برآورد میزان تبخیر و تعرق پتانسیل درایستگاه‌های استان اصفهان

حسین محمدی- استاد دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
علی حنفی*- کارشناس ارشد اقلیم شناسی و مدرس دانشگاه امام(ع)
محسن سلطانی- کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران

دریافت مقاله: 89/5/3 **پذیرش نهایی: 89/9/25**

چکیده

تبخیر از سطوح مرطوب خاک و گیاه که آن را تبخیر و تعرق می‌نامند، یکی از پیچیده ترین فرآیندها در چرخهٔ هیدرولوژی است که در محاسبات هیدرولوژی از دو جهت حائز اهمیت است. یکی محاسبه تلفات آب در حوضه‌های آبریز و دیگری برآورد نیاز آبی در طرح‌هایی که آب مهار شده در سازه‌های هیدرولیک مورد استفاده قرار خواهد گرفت. در این تحقیق از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های مورد مطالعه (اصفهان، کاشان، شهرضا، خور و بیابانک، گلپایگان و نائین) استفاده شده و سپس جهت تعیین مناسب ترین روش تبخیر وتعرق پتانسیل[1] در سطح منطقه، اقدام به تحلیل نمودارهای مقایسه‌ای بین روش‌های تورنث وایت[2]، بلینی کریدل[3] و معادلهٔ لاری جانسون[4] که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، گردیده است. نتایج این تحقیق نشان داد که از بین روش‌های مذکور، روش بلینی کریدل نسبت به دیگر روش‌ها، بسیار نزدیک به تشت تبخیر بوده به طوری که در ماه‌های مختلف سال همبستگی خوبی با تشت تبخیر را داشته است. همچنین نتایج حاصل از پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق در سطح استان اصفهان نشان داد که از غرب به شرق و از جنوب به شمال، بر میزان تبخیر و تعرق افزوده می‌شود، به طوری که در نواحی شمال شرقی استان (ایستگاه خور و بیابانک)، این پدیده به دلایلی همچون نزدیکی به کویر، افزایش گرمای سطح زمین و کم شدن نزولات جوی، به اوج خود می‌رسد.

واژگان کلیدی: تبخیر و تعرق پتانسیل، تورنث وایت، بلینی کریدل، معادله لاری جانسون، اصفهان

***نویسنده‌مسئول:**09355022711 **E-mail:** **Hanafi772@gmail.com**

1. **Potential Evapotranspiration**
2. **Thornthwaite**
3. **Blaney – Cridle**
4. **Lawry – Johnson Equation**
5. **Eshpigel**

Archive of SID
www.SID.ir

1.مقدمه

محدودیت منابع آبی مناسب از عمده ترین تنگناها و مشکلات کشاورزی در کشور ایران می‌باشد (بارگاهی، موسوی، 1385: 60). از طرف دیگر افزایش روز افزون جمعیت نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر را ایجاب می‌کند. بنابراین یافتن راه کارهایی برای غلبه بر کمبود آب در این مناطق همواره از این جمعیت رو به تزاید تولید نمود (افیونی و همکاران، 1380: 304-295). فرآیند تبدیل آب به بخار را تبخیر می‌گویند. این عمل همراه با انتقال انرژی است، به طوری که مولکول‌های آب با اخذ 600 کالری گرما، حالت فرار از سطح آب را پیدا کرده و در نتیجه در هوا منتشر می‌شوند. این فرآیند به عوامل و شرایط مختلفی از جمله تابش خورشید(از نظر شدت ومدت) ، خشکی هوا، درجه حرارت، سرعت باد، و میزان رطوبت مطلق بستگی دارد. از دیدگاه آبشناسی تبخیر به مجموعه پدیده‌هایی گفته می‌شود که آب را صرفاً از راه یک فرآیند فیزیکی به بخار تبدیل می‌کند(اشپیگل [5]، 1372: 272). تبخیر و تعرق بالقوه عبارتست از تبخیرو تعرق از یک سطح مزروعی نامحدود که ارتفاع گیاهان آن یکسان بوده دارای رشد و فعالیت باشند. به علاوه این گیاهان با سایهٔ خود تمامی سطح خاک را بپوشانند و آب موجود در خاک نیز برای استفاده در حد مطلوب باشد (رامشت، 1384: 112-111). برآورد تبخیر و تعرق در مواردی از قبیل برنامه‌ریزی آبیاری، تعیین تبخیر مخازن آب، محاسبه بیلان آب، تخمین رواناب و مطالعات اقلیم شناسی ضروری است (مباشری و همکاران، 1386: 11). محاسبهٔ تبخیر وتعرق بالقوه خیلی پیچیده است، تورنث وایت برای این منظور جدولهای پیچیده ای تنظیم کرده است (تورنث وایت و متر[1]، 1957: 98-97). تبخیر و تعرق واقعی در شرایط طبیعی منطقه انجام شده، و با افزایش مقدار آب بیشتر می‌شود، هر چند که مقدار آن هرگز بیشتر از تبخیر و تعرق بالقوه نخواهد شد. در نواحی خشک که آب کافی برای تبخیر وجود ندارد، همیشه مقدار تبخیر و تعرق واقعی کمتر از مقدار تبخیر و تعرق بالقوه است. اختلاف بین تبخیر و تعرق بالقوه و تبخیر و تعرق واقعی، نیاز آب منطقه را نشان می‌دهد. در مناطق مرطوب که آب به حد کافی وجود دارد، این دو مقدار با هم برابرند. نتیجهٔ فرآیند تبخیر و تعرق رطوبت جو است (علیجانی و کاویانی،1384: 210-209). نسبت تبخیر به تبخیر و تعرق گیاه در طول دوره رشد بین 23 درصد و 56 درصد گزارش شده است (سپاسخواه، 1380). بیلان تبخیر و تعرق واقعی در خشکی همیشه مثبت است، یعنی از 100 واحد بارش دریافتی

