مختلف است. به‌همین دلیل مطالعه و تحلیل تغییرات تبخیر-تعرق اهمیت دارد (Day et al. 2017). تغییر اقلیم موجب افزایش تبخیر از سطوح مختلف آبی و کشاورزی می‌شود و در نتیجه، نیاز آبی بخش کشاورزی را افزایش می‌دهد. اثرات تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف منابع آب از جمله تبخیر-تعرق در مناطق و حوضه‌های مختلف، می‌تواند ماهیت و شدت متفاوتی داشته باشد (Azlak and Saylan 2024). محققان مختلفی در ایران و سراسر دنیا تغییرات ET_0 را بررسی کرده‌اند. تحلیل روند تغییرات زمانی ET_0 همدان توسط (Dinpashoh 2011)، روند تغییرات ET_0 در شهرستان‌های اصفهان و رشت توسط (Ahmadi karladani et al. 2016)، روند تغییرات ماهانه ET_0 در ۷۹ ایستگاه در پهنه‌ی جغرافیایی ایران توسط (Ncoyini et al. 2022) و روند تغییرات ET_0 در مالزی توسط (Yong et al. 2022) از جمله تحقیقاتی است که در این زمینه انجام شده است. هدف از انجام این مطالعه، تحلیل تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع دشت مغان با استفاده از روش گرافیکی من-کندال است. در این مطالعه، مقادیر ET_0 با استفاده از روش استاندارد پنمن-مانتیث-فائو برآورد شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت مغان با مساحت این دشت بیش از ۲۰۰۰۰۰ هکتار، یکی از مناطق مهم تولید محصولات کشاورزی در کشور است. این دشت در شمال استان اردبیل و مرز بین کشورهای ایران و جمهوری آذربایجان قرار دارد. در این تحقیق، از داده‌های اقلیمی ایستگاه همدیدی پارس‌آباد مغان در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۳-۲۰۲۲) استفاده شده است. ایستگاه پارس‌آباد به‌طور تقریبی در موقعیت جغرافیایی 39° و $60'$ عرض شمالی و 47° و $78'$ طول شرقی و ارتفاع ۷۲ متری از سطح دریا قرار دارد. با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن، دشت مغان با میانگین بارش سالانه ۲۶۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه $15/5$ درجه سانتی‌گراد، اقلیم نیمه‌خشک دارد. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه، دشت مغان، ایران
Figure 1- Location of the study area, Moghan Plain, Iran



1ST International Congress of Nature-based Ecological Restoration (Emphasizing the Conservation of Bactrian Camels), 27 & 28 August 2024

۲-۲- برآورد روند با استفاده از آزمون گرافیکی من-کندال

با توجه به این که در روش‌های پارامتری فرضیات اولیه‌ای مانند نرمال بودن، ایستایی و مستقل بودن متغیرها وجود دارد و این فرضیات اغلب برای متغیرهای هیدرولوژیکی معتبر نیستند، روش ناپارامتری من-کندال که کاربرد بیشتری در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی دارد، را می‌توان به کار برد (Amirrezaeieh et al., 2017). طبق بخش آماری آزمون من-کندال فقط می‌توان وجود یا عدم وجود روند در سری داده‌ها را تشخیص داد. با اعمال آزمون گرافیکی من-کندال، این امکان فراهم می‌شود که علاوه بر تعیین روند، وجود جهش و زمان ایجاد تغییرات نیز تعیین شود. برای رسم نمودار مربوط به آزمون گرافیکی من-کندال، نیاز به تعیین مولفه‌های $U(t)$ و $U'(t)$ است. برای انجام محاسبات این بخش، تهیه جدول ویژه‌ای توسط سازمان جهانی هواشناسی در گزارش شماره ۴۱۵ این سازمان پیشنهاد شده است (Sueyvers, 1990). مراحل تهیه این جدول به شرح زیر است: در ستون اول این جدول سال‌ها، در ستون دوم شماره ردیف مشاهدات، در ستون سوم مقدار متغیر مورد نظر (اینجا ET_0) و در ستون چهارم نتایج رتبه‌بندی داده‌های هر سال به صورت صعودی مرتب می‌شود. در ستون پنجم، تعداد رتبه‌های مقابل هر ردیف ستون چهارم کوچکتر از ردیف‌های بیشتر تعیین می‌شود (t_i). در ستون ششم، تفاوت رتبه‌ای بین ستون‌های چهارم و پنجم تعیین شده ($Z(t_i)$) و در ستون هفتم، فراوانی تجمعی ستون پنجم درج می‌شود. در نهایت، در ستون‌های هشتم، نهم و دهم به ترتیب امید ریاضی، واریانس و آماره $U(t)$ به ترتیب طبق روابط ۱ تا ۳ محاسبه می‌شود. در ادامه و برای تعیین زمان وقوع تغییر، لازم است علاوه بر $U(t)$ ، مولفه $U'(t)$ نیز محاسبه شود که دقیقاً برعکس مراحل قبلی باید اجرا شود. یعنی برای محاسبه مولفه $U'(t)$ ، کافی است که رتبه‌های متغیرها را از پایین به بالا بنویسیم و سپس مراحل قبلی را تکرار کنیم.

