



دارای مصوبه هیأت وزیران
(۵۶۹۸۰/ت/۶۱۱۲۲ هـ)
مورخ ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

۹ و ۱۰ بهمن ماه ۱۴۰۲ / تهران- کتابخانه ملی ایران

روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل با روش اسپیرمن و مان-کندال (مطالعه موردی: ایستگاه قیدار)

نویسندگان:
نازنین حیدری^۱ و یعقوب دین پژوه^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. (n.hedari1998@gmail.com)
۲- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

چکیده

بررسی روند تغییرات متغیرهای هیدرولوژیکی در هر ناحیه از نقطه نظر مدیریت علمی منابع آب از اهمیت فراوانی برخوردار است. در این مطالعه، روند تغییرات ET_0 و برخی از متغیرهای مختلف هواشناسی موثر بر تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) در ایستگاه قیدار با حداقل ۲۰ سال آمار منتهی به ۲۰۲۱ تحلیل شده است. در این مقاله روند تغییرات (ET_0) با دو روش ناپارامتری شامل اسپیرمن و مان-کندال در سطوح ۵ و ۱۰ درصد آزمایش شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه قیدار روند تغییرات ET_0 با هر دو روش نزولی و (با روش مان-کندال معنی دار در سطح ۵ درصد و با روش اسپیرمن غیر معنی دار) بود. بررسی‌های بیشتر نشان داد که روند تغییرات ساعات آفتابی روند مثبت (صعودی) و با هر دو روش غیرمعنی دار بود. همچنین روند تغییرات سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، با هر دو روش منفی (نزولی) و معنی دار در سطح ۱۰ درصد بود. روند تغییرات دمای هوای سالانه با هر دو روش دارای روند مثبت (صعودی) و معنی دار در سطح ۵ درصد بود. روند تغییرات فشار بخار واقعی آب در طی سال مثبت (صعودی) و با هر دو روش غیر معنی دار بود. یافته‌های این مطالعه در مدیریت منابع آب منطقه می‌تواند مفید واقع شود.

کلمات کلیدی: قیدار، تبخیر و تعرق، روش اسپیرمن، روش مان-کندال.

مقدمه با بیان مسأله

تبخیر-تعرق فرایندی است که طی آن آب از سطح مزرعه و خاک به اتمسفر منتقل می‌شود. بنابراین، شدت آن با فراهم بودن انرژی خورشیدی و آب در خاک کنترل می‌شود. امروزه با توجه به گرمایش جهانی پدیده ET_0 نیز دستخوش نوسانات شده است. روی این اصل بررسی روند تغییرات ET_0 مورد توجه محققین مختلف جهان قرار گرفته است (Dimitriadou & Nikolakopoulos., 2022; Xu et al., 2023; Raghavendra Prasad et al., 2023; Jhajharia et al., 2012) در شمال شرق هند، (Jhajharia et al., 2015) در صحرای تار واقع در هند و (Dinpashoh et al., 2011) در ایران از روش مان-کندال برای تحلیل روند تغییرات ET_0 استفاده کردند. (Dinpashoh & Babamiri., 2020). از این روش در تحلیل روند پدیده ET_0 در حوضه دریاچه ارومیه استفاده کردند. بطوریکه از بررسی پیشینه پژوهش می‌توان استنباط کرد تحلیل روند تغییرات آن در ایستگاه قیدار انجام نشده است. بنابراین، هدف این مطالعه تحلیل روند تغییرات ET_0 در ایستگاه قیدار واقع در استان زنجان می‌باشد.

اهداف و روش پژوهش

روش تحقیق: در این مطالعه برای بررسی روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل از دو روش مان-کندال و اسپیرمن استفاده شده است. در این مقاله از داده‌های هواشناسی شش متغیر اقلیمی شامل حداکثر دمای هوا (T_{max})، میانگین حداقل دمای هوا (T_{min})، میانگین حداکثر رطوبت نسبی هوا (RH_{min})، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری (U_{10})، مجموع ساعات آفتابی واقعی (n) و بارش (P) در مقیاس روزانه استفاده شد. داده‌ها از سازمان هواشناسی استان زنجان اخذ شد.

