دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

«گزارش فنی»

بررسی کارایی روش تورنت وایت در مقایسه با تشتک کلاس A در سواحل جنوب ایران

آ. افضلی[۱]، م. مهدوی[۲] و م. ع. زارع چاهوکی[۳]

۱- کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی، نویسنده مسئول: tikina_60@yahoo.com
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

چکیده

از آنجا که تبخیر و تعرق هر دو از عوامل تلفات در چرخه هیدرولوژی می باشد و در معادله بیلان آبی نقش یکسانی دارند لذا در یک منطقه، با هم در نظر گرفته می شوند و مورد محاسبه قرار می گیرند. بیشترین توان تبخیری اتمسفر تبخیر و تعرق پتانسیل نامیده می شود و در حقیقت بیشترین ارتفاع آبی است که می تواند در یک منطقه از طریق تبخیر و تعرق گیاهی به اتمسفر باز گردد که خود بستگی به شرایط آب و هوایی آن ناحیه دارد. در ایران برای اندازه گیری تبخیر واقعی از تشتک کلاس A استفاده می شود که یک روش تجربی می باشد، علاوه بر روش های تجربی، روشهای ریاضی زیادی وجود دارد که از طریق آنها تبخیر و تعرق پتانسیل اندازه گیری می شود. یکی از این روش ها، روش تورنت وایت است با وجود اینکه این روش پارامترهای کمی برای محاسبه تبخیر و تعرق دارد، داده هایش نسبت به تشتک دارای خطا می باشد به منظور بررسی این قضیه ۵ ایستگاه در جنوب کشور انتخاب شد و سپس از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ با استفاده از روش دومارتن اقلیم این ایستگاه ها تعیین گردید و تبخیر و تعرق از طریق روش تورنت وایت و با تغییر در توان فرمول (آلفا) برای بازه زمانی بیان شده تعیین شد و با داده های تشتک کلاس A مورد مقایسه قرار گرفت. بهترین نتیجه، زمانی حاصل می گردد که از فرمول تورنت وایت بدون تغییر در توانش استفاده نمود. با این حال اگر محدوده خطای داده های تشتک را تا ٪۳۰± افزایش دهیم درصد قابل قبولی از داده های تورنت وایت در این محدوده قرار می گیرند.

واژه های کلیدی: تبخیر، تشتک کلاس A، روش تورنت وایت، روش دومارتن

مقدمه

بقای انسانها وابسته به آب می باشد و بشر همواره در جهت فراهم آوردن آن تلاش نموده است ولی انرژی حرارتی موجود در هوا موجب تبخیر آب موجود در هیدروسفر می شود. به این ترتیب بیش از نیمی از آب موجود در حوزه های آبخیز کشور از دسترس خارج می شود (۶). در ایران اندازه گیری تبخیر با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

استفاده از تشتک کلاس A انجام می پذیرد که یک روش تجربی محسوب می شود و در حقیقت با قرار گرفتن در محیط میزان تبخیر به صورت مستقیم اندازه‌گیری می شود بنابراین تخمین نسبتا درستی از تبخیر می دهد (۶). در مقابل روشهای ریاضی زیادی وجود دارد که میزان تبخیر و تعرق را با توجه به پارامترهای موجود در آنها اندازه گیری می کند که یکی از این روش ها، روش تورنت وایت است که یک روش دمایی است یعنی روشی است که بر پایه دما میزان تبخیر و تعرق پتانسیل از طریق آن محاسبه می شود. این روش به رغم سادگی و پارامترهای کمی که برای اندازه گیری تبخیر و تعرق دارد به خوبی میزان تبخیر و تعرق را اندازه نمی گیرد (۱). براساس تحقیقات غلامی (۴)، مهدوی و افضلی (۶)، پریرا (۸) و همین طور گارسیا و همکاران (۳) میزان تبخیر به دست آمده از این روش هم نسبت به تشتک کلاس A و هم نسبت به لایسیمتر کمتر است. بنابراین مقایسه داده‌های حاصل از این روش با داده های تشتک کلاس A که به واقعیت نزدیکتر است مدنظر قرار گرفت تا شاید با تغییراتی در فرمول فوق داده های آن با داده های حاصل از تشتک کلاس A همخوانی بیشتری داشته باشد و بتوان با استفاده از این فرمول سریعتر و راحت‌تر میزان تبخیر را محاسبه کرد.