$$E(t_i) = \frac{i(i-1)}{4} \quad (1)$$

$$var(t_i) = \frac{[i(i-1)(2i+5)]}{72} \quad (2)$$

$$U(t_i) = \frac{[Zt_i - E(t_i)]}{\sqrt{var(t_i)}} \quad (3)$$

در روش گرافیکی من-کندال، پس از رسم دنباله $U(t)$ و $U'(t)$ به صورت سری زمانی، اگر منحنی‌ها چندین بار روی همدیگر قرار بگیرند، روند یا تغییری وجود نخواهد داشت. ولی اگر منحنی‌ها همدیگر را در داخل محدوده بحرانی قطع کنند، بیانگر زمان آغاز تغییر ناگهانی و در صورتی که خارج از محدوده بحرانی همدیگر را قطع کنند، بیانگر وجود روند در سری‌های زمانی است. مثلاً اگر دو منحنی در نقطه شروع پدیده همدیگر را قطع کنند و به صورت غیر موازی از همدیگر فاصله بگیرند، نشانه وجود روند در داده‌ها خواهد بود. در این صورت، اگر مقادیر آماره‌های بحرانی دنباله‌ها بیش از $1/96 +$ و کمتر از $1/96 -$ باشد، روند در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد معنی‌دار است (Sueyvers, 1990). مزیت استفاده از روش گرافیکی آزمون من-کندال این است که نحوه قضاوت و استنباط آماری جهت استخراج نتایج و مؤلفه‌های این آزمون از دیدگاه علمی، جهت آشکارسازی و معنی‌دار بودن روند داده‌ها با روش گرافیکی به صورت بصری گویاتر است.

برای تعیین مقدار و کمیت روند تغییرات، روش تخمین گر شیب سن که یک روش ناپارامتری برای محاسبه شیب روند است، از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (Allahverdi pour and Sattari 2023):

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] \quad (j > i) \quad (4)$$

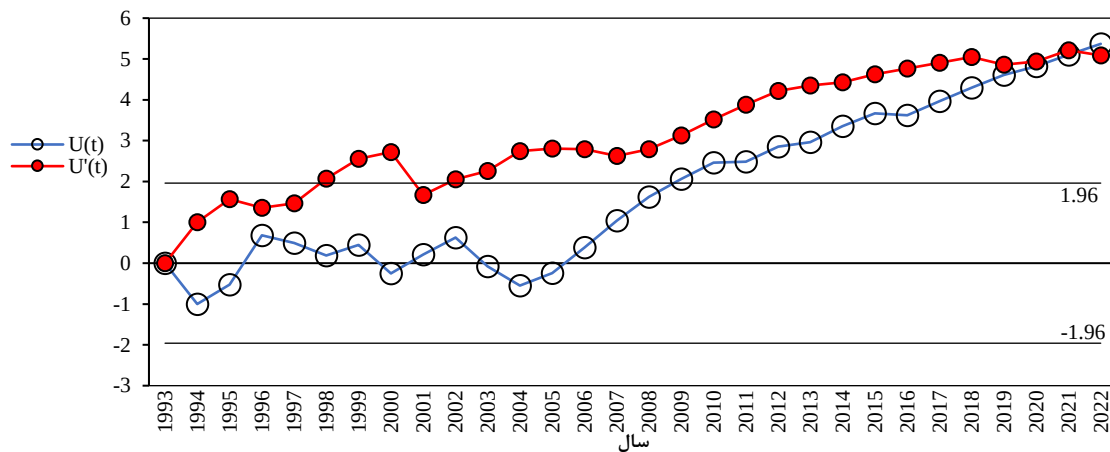


1ST International Congress of Nature-based Ecological Restoration (Emphasizing the Conservation of Bactrian Camels), 27 & 28 August 2024

در این رابطه پارامتر β برآوردگر شیب خط روند و X_i و X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی i ام و j ام می‌باشند. مقدار مثبت β نشان‌دهنده روند افزایشی و مقدار منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی در سری داده‌ها است.