1.Thornthwaite and Mather
2. Richy and Bornet
3. Penman
4. Penman – Monteith
5. Thompson

www.SID.ir

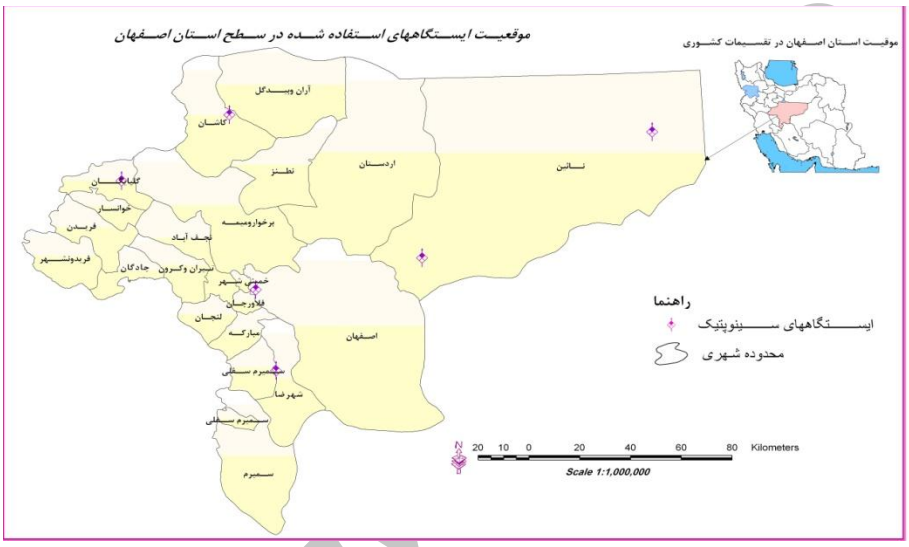
خشکی فقط 61 درصد آن تبخیر می شود (خوش اخلاق، 1387). محاسبهٔ تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل یکی از موارد حساس در علم اقلیم شناسی است؛ در اهمیت این موضوع همین بس که حدود 75 درصد از کل بارندگی سالانه در سطح کرهٔ زمین دوباره بصورت تبخیر و تعرق به جو برمی گردد (بای بوردی، 1372: 491). در بررسی بیلان هیدروکلیماتولوژی هر ناحیه تبخیر و در اکثر موارد محاسبهٔ تبخیر و تعرق اهمیت زیادی را دارد. زیرا تبخیر و تعرق با جریان و نفوذ آب در خاک یکی از تلفات بیلان هیدرولوژی است. رصدهای مربوط به تبخیر از طریق تشت‌ها فقط در مورد تبخیر و تعرق به ما اطلاع می‌دهند در این صورت تعیین تبخیر فصلی ضروری می‌شود. در این مورد بعد از آزمایش‌های مختلف فرمول‌های گوناگونی مانند فرمول پنمن[3]، پنمن مونتیث[4]، تورنت وایت ارائه شده است. بعضی از این فرمول ها ساده‌اند و کاربرد شان آسان است و بعضی پیچیده‌اند واحتیاج به محاسبات زیادی دارند، ولی نتایج حاصل رضایت بخش است (محمدی، 1385: 30-29). در مورد تبخیر از سطح آب‌ها، درجه حرارت، شدت باد و درجهٔ نمناکی بزرگترین نقش را بازی می‌کنند (پنمن، 1956: 115). آخرین مرحلهٔ گردش آب درون پوشش گیاهی را تعرق گویند. میزان تعرق بر حسب شدت نور، درجهٔ حرارت، سرعت باد و دورهٔ گیاهی و بالاخره بر حسب جنس زمین و تراکم گیاهان تغییر می‌کند(جعفرپور، 1380: 112-110). ویژگی‌های آب که تنها بر تبخیر اثر می‌گذارند شامل کیفیت، عمق و اندازهٔ پهنهٔ آب می‌باشند. (تامپسون[5]، 1382: 88). در دمای زیر صفر درجه سلسیوس تبخیری صورت نمی‌گیرد؛ زیرا در دماهای زیر صفر، مولکول‌های آب به جای حرکات نامنظم سیال وار، در حجم ثابت حرکت منظم پیدا می‌کنند. تشتک‌ها ساده ترین وسیله اندازه گیری تبخیر و تعرق می‌باشند. میزان تبخیر در تشتک‌های واقع در روی زمین، بیش از تشتک‌های داخل زمین می‌باشد چون که در آنها، اطراف و کف تشتک با هوا در تماس بوده و انرژی بیشتری نسبت به حالت تماس با خاک دریافت می‌کنند(مهدوی، 1384: 91). از تحقیقات صورت گرفته در زمینهٔ محاسبهٔ تبخیر و تعرق، می‌توان به برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل از طریق رگرسیون چند متغیره توسط نوربخش (1376) در منطقهٔ کوهستانی زاگرس (ایستگاه دامنه)، اشاره کرد.همچنین، فرهودی و شمسی پور (1379) در مقاله‌ای تحت عنوان برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل منطقهٔ بلوچستان جنوبی به بررسی این امر پرداخته‌اند و نتیجه گرفته‌اند که منطقهٔ بلوچستان جنوبی در تمام ماه‌های سال دارای تبخیر و تعرق پتانسیل بالاتر از بارش است. شاهکویی(1378) نیز به بررسی تبخیر و ارزیابی میزان آن در شرق دریای خزر پرداخته است.

Archive of SID

www.SID.ir

2.موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان بین 30 درجه و 42 دقیقه تا 34 درجه و 20 دقیقه عرض شمالی و 49 درجه و 40 دقیقه تا 55 درجه30 دقیقه طول شرقی با وسعت 107027 کیلومتر مربع قرار دارد و 6/5 درصد مساحت کشور را در بر می گیرد. موقعیت ایستگاه-های مورد استفاده در شکل (1) آمده است.