مواد و روشها

ابتدا برای یک دوره ۱۵ ساله از ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۵ برای ایستگاه های بوشهر، بندرعباس، بندر لنگه، جزیره ابوموسی، میناب و چابهار اقلیم از روش دومارتن و با توجه به فرمول زیر تعیین گردید (۶) (جدول ۱).

$$Ai = \frac{P}{T + 10} \qquad (۱)$$

Ai: ضریب خشکی

P: بارندگی به میلیمتر

T: نرمال سالانه درجه حرارت

جدول ۱- اقلیم تعیین شده برای تمام ایستگاهها به روش دومارتن

ایستگاه	Ai	اقلیم
چابهار	۲/۹۲	فرا خشک
بندر عباس	۵/۰۹	خشک
بندر لنگه	۴/۰۱	فرا خشک
جزیره ابوموسی	۳/۳۵	فرا خشک
میناب	۵/۹۷	خشک
بوشهر	۸/۷۰	خشک

توان تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت برای ایستگاه ذکر شده برای تمام طول دوره ۱۵ ساله با استفاده از فرمول زیر تعیین گردید:

$$ETP = 16/2 \left[\frac{10\ Ti}{I}\right]^{\alpha} \qquad (۲)$$

ETP: تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه به میلیمتر.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

Ti: دمای متوسط ماهانه به سانتیگراد.

I: شاخص حرارتی سالانه که عبارت است از مجموع شاخص های حرارتی ماهانه.

$$I = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{Ti}{5}\right)^{1/514} \qquad (۳)$$

α: توانی است که از فرمول زیر بدست آمد:

(۴)

$$\alpha = (۰/۶۷۵\, I^{۳} - ۷۷/۱\, I^{۲} + ۱۷۹۲۰I + ۴۹۲۳۹۰)\, ۱۰^{-۶}$$

و از آنجایی که رابطه تورنت وایت برای ماههای ۳۰ روزه با ۱۲ ساعت روشنایی است، یکی از این شرایط تغییر کند مقدار محاسبه شده از رابطه زیر تصحیح می گردد (۵).

$$ETP_c = ETP \left(\frac{D.N}{360}\right) \qquad (۵)$$

ETP_c: تبخیر و تعرق پتانسیل اصلاح شده به میلیمتر.

ETP: تبخیر و تعرق محاسبه شده از رابطه تورنت وایت به میلیمتر.

D: متوسط ساعات روشنایی روزانه.

N: تعداد روزهای ماه مورد نظر می باشد.

تبخیر از تشتک ها به دلیل تبادل حرارتی و گرم شدن زیاد آنها همواره بیش از مخازن و دریاچه هاست. بنابراین باید مقادیر به دست آمده را در ضریبی کاهش دهنده ضرب نمود تحقیقات و بررسی‌های مختلف در زمینه مقایسه تبخیر بدست آمده از طریق بیلان آبی مخازن بزرگ و تبخیر اندازه گیری شده از تشتک، نشان می‌دهد که ضریب تشتک کلاس A در مقیاس سالانه متوسطی برابر ۰/۷ داشته است (۶). بنابراین داده‌های تبخیر تشتک کلاس A برای تمامی ایستگاه ها در ۰/۷ ضرب شد.

در مرحله بعد توان فرمول مذکور به اضافه ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷ و ۱ و منهای ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۵ گردید و داده های جدیدی از تبخیر و تعرق ماهانه تورنت وایت بدست آمد و داده‌های مذکور با داده های تشتک مقایسه گردید و چون در محاسبات مشاهده شد تفاوت داده‌های تشتک و تورنت-وایت زیاد است داده‌های تورنت وایت در محدوده های خطای ٪۱۰± ، ٪۲۰± و ٪۳۰± داده‌های تشتک مورد مقایسه قرار گرفتند (۱).

نتایج و بحث

تغییراتی که در توان فرمول تورنت وایت داده شد تا نتایج بهتری دست آید تحت اثر اقلیمی که از روش دومارتن تعیین گردید، نبود (جدول ۱).