اندازه گیری، مشاهده و محاسبه: در این مطالعه، روند تغییرات ET_0 ایستگاه‌ها با روش‌های اسپیرمن (Spearman) و مان-کندال (Mann-Kendall) بررسی شد.

۱- روش اسپیرمن (Spearman):
فرمول‌های مورد استفاده در این روش به شرح زیر بود (Shadmani et al., 2012):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

$$Z_{SR} = \rho \sqrt{\frac{n-2}{1-\rho^2}}$$

مقدار قدر مطلق آماره Z_{SR} با t مستخرج از جدول t-student با درجه آزادی n-2 و سطح معنی داری مقایسه می‌شود. اگر قدر مطلق Z_{SR} بزرگتر از t باشد، روند معنی دار است در غیر این صورت معنی دار نیست.

۲- روش مان کندال (Mann-Kendall):
در این روش آماره کندال از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Shadmani et al., 2012):

$$\tau = \frac{S}{n(n-1)/2}$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \operatorname{sgn}(X_j - X_i)$$

پس از محاسبه آماره S، مقدار آن در رابطه زیر قرار داده می‌شود:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\operatorname{var}(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

$$\operatorname{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$$

اگر آماره Z مثبت باشد روند صعودی است و اگر منفی باشد نزولی است. اگر قدرمطلق آماره Z بزرگتر از Z جدول نرمال در سطح معنی داری آلفا باشد روند معنی‌دار است در غیر اینصورت معنی‌دار نیست.