شکل1. موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان اصفهان

3.مواد روش‌ها

3-1. مواد

با توجه به اینکه استان اصفهان به عنوان یکی از استان‌های پهناور، دارای مناطق مستعد زیادی برای کشاورزی می‌باشد، لذا مطالعه تبخیر و تعرق و اثرات آن در برآورد نیاز آبی واقعی گیاه و توسعه اقتصادی منطقه از جنبه‌های مختلفی که به منابع آب وابسته‌اند می‌تواند مفید و ضروری باشد. بدین ترتیب جهت مطالعه تبخیر و تعرق پتانسیل مستقیم در ایستگاه‌های منتخب منطقه (اصفهان، گلپایگان، کاشان، خور و بیابانک، نائین، شهرضا) مجموع ماه‌های سال طی دوره آماری 2005-1976 به جهت اهمیت فصل رویش و نیاز آبی برای رشد و نمو محصولات زراعی و مرتعی درنظر گرفته شد. جدول (1) مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

Archive
www.SID.ir

جدول1. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در سطح استان اصفهان

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع(متر)	توضیحات
اصفهان	51 40	32 37	1550	سینوپتیک
گلپایگان	50 17	33 28	1870	سینوپتیک
کاشان	33 59	51 27	982	سینوپتیک
خوروبیابانک	33 47	55 05	845	سینوپتیک
نائین	32 51	53 05	1549	سینوپتیک
شهرضا	31 59	51 50	1885	سینوپتیک

در این مطالعه جهت تعیین شاخص‌های خشکی و تبخیر و تعرق ، از محاسبات آماری استفاده شده است. داده‌های دما از ایستگاه‌های سینوپتیک از سازمان هواشناسی اخذ گردید. ایستگاه‌های منطقه از نظر آماری مورد بررسی قرار گرفت و از بین آنها 6 ایستگاه در محدوده استان اصفهان که پوشش کاملی را دارند، انتخاب گردید. سپس داده‌های آماری به لحاظ کمی وکیفی بوسیله آزمون ران‌تست[1] مورد ارزیابی قرار گرفت و در ادامه با بهره گیری از نرم افزارهای SPSS و Excel به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته شد. در پایان جهت تعیین فصول خشک و نیمه خشک و فصولی که برای رویش و کشت وکار مناسب می‌باشد، از شاخص‌های محاسبه تبخیر و تعرق بلینی‌کریدل، تورنث وایت و معادله لاری جانسون استفاده گردید.

مدل های استفاده شده در تحقیق

3-2. روش‌ها

3-2-1.روش تورنث وایت

در روش تورنث وایت که میزان تبخیر- تعرق پتانسیل براساس دمای متوسط ماهانه است به صورت زیر محاسبه می‌شود (علیزاده، 1386: 236):

الف). ابتدا نمایهٔ حرارتی (i_m) برای هر یک از ماههای سال از معادلهٔ زیر بدست می آید:

$$I_m = (\frac{t_m}{5})^{1.51}$$

در این معادله i_m نمایه حرارتی هر ماه و Tm متوسط دمای هر ماه بر حسب سانتی گراد در ماه موردنظر است این کار برای تمام 12 ماه سال انجام $I = \sum_{n=1}^{12} i_m$

1 . Runs Test

www.SID.ir

می‌گردد. در صورتی که متوسط دما در یک ماه صفر یا منفی باشد i_m برای آن ماه صفر درنظر گرفته می‌شود.

ب). نمایه حرارتی سال (I) از جمع نمایه‌های حرارتی ماهانه بدست می‌آید:

پ). برای هر یک از ماههای سال تبخیر- تعرق پتانسیل (PET) بر حسب میلی متراز فرمول زیر محاسبه می‌شود:

که ضریب a در آن از معادله زیر بدست می آید: $PET = 16(\frac{10T_m}{I})^a$

$$a = (6.75\times10^{-7})I^3 - (7.71\times10^{-5})I^2 + (1.792\times10^{-2})I + .492$$

ت). محاسبه PET با استفاده از معادله بالا برای هر یک از ماه‌ها با این فرض بوده است که هر ماه 30 روز و هر روز 12 ساعت روشنایی داشته باشد، حال با توجه به این که تعداد روزهای هر ماه و تعداد ساعات روشنایی در ماه‌های مختلف سال متفاوت است. بنابراین لازم است PET با اعمال ضریب n_m اصلاح گردد. لذا PET برابر خواهد بود با:

$$PET = 16N_m(\frac{10T_m}{I})^a$$

3-2-2.روش بلینی - کریدل

یکی از قدیمی ترین روش‌های تخمین تبخیر- تعرق پتانسیل روش بلانی - کریدل است که بعداً فرمول پیشنهادی آنها توسط پروت[1] از اساتید سابق دانشگاه کالیفرنیا مورد واسنجی قرار گرفت و برای تخمین تبخیر- تعرق گیاه مرجع چمن به صورت زیر ارائه شد (علیزاده، 1386: 248):

$$ET_0 = a + b[p(.46T + 8.13)]$$

ET_0= تبخیر و تعرق گیاه مرجع (چمن) بر حسب میلیمتر در روز (mm/d).

P= ضریب مربوط به طول روز یا درصد سالانه تابش آفتاب در ماه که بصورت روزانه توصیف شده است (متوسط ساعات روشنایی هر روز در ماه مورد نظر تقسیم بر کل ساعات روشنایی سال ضرب در 100).

T= متوسط ماهانهٔ درجه حرارت، C^0

a و b = ضرایب اقلیمی

ضرایب a و b بستگی به حداقل رطوبت نسبی هوا ، نسبت ساعات واقعی آفتاب (n) به حداکثر ممکن ساعات آفتابی (N) یعنی n/N و سرعت باد در روز (Uday) دارد.

Archive of SID
www.SID.ir

مقادیر a و b را می توان از معادله هـای زیـر بدست آورد:

$$a = .0043(RH_{\min}) - \frac{n}{N} - 1.41$$

$$b = .82 - .0041(RH_{\min}) + 1.07(n/N) + .066(u_{day}) - .006(RH_{\min})\frac{n}{N} - .0006(RH_{\min})(u_{day})$$

در این فورمول ها n تعداد ساعات واقعی آفتاب، N حداکثر ساعات ممکن تابش آفتـاب، RHmin حداقل رطوبت نسبی (درصد) و Uday سرعت باد در طول روز در ارتفـاع 2 متری از سطح زمین (متر بر ثانیه) است.