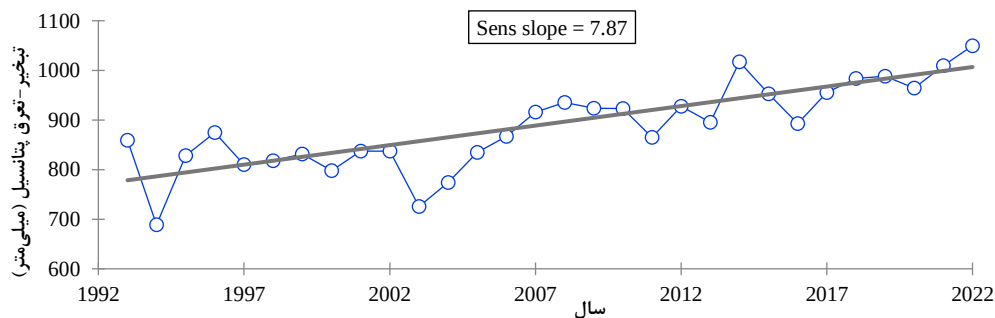
۳- نتایج و بحث

در شکل ۲ نمودار گرافیکی من-کندال برای سری زمانی ET_0 دشت مغان در دوره ۳۰ ساله ۱۹۹۳-۲۰۲۲ ارائه شده است. با توجه به اینکه منحنی‌های $U(t)$ و $U'(t)$ در سال ۲۰۲۱ نقطه تقاطع دارند و این نکته که نقطه تقاطع در خارج از محدوده بحرانی یعنی $+1/96$ و $-1/96$ قرار دارد، حاکی از وجود روند معنی‌دار در سری داده‌های ET_0 دشت مغان می‌باشد. این روند با توجه به مقدار $U(t)$ در انتهای این سری، که برابر با $5/37$ است، نشان‌دهنده روند مثبت و افزایشی در میزان ET_0 دشت مغان می‌باشد.



شکل ۲- نمودار گرافیکی من-کندال برای ET_0 دشت مغان
Figure 2- Graphical Mann-Kendall of ET_0 in Moghan Plain

در شکل ۳ شیب سن روند تغییرات ET_0 دشت مغان در دوره ۱۹۹۳-۲۰۲۲ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که ET_0 دشت مغان با شیب $7/87$ میلی‌تر بر سال دارای روند افزایشی است. بنابراین این مساله در آینده می‌تواند نیاز آبی گیاهان و محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. ضروری است که با توجه به این امر و به‌خصوص با در نظر گرفتن این نکته که بیشتر فعالیت‌های اقتصادی این منطقه بر پایه کشاورزی استوار است، الگوی کشت مناسب برای دشت مغان تدوین شود.



شکل ۳- نمودار شیب سن برای ET_0 دشت مغان
Figure 3- Sen's slope of the ET_0 in Moghan Plain



1ST International Congress of Nature-based Ecological Restoration (Emphasizing the Conservation of Bactrian Camels), 27 & 28 August 2024

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه تغییرات تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع دشت مغان با روش گرافیکی من-کندال در یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۹۳-۲۰۲۲) بررسی شد. برآورد مقادیر ET_0 با روش استاندارد پنمن-مانتیث-فائو انجام شد. نتایج روش گرافیکی من-کندال با توجه به منحنی‌های $U(t)$ و $U'(t)$ حاکی از وجود روند مثبت و افزایشی معنی‌دار در سری داده‌های ET_0 دشت. با توجه به اکوسیستم منطقه، پیشنهاد می‌شود که تدوین الگوی کشت مناسب برای دشت مغان با در نظر گرفتن تغییرات ET_0 انجام شود. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی روند توام سایر متغیرهای اقلیمی نیز مورد ارزیابی قرار گیرد تا تحلیل جامع‌تر و پیوسته‌تری صورت پذیرد. پیشنهاد دیگر برای این منطقه، در زمینه مدیریت مناسب، علمی و پایدار منابع آب، با توجه به تغییرات اقلیمی می‌باشد تا زیست‌بوم منطقه دچار آسیب نشود.