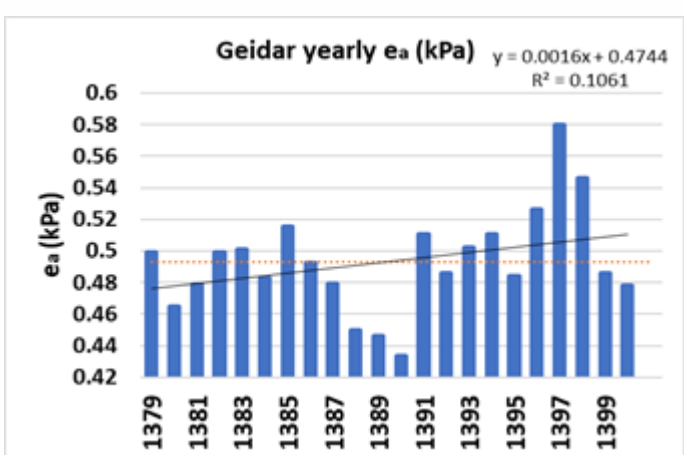
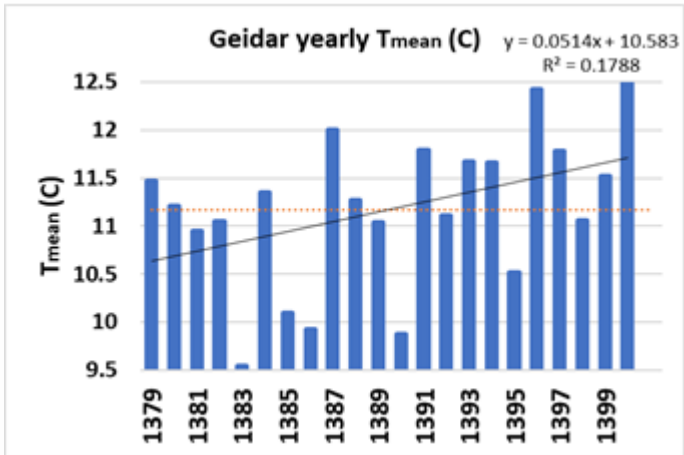
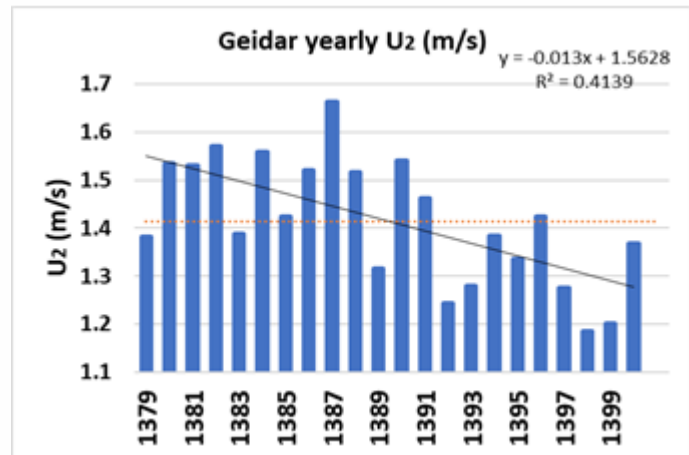
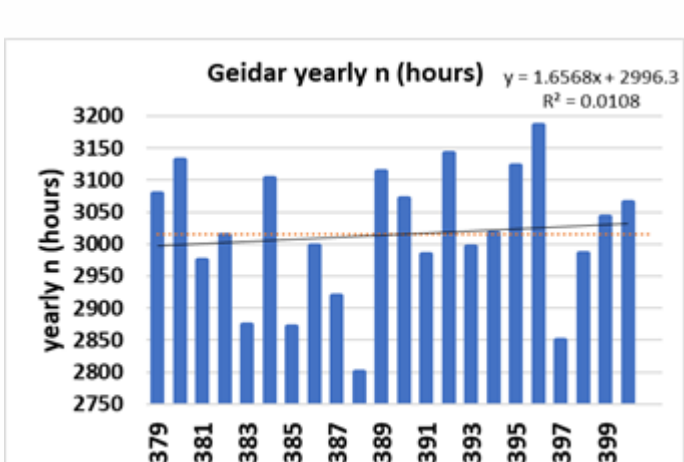
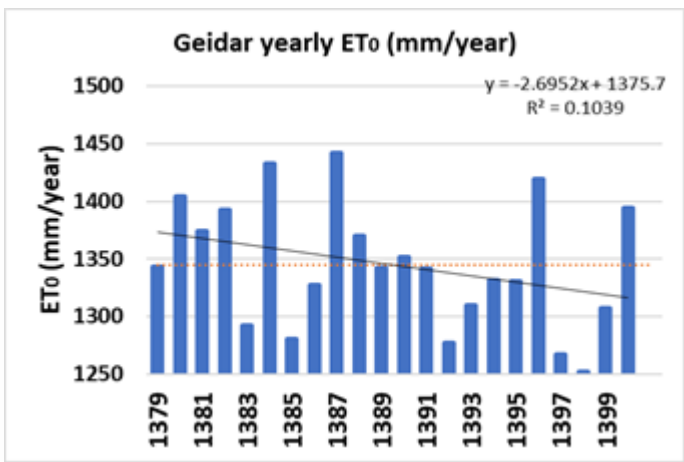
یافته‌های پژوهش

در جدول ۱ مقادیر آماره‌های مربوط به روش‌های اسپیرمن و مان-کندال برای یکایک متغیرها شامل تبخیر تعرق پتانسیل، ساعات آفتابی، میانگین دمای هوا سالانه، فشار بخار واقعی و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ایستگاه قیدار ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تحلیل روند متغیرهای هواشناسی ایستگاه قیدار با روش‌های مان-کندال و اسپیرمن

متغیر	روش مان-کندال				روش اسپیرمن			
	کندال tau	پک دنباله	معنی داری	نتیجه	ضریب همبستگی	معنی داری	پک دنباله	نتیجه
تبخیر	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
تعرق	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
پتانسیل	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
ساعات	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
آفتابی	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
دمای	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
هوای	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
سالانه	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
فشار بخار	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
واقعی	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه
سرعت باد	-۰/۲۷۲	-۰/۲۸	معنی	۲۲	۰/۳۴۸	-۰/۵۶	۲۲	نتیجه

شکل های زیر روند تغییرات متغیرهای هواشناسی شامل تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع، ساعات آفتابی، دمای هوای سالانه، فشار بخار واقعی آب در طی سال و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری را نشان می‌دهند.



نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج نشان داد که روند تغییرات ET_0 ایستگاه قیدار در سطح ۰/۰۵ با روش مان-کندال نزولی و معنی دار ولی با روش اسپیرمن نزولی ولی غیر معنی دار بود. در این مطالعه روند تغییرات متغیرهای اقلیمی دیگر نیز بررسی شد. روند تغییرات ساعات آفتابی ایستگاه قیدار با هر دو روش مثبت (صعودی) ولی غیر معنی دار بود. روند تغییرات دمای هوای سالانه ایستگاه قیدار با هر دو روش دارای روند مثبت (صعودی) و معنی دار در سطح ۵ درصد بود. روند تغییرات فشار بخار واقعی هوا در ایستگاه قیدار با هر دو روش مثبت (صعودی) ولی غیر معنی دار بود. روند تغییرات سرعت باد در ارتفاع ۲ متری در طی سال ایستگاه قیدار با هر دو روش دارای روند منفی (نزولی) و معنی دار در سطح ۱۰ درصد بود. از محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به کم بودن طول دوره آماری ایستگاه‌ها و محدودیت انتخاب متغیرهای هواشناسی موثر بر تبخیر-تعرق اشاره کرد. زیرا در اغلب ایستگاه‌های هواشناسی ایران همه پارامترهای مورد نیاز یا اندازه گیری نشده‌اند یا دارای آمار کافی نیستند. مثلاً میزان تشعشع آفتاب در مقیاس روزانه در دسترس محقق نیست. از مزیت‌های این مطالعه می‌توان به درک عمیق ارتباط پارامترهای هواشناسی با تبخیر-تعرق در ایستگاه‌های منتخب اشاره کرد. انجام چنین مطالعاتی در دیگر استان‌های کشور با اقلیم‌های متفاوت توصیه می‌شود. نتایج این مطالعه در مدیریت بهینه آب قابل دسترس بویژه در بخش کشاورزی مفید واقع شود.

منابع

Dimitriadou, S., Nikolakopoulos, K. G. (2022). Evapotranspiration Trends and Interactions in Light of the Anthropogenic Footprint and the Climate Crisis: A Review. *Hydrology*, 8, 163.
Raghavendra Prasad, K., Bhimala, K. R., Patra, G. K., Himesh, S., & Goroshi, S. (2023). Annual and seasonal trends in actual evapotranspiration over different meteorological sub-divisions in India using satellite-based data. *Theoretical Appllied Climatology*, 152, 999–1017.
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 of the Yellow River Basin. *Agricultural and Forest Meteorology*, 263, 118–129.
Jhajharia, D., Dinpashoh, Y., Kahya, E., Singh, V. P., & Fakheri-Fard, A. (2012). Trends in reference evapotranspiration in the humid region of northeast India. *Hydrological Process*, 26(3), 421–435.
Jhajharia, D., Kumar, R., Dabral, P. P., Singh, V. P., Choudhary, R. R., & Dinpashoh, Y. (2015). Reference evapotranspiration under changing climate over the Thar Desert in India. *Meteorological Applications*, 22(3), 425–435.
Dinpashoh, Y., & Babamiri, O. (2020). Trends in reference crop evapotranspiration in Urmia Lake basin. *Arabian Journal of Geoscience*, 13, 372.
Dinpashoh, Y., Jhajharia, D., Fakheri-Fard, A., Singh, V. P., & Kahya, E. (2011). Trends in reference crop evapotranspiration over Iran. *Journal of Hydrology*, 399(3), 422–433.
Shadmani, M., Marofi, S., & Roknian, M. 2012. Trend analysis in reference evapotranspiration using Mann-Kendall and Spearman's Rho tests in arid regions of Iran. *Water Resources Management*, 26: 211–224.