3-2-3.معادله لاری جانسون

لاری جانسون یک رابطه خطی را بین تبخیـر- تعـرق پتانسـیل (PET) و گرمـای موثر به صورت زیـر پیشـنهاد نمـوده‌انـد: (علیزاده، 1386: 245):

$$PET = (0.004755D_m + 24.4)$$

در ایـن معادلـه D_m مقـدار درجـه روز تجمعی دماهای ماکزیمم روزانه برای دوره مورد نظر می‌باشد. لازم به ذکر است D_m بـر حسب درجه فارنهایت محاسبه می‌شود. در این صورت PET برحسب سانتی متر بدست می‌آید.

4.یافته‌های تحقیق

4-1.تجزیه و تحلیل تبخیر ایستگاه‌های استان اصفهان

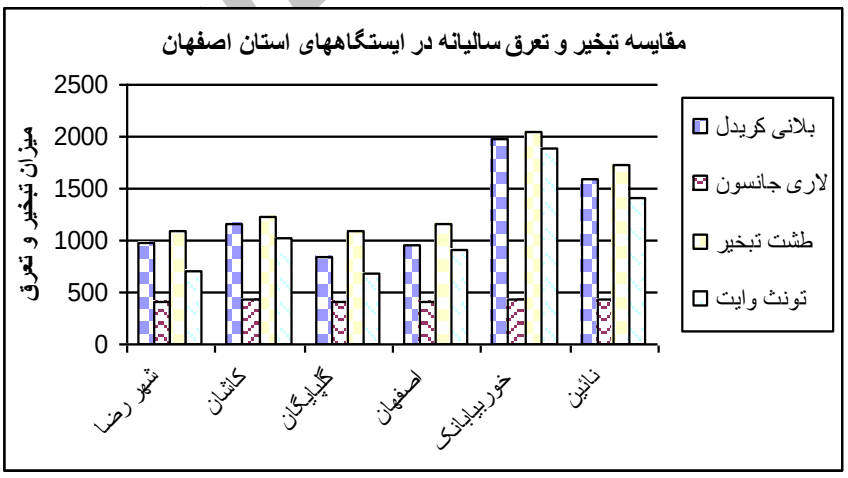
در این تحقیق تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه و سالانه از طریق روش‌های برآورد تبخیر وتعرق تورنث وایت، بلینی کریدل، معادله لاری جانسون و روش اندازه‌گیری مستقیم (تشت) برای کلیه ایستگاه‌های منتخب محاسبه گردیده است (جدول2). مطابق جدول، کمترین میزان تبخیر و تعرق بر اساس تشت تبخیر در سطح استان، مربوط به ماه ژانویه بوده در حالی که بیشترین آن در ماه ژوئیه رخ می‌دهد؛ به طوری که بیشینه تبخیر و تعرق در ایستگاه خور و بیابانک با مقدار 322 میلیمتر در ماه ژوئیه و کمینه آن با مقدار 15 میلیمتر در ماه ژانویه در ایستگاه اصفهان اتفاق می‌افتد. در روش معادله لاری جانسون تغییرات تبخیر و تعرق از مکانی به مکان دیگر و از فصولی به فصول دیگر بسیار کم است و تنها پارامتر موثر مقدار درجه روز می‌باشد و این تغییرات در سطح استان بین 299 تا 395 میلی متر در ماه‌های مختلف می‌باشد. علت عمده کم بودن تغییرات در این معادله به علت وجود مقدار ثابت 244 میلی متر در معادله می‌باشد. در

Archive of SID
www.SID.ir

روش تورنث وایت پارامترهای مؤثر، متوسط دمای سالانه و درجه روز می‌باشد و تغییرات تبخیر و تعرق نیز از مکانی به مکان دیگر و از فصولی به فصول دیگر زیاد است. این تغییرات در سطح استان بین 1 تا 222 میلی متر در ماه‌های مختلف می‌باشد. کمترین میزان تبخیر و تعرق با روش تورنث وایت به میزان 1/1 میلی متر در ماه ژانویه ایستگاه گلپایگان رخ داده است در حالی که بیشترین آن به میزان 222/8 میلی متر در ماه جولای ایستگاه خوربیابانک رخ می‌دهد. در روش بلانی کریدل نیز پارامترهای مؤثر دمای متوسط ماهانه و درصد سالانه تابش آفتاب می باشد و تغییرات آن در سطح استان بین 10 تا 234 میلی متر در ماه‌های مختلف می‌باشد به طوری که کمترین مقدار در ایستگاه گلپایگان 9/7 میلی متر در ماه ژانویه و بیشترین مقدار 234 میلی متر در ماه جولای خوربیابانک اتفاق می‌افتد. مطابق شکل (2) کمینه میزان تبخیر و تعرق در منطقه مربوط به ایستگاه گلپایگان می‌باشد. در این ایستگاه به علت ارتفاع زیاد و دماهای پایین و در نتیجه بالا بودن میزان رطوبت نسبی، میزان تبخیر و تعرق پایین می‌باشد. و همچنین بیشینه میزان تبخیر و تعرق سالانه به شمال شرق منطقه در ایستگاه خور و بیابانک مربوط می‌گردد که با توجه به نزدیکی به دشت کویر و دماهای بالا نسبت به ایستگاه‌های مجاور، میزان تبخیر و تعرق به ویژه در فصول بهار و تابستان به اوج خود می‌رسد.