منابع

- احمدی کارلادانی، منصوره، هزار جریبی، ابوطالب، و قربانی، خلیل. (۱۴۰۲). تحلیل روند ماهانه تغییرات تبخیر-تعرق در اقلیم‌های مختلف ایران. *پژوهش‌های اقلیم‌شناسی*، ۱۴(۵۳)، ۸۱-۹۶.
- الله‌وردی پور، پویا، و ستاری، محمدتقی. (۱۴۰۲). مقایسه عملکرد روش کلاسیک رگرسیون خطی چندگانه و روش‌های داده‌کاوی نوین در مدل‌سازی بارش سالانه (مطالعه موردی: شهر اهواز). *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۲)، ۱۲۵-۱۴۲.
- امیررضائیه، علیرضا، پرهت، جهانگیر، و احمدی، فرشاد. (۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال غرب کشور در نیم قرن اخیر. *نشریه آبیاری و زهکشی ایران*، ۱۰(۶)، ۷۹۷-۸۰۹.
- دین‌پژوه، یعقوب. (۱۳۹۰). تجزیه و تحلیل روند تغییرات زمانی تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه همدان). *فضای جغرافیایی*، ۱۱(۳۴)، ۲۶۰-۲۸۶.
- سالاریان، محمد، نجفی، معصومه، لاریجانی، شمیم، و اسلامیان، سید سعید. (۱۳۹۵). روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل در شهرستان‌های اصفهان و رشت. *ترویج و توسعه آبخیزداری*، ۴(۱۳)، ۴۱-۵۲.
- Azlak, M., & Şaylan, L. (2024). Analysing the impact of climate change on evapotranspiration in a climate-sensitive region: Example of Central Anatolia (Türkiye). *Soil & Water Research*, 19(1), 64-76.
- Dey, P., & Mishra, A. (2017). Separating the impacts of climate change and human activities on stream flow: A review of methodologies and critical assumptions. *Journal of Hydrology*, 548, 278-290.
- Ncoyini-Manciya, Z., Savage, M.J., Strydom, S., & Clulow, A.D. 2022. Long-term reference evapotranspiration trend and causative factors analysis in the sugarcane area of the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 39(3): 240-212.
- Sneyers, R. (1990). On the Statistical Analysis of Series of Observations. Technical Note No. 143, WMO No. 415, World Meteorological Organization, Geneva, 192 p.
- Yong, S., Ng, J., Huang, Y., & Ang, C. (2022). Innovative trend analysis of reference crop evapotranspiration in Peninsular Malaysia. *Earth and Environmental Sciences*, 1022, 01220710.



The Application of Graphical Mann-Kendall Test to Evaluate the Changes of Potential Evapotranspiration of Reference Crop in Moghan Plain

Author¹, Author²

¹ PhD Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

² Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Moghan plain is one of the regions whose economy is based on agriculture. The scientific and sustainable management of water resources as well as the development of a suitable cultivation pattern, especially in water shortage conditions, requires accurate estimation of the potential evapotranspiration of reference crop. The aim of this study is to analyze the changes in potential evapotranspiration of reference crop in the Moghan Plain using the Graphical Mann-Kendall test. For this purpose, the precipitation, minimum temperature, maximum temperature, average temperature, wind speed, sunshine hours and relative humidity data of Parsabad meteorological station during a 30 years period (1993-2022) and the Penman-Monteith-FAO method was used to estimate ET_0 values. According to the $U(t)$ and $U'(t)$ curves, the results of Graphical Man-Kendall method indicated the existence of a significant trend in the ET_0 series in Moghan plain. This trend, considering the value of $U(t)$ equal to +5.37, indicated a positive and increasing trend in the of ET_0 in Moghan Plain. According to the Sen's slope estimator, the ET_0 series of Moghan Plain has an increasing trend with a slope of 7.87 mm/year. Therefore, this issue can affect the water needs of plants and agricultural products in the future. It is necessary to develop a suitable cultivation model for Moghan Plain, considering this and especially considering that most of the economic activities of this region are based on agriculture.

Keywords: Ecosystem, Evapotranspiration, Graphical Man-Kendall Method, Moghan Plain, Trend