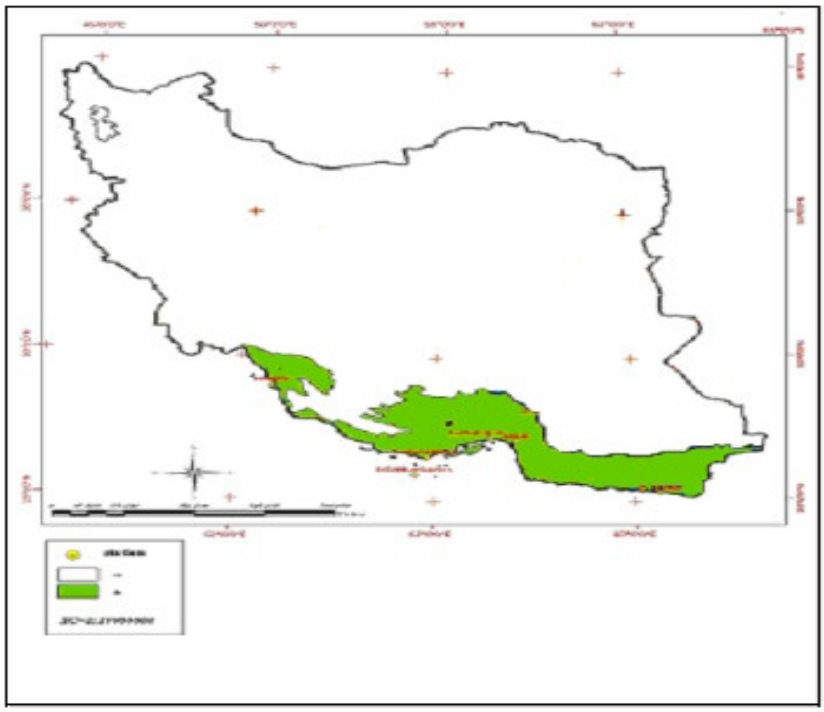
ایستگاه‌های بوشهر، بندر عباس، بندر لنگه، جزیره ابوموسی، میناب و چابهار بالاترین درصد داده های تورنت وایت در محدوده ٪۳۰ تشتک را در توان بدون تغییر فرمول تورنت وایت نشان داده اند (جدول ۲).

از آنجایی که اقلیم به دست آمده از روش دومارتن تاثیری در طبقه بندی ها نداشته، با استفاده از مرز حوزه های آبخیز کشور منطقه ای که شامل تمامی این ایستگاه ها بوده مشخص شده و به عنوان محدوده ای که در آن فرمول تورنت وایت بدون تغییر در محدوده خطای ٪۳۰± تشتک، می تواند مورد استفاده قرار گیرد تعیین گردید (شکل ۱).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

جدول ۲- درصد داده های تورنت وایت موجود در محدوده ٪۳۰± تشتک در آلفاهای مختلف

ایستگاه	α	α+۰/۱	α+۰/۲	α+۰/۳	α+۰/۵	α+۰/۶	α+۰/۷	α+۱
بوشهر	۵۹/۷	۲۷/۶	۲۳/۲	۲۲	۱۹/۳	۱۹/۳	۲۰/۴	۱۷/۷
بندرعباس	۶۳/۵	۲۴/۵	۲۳/۴	۲۲/۴	۱۹/۳	۲۰/۳	۲۰	۱۹/۳
بندرلنگه	۵۷/۴	۲۵	۲۴	۲۰/۴	۲۱	۲۲	۲۲/۲	۱۹
جزیره ابوموسی	۶۲/۴	۲۲	۲۱	۲۲/۲	۲۱	۲۰	۲۲	۲۲/۲
میناب	۶۶/۳	۱۹	۱۸/۴	۱۷/۲	۱۷	۲۰/۲	۱۸/۴	۱۷
چابهار	۶۴	۴۰/۵	۳۸	۳۴/۲	۲۵	۲۶	۲۶	۲۳/۴



شکل ۱- محدوده تعیین شده با استفاده از مرز حوزه های آبخیز برای ایستگاه های ذکر شده.