شکل2. نمودار مقایسه تبخیر و تعرق سالیانه در ایستگاه‌های استان اصفهان

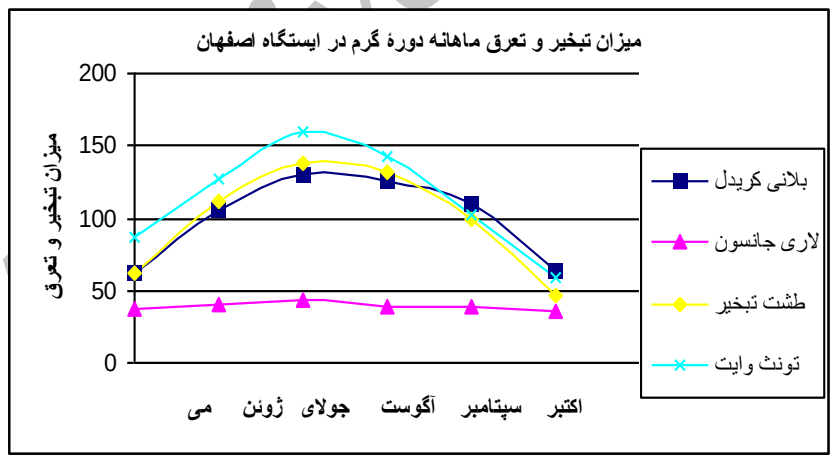
در ادامه برای بررسی بهتر تغییرات میزان تبخیر و تعرق در ماه‌های گرم و سرد سال، ایستگاه اصفهان به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت. مطابق شکل‌های (3 و4)،



حداکثر میزان تبخیر و تعرق در ایستگاه اصفهان مربوط به ماه ژوئیه (تیر) می‌باشد. که نشان دهندهٔ شدت گرما در این ماه در استان اصفهان است که باعث افزایش میزان

www.SID.ir

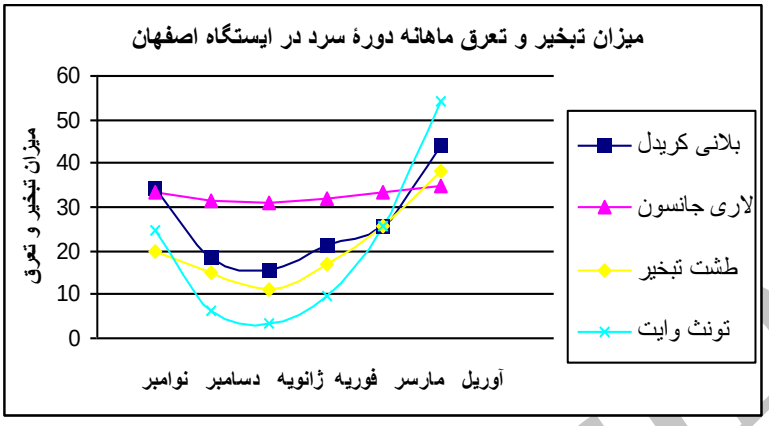
تبخیر و تعرق می‌شود. پس از انجام مطالعات مشخص گردید که براساس مدل‌های بکار رفته برای محاسبه تبخیر و تعرق، کمترین مقدار تبخیر و تعرق ماهانه دوره سرد به روش تورنث وایت ملاحظه می‌گردد و بیشترین میزان آن در ماه‌های دوره گرم نیز مربوط به روش تورنث وایت است که حاصل بکارگیری پارامتر متوسط درجه حرارت ماهانه به تنهایی می‌باشد و با نادیده گرفتن پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان تبخیر و تعرق نظیر (وزش باد، رطوبت نسبی، تابش آفتاب و.... که در روش محاسبه بلینی کریدل مورد استفاده قرار می‌گیرد) باعث نوسانات شبانه روزی و ماهانه شدید درجه حرارت در منطقه شده و در ماه‌ها و فصول مختلف بر تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل اثرات مفرطی ایجاد می‌کند. همچنین برآورد تبخیر وتعرق به روش معادله لاری جانسون به صورتی است که نوسانات تبخیر و تعرق را به حداقل می‌رساند وتغییرات تبخیر و تعرق در یک بازه کوچکی قرار می‌گیرد که در منطقهٔ اصفهان این بازه تقریباً بین 30 و 40 قرار دارد. به طور کلی با توجه به محاسبات صورت گرفته، از غرب به شرق و همچنین از جنوب غرب به شمال شرق، بر میزان تبخیرو تعرق پتانسیل افزوده می‌شود که این ناشی از خشکی هوا، گرمای شدید سطح زمین و دوری از منابع رطوبتی دریا و نزدیکی به دشت کویر است که به ویژه با فرا رسیدن فصل گرم و افزایش ظرفیت رطوبتی هوا، تشدید می‌شود.



شکل3. نمودار مقایسه تبخیر وتعرق ماهانه در دوره گرم سال در ایستگاه اصفهان

Archive of SID

www.SID.ir



شکل4. نمودار مقایسه تبخیر و تعرق ماهانه در دوره سرد سال در ایستگاه اصفهان

جدول 2. محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روشهای بلینی- کریدل، لاری جانسون، تورنث وایت و تشت تبخیر در استان

ماه / ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
اصفهان	15 20.3 311 3.5	25 23.6 320 9.8	31.2 49.6 332 25.5	48 44 350 54.2	90 62.1 365 86.1	168 153 382 142	220 203 387 196.3	175 156 384 148	120 110.1 373 102.8	60 64 354 59.5	32.8 34.2 332 24.9	24 18.3 316 6.4
گلپایگان	16.5 9.7 299 1.1	42 16.2 311 6.4	62.4 35.6 320 19.8	85.2 72 340 46	110 102.3 351 87	165.2 149 368 132	195 178 379 167	190 159 378 130	102 99.8 362 92.4	74 79.6 343 54.3	44.1 21.3 324 21.5	12.1 17.4 313 8.3
کاشان	41 18.7 315 3.3	56.8 22.3 328 8.4	70.2 45.2 337 27.1	88 102 355 65.6	100 133.2 370 128	132 178 388 170.6	215 215 397 205	202 189 395 190.1	155 137.2 383 135	94 83.5 361 76	74.2 30.2 337 24.1	25 15.7 319 6.4
خوروبیابانک	39 24.5 319 5.1	55 32.3 331 9.8	86.4 76.3 340 30.1	109 96.3 358 78.6	218 146.5 373 163	303.5 198 389 192.8	322 234 395 222.8	305 208.9 392 200	300 158 382 145	108 96.3 363 78.7	89.3 45.3 340 33	52 22.3 325 9.1
نائین	31.4 22.9 313 4.4	52 28.6 322 10.3	68.4 48.3 331 24.1	100 99.3 352 56	200.1 175 365 145	235 227 380 190.2	255.3 228.1 385 199.5	300 285.2 383 258	218.6 209 373 160	120.6 99.5 352 80.5	70 55.1 332 45	37 18.6 319 8.8
شهررضا	24 21.5 311 3.6	34 25.8 321 9.6	57.2 47.3 330 24.1	74 95.2 348 51.7	120.3 125.3 360 75.8	154.7 148.2 372 118.5	210 189 382 168	148.5 141 376 116.7	112.9 102 367 89.4	85 71 350 48.2	35.1 32.1 326 24.4	10 19.8 320 9.2

- 1. تشت تبخیر 2. بلینی کریدل 3. لاری جانسون 4. تورنث وایت

Archive of SID

www.SID.ir

4-2. پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق در ایستگاه‌های استان اصفهان

بعد از محاسبهٔ میزان تبخیر و تعرق پتانسیل، برای پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق سالانه در استان اصفهان به عنوان نمونه و بطور مقایسه‌ای، از روش تورنث وایت و تشت تبخیر استفاده شد. بدین منظور در این تحقیق سعی شد تا از روش‌های موجود برای انترپولاسیون فضایی و تحلیل فضایی داده‌های مکانی، از مدل میان یابی IDW [1] استفاده شود. در این مدل در یک سطح میان یابی اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نبوده و نقاط نزدیک بیشتر و نقاط دور کمتر تحت تأثیراند و هر چه فاصله از مبدأ افزایش یابد، اثر کمتر خواهد شد (مک کوی[2]، جانستون[3]، 1385: 110). در این روش پس از مشخص کردن مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل، بر اساس مدل تورنث وایت و همچنین تشت تبخیر، مقادیر تبخیر و تعرق به سطح تعمیم داده شد و در نهایت نقشه هم تبخیر استان با استفاده از نرم افزار ARC Map روی نقشه اعمال شد و نقشه‌های پهنه بندی تولید گردید. نتایج حاصل از پهنه بندی میزان تبخیر وتعرق واقعی براساس تشت تبخیر نشان داد که کمترین تبخیر در سطح استان در نواحی جنوبی و غربی استان رخ می دهد در حالی که هر چه به سمت شرق می رویم بر مقدار آن افزوده می شود(شکل 5). همچنین پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل بر اساس روش بلینی-کریدل با کمی اختلاف نسبت به تشت تبخیر، نشان می‌دهد که نواحی مرکزی و غربی نسبت به سایر بخش‌ها دارای کمترین تبخیر می باشند، ولی شرق استان به مراتب دارای تبخیر وتعرق بیشتری است(شکل 6). و نیز پهنه بندی صورت گرفته بر اساس مدلهای تورنث وایت و لاری جانسون نشان داد که کمترین تبخیر و تعرق به ترتیب در ایستگاه اصفهان و گلپایگان رخ داده است (شکل 7 و 8). مطابق شکل (2) کمینه میزان تبخیر و تعرق در منطقه مربوط به ایستگاه گلپایگان می‌باشد. در این ایستگاه به علت ارتفاع زیاد و دماهای پایین و در نتیجه بالا بودن میزان رطوبت نسبی، میزان تبخیر و تعرق پایین می‌باشد. و همچنین بیشینه میزان تبخیر و تعرق سالانه به شمال شرق منطقه در ایستگاه خور و بیابانک مربوط می‌گردد که با توجه به نزدیکی به دشت کویر و دماهای بالا نسبت به ایستگاه‌های مجاور، میزان تبخیر و تعرق به ویژه در فصول بهار و تابستان به اوج خود می‌رسد.