در اغلب تحقیقات انجام شده بیان شده است که نتایج تبخیر و تعرق به دست آمده از روش تورنت وایت نسبت به داده‌های تشتک کلاس A دارای خطا می باشد و محدوده خطا اغلب تا ۳۰ درصد نیز می رسد. بنابراین نیاز به تغییر در رابطه تورنت وایت وجود دارد که در نتایج تحقیقات افضلی و مهدوی (۱)، پریرا (۸) و همین طور گارسیا و همکاران (۳) نیز بیان شده است، اما در این منطقه از ایران روش تورنت وایت بدون تغییر و در محدوه خطای ۳۰ درصد تشتک قابل استفاده بوده و پاسخگوی برآورد تبخیر و تعرق می‌باشد که شاید یکی از دلایل آن، قرار گرفتن در کنار دریای عمان و خلیج فارس و برخورداری از اقلیم گرم و مرطوب این منطقه باشد. مک کینگ و روزنبرگ (۷) در تحقیق خود به تاثیر

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

دما بر حساسیت روشهایی مانند تورنت وایت اشاره داشته اند.

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانیم از جناب آقای دکتر شهرام خلیقی سیگارودی، جناب آقای مهندس امید عبداللهی، سرکار خانم مهندس زهرا گوهری و از کارکنان محترم سازمان هواشناسی کشور که در پیشبرد مراحل انجام تحقیق حاضر از کمک‌هایشان بهره مند شدیم، تشکر و قدردانی به عمل آوریم.

منابع

1. Afzali, A. 2008. Calibration data from Class A pan with Thornthwaite method in arid regions of Iran. M.Sc. thesis in Desert management. Iran. Tehran University.
2. F.A.O. 1977. Crop Water Requirements. 30-44, 50-54.
3. Garcia, M., R. Allena and C. Herbas. 2004. Dynamics of Reference Evapo-transpiration in the Bolivian Highlands. Agricultural and Forest Meteorology. 125 (1-2): 67-82.
4. Gholami, A. 2007. Efficiency of Tornthwaite and Blanney-Criddle methods in comparison with class A pan in central Iran. Issue. 1-2.
5. Jafari, M. 2006. Reclamation of Aridland. Tehran University Press, 247 pp.
6. Mahdavi, M. 2003. Applied Hydrology. Tehran University Press, 440 pp.
7. McKenng, S. and N.J. Rosenberg. 1993. Sensitivity of some potential Evapotranspiration Estimation Method to Climate change. Agricultural and Forest Meteorology. 64: 81-110.
8. Pereira, A.R. 1989. An Analysis of Criticism of Thornthwaite Equation for Estimating potential Evapotranspiration Agricultural and Forest Meteorology. 46: 149-157.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]

«Technical Note»

Study Efficiency Thornthwaite Method Comparison with Class A Pan in South Coastal of Iran

A. Afzali[1], M. Mahdavi[2] and M.A. Zare Chahouki[3]

1- M.Sc. of Desert Management, (Corresponding author: tikina_60@yahoo.com)
2- Professor, College of Natural Resources, University of Tehran
3- Assistant Professor, College of Natural Resources, University of Tehran

Abstract

Since both evaporation and transpiration are redaction factors of hydrology and have the same role in the water balance equation, they are considered and calculated together in a region. Maximum atmospheric potential evaporation, is called potential evapotranspiration, in fact it is the most water height which can return into the atmosphere through evaporation and plant transpiration- which depends on weather condition in that area. In order to measure evaporation in Iran, class A pan is used, which is an empirical method. Beside empirical methods, there are many mathematical methods through which the potential evapotranspiration can be estimated. One of these methods is Thornthwaite method. Although these methods have few parameters for estimating evapotranspiration, the data results have more errors than the pan. To investigate this fact, 5 stations were selected in south of Iran and the climate of these stations were determined using De Martonne method from 1990 to 2005 and their evapotranspiration were determined using Thornthwaite method through changing the equation exponent (Alfa) in the given time range and were compared with class A pan. The best result is obtained when using Thornthwaite method without changing the exponent. Actually if the error range of the pan be increase up to ±30%, a high percentage of Thornthwaite data will be acceptable.

Keywords: Evaporation, Class A pan, Thornthwaite method, De Martonne method

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2025-12-24]