1 . Inverse Distance Weighted
2. McCoy
3. Johnstone

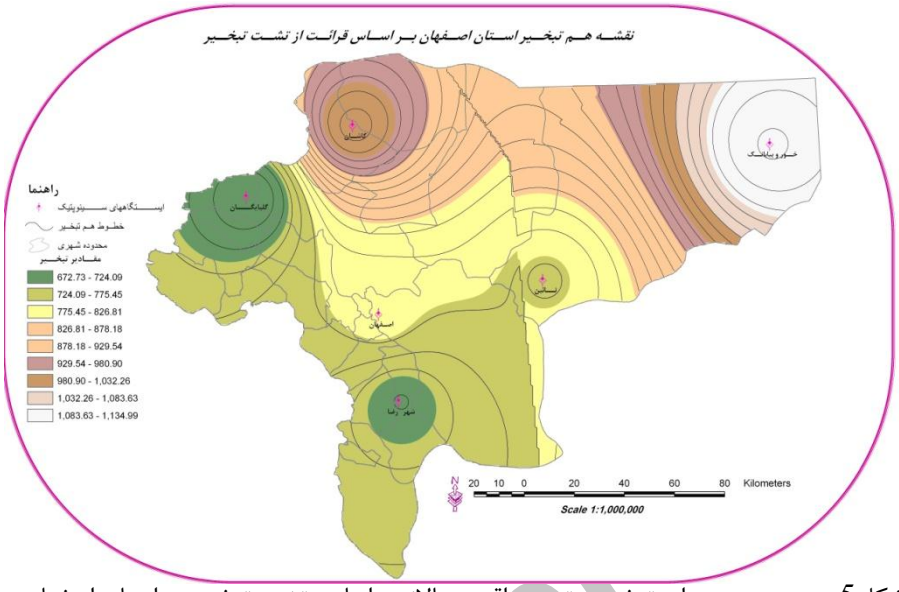
www.SID.ir

5.بحث و نتیجه‌گیری

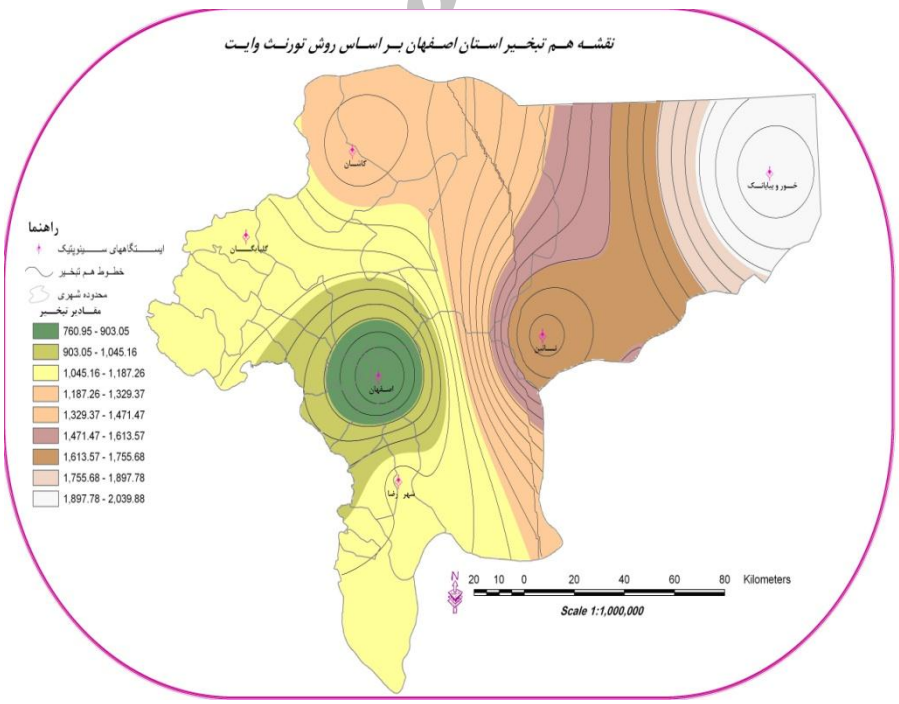
بررسی شرایط اقلیمی و به ویژه خشکی و خشکسالی‌ها و تعیین نیاز آبی با توجه به تبخیر و تعرق پتانسیل در نواحی بیابانی و نیمه بیابانی که هنوز هم از سیستم آبیاری سنتی برخوردارند، از نقطه نظرات مختلف دارای اهمیت فراوانی است. با توجه به این که از نظر اقلیم شناسی، مرزی که مناطق خشک را از مناطق مرطوب جدا می‌کند، خطی است که میزان بارندگی سالانه، برابر تبخیر و تعرق باشد و نیز میزان تبخیر و تعرق به طور طبیعی تا حدود زیادی تابعی از دما در هر ناحیه است، از این رو محاسبه این عناصر در تعیین شرایط خشکی، شدت، مدت و همچنین بیلان آبی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در منطقه اصفهان به طور کلی و تحت شرایط طبیعی، در دوره گرم سال در نتیجه کمبود بیش از اندازه رطوبت در مقابل افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل، کمبود آب و در نتیجه نیاز شدید آبی در منطقه قابل ملاحظه است. نتایج حاصله نشان داد که، کمترین میزان تبخیر و تعرق بر اساس تشت تبخیر در سطح استان، مربوط به ماه ژانویه بوده در حالی که بشترین آن در ماه ژوئیه رخ می‌دهد؛ به طوری که بیشینه تبخیر و تعرق در ایستگاه خور و بیابانک با مقدار 322 میلیمتر در ماه ژوئیه و کمینه آن با مقدار 15 میلیمتر در ماه ژانویه در ایستگاه اصفهان اتفاق می‌افتد. و نیز با از بین روشهای بکار رفته در این تحقیق، مشخص گردید که محاسبه تبخیر و تعرق از روش بلانی کریدل بسیار نزدیک به اندازه گیری مستقیم(تشتک) می‌باشد که می‌توان آن را بهترین شاخص برای اندازه گیری و بررسی تبخیر و تعرق پتانسیل و نیاز آبی گیاه در منطقه در نظر گرفت. همچنین نتایج حاصل از پهنه بندی نشان داد که کمترین تبخیر وتعرق واقعی و پتانسیل در سطح استان اصفهان عمدتاً در بخش‌های جنوبی و غربی رخ می‌دهد در حالی که با نزدیک شدن به سمت شرق استان (ایستگاه خور بیابانک)، به دلایلی از جمله نزدیک شدن به دشت کویر و خشکی هر چه بیشتر هوا، تبخیر و تعرق به اوج خود می‌رسد. در نهایت با توجه به مقادیر بارش و مقایسه آنها به این نتیجه مهم می‌رسیم که در کل ماه‌های سال تبخیر وتعرق پتانسیل بالاتر از بارندگی است و این نسبت در فصل سرد کاهش یافته و در فصل خشک و گرم تشدید می‌شود که خود نشانه کمبود آب و نیاز آبی بالای گیاهان در منطقه است.

Archive of SID

www.SID.ir

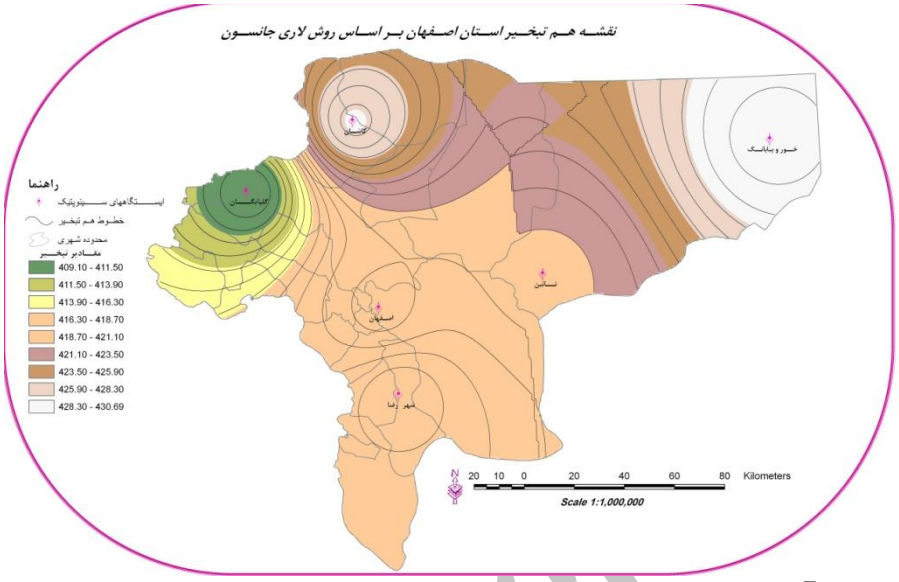


شکل5. پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق واقعی سالانه براساس تشت تبخیر در استان اصفهان

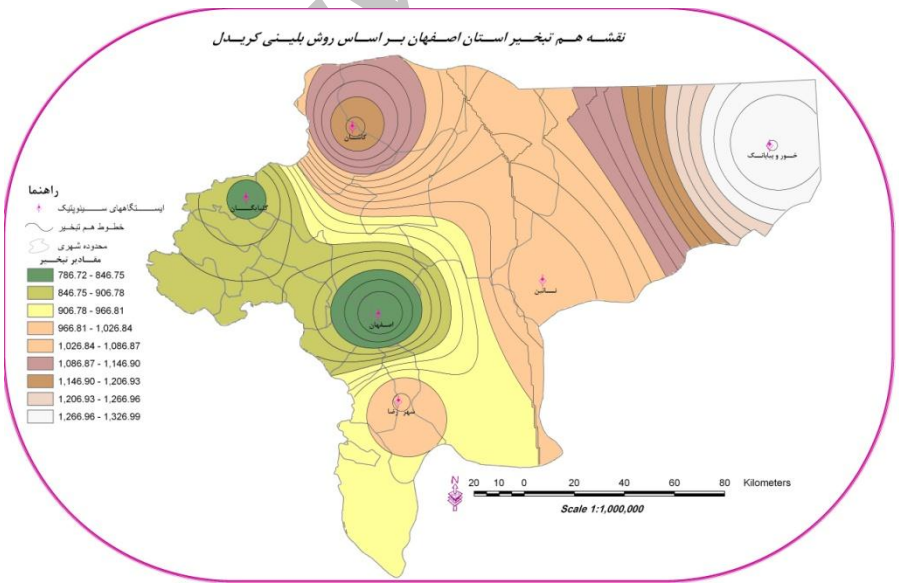


شکل6. پهنه بندی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه به روش تورنث وایت در استان اصفهان

www.SID.ir



شکل7. پهنه‌بندی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه به روش لاری جانسون دراستان اصفهان



شکل8. پهنه‌بندی میزان تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه به روش بلینی-کریدل دراستان اصفهان

www.SID.ir

6.منابع

1. اشپیگل، ام، آر(1372)، **نظریه‌ها و مسائل آماری**، ترجمه پرویز نیساری، حمیده اسدی، انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول.
2. بارگاهی، خ‌ک و موسوی، س‌ع‌ا(1385)، **تأثیر سطوح ایستایی کم عمق و شوری آب زیر زمینی بر کمک آب زیر زمینی بر کمک آب زیر زمینی به تبخیر و تعرق گلرنگ در گلخانه**، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره3.
3. تامپسون، ر(1382)، **فرآیندها و سیستم های جوی**، ترجمه حسین محمدی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول ، ص88.
4. جعفرپور،ا(1380)، **مبانی اقلیم شناسی**، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم.
5. خوش اخلاق، ف(1387)، جزوه درسی هیدرولوژی **آبهای سطحی ایران**، دروس کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا.
6. رامشت، مح(1384)، **جغرافیای خاک‌ها**، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ دوم.
7. سپاسخواه، ع، ر(1380)، **راهکارهای دیگر در مدیریت مزرعه برای مقابله با خشکسالی**، چکیده سیمینارها، ارایه شده در سیمینارهای اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.
8. شاهکویی، ا(1378)، بررسی تبخیر و ارزیابی میزان آن در شرق دریای خزر، نشریه علمی فنی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (سپهر)، شمارهٔ 31.
9. علیجانی، ب و کاویانی، م‌ر(1384)، **مبانی آب و هواشناسی**، انتشارات سمت، چاپ یازدهم.
10. علیزاده، ا(1386)، **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه امام رضا، چاپ بیست و دوم.
11. فرهودی، ر و شمسی پور، ع (1379)، **برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل منطقهٔ بلوچستان جنوبی**، پژوهشهای جغرافیایی، شمارهٔ 39.
12. محمدی، ح (1385)، **آب و هواشناسی کاربردی**، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
13. مک کوی، ج و جانستون، ک(1385)، **آموزش نرم افزار ARC GIS**(اسپشیال آنالیست)، ترجمه محمد میر محمد صادقی، انتشارات فرات، چاپ اول.
14. مهدوی، م(1384)، **هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول،
15. نوربخش، م(1376)، **برآورد تبخیر پتانسیل از طریق رگرسیون چند متغیره**، نشریه علمی فنی سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح (سپهر)، شمارهٔ 24.

16.Penman, H. L. (1959), a "Estimating Evaporation" Transpiration, American Geophysical Union, p115.
17.Thornthwaite, C. W. and J. R. Mather (1957); "Instructions and Tables for Computing Potential Evaportanspiration and the Water Balance," Publication in Climatology; Vol. 10, No. 3, pp 97-98. U. S. A, DREXEL Institute of Technology.

Archive of SID

www.SID.ir