Archive of SID

فصلنامه علمی-پژوهشی خشکبوم
سال اول – شماره ۱ – پاییز ۱۳۸۹

برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو-پنمن- مانتیث و پهنه‌بندی آن در استان یزد

نویسندگان:
۱- طاهره شرقی، دستیار علمی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور یزد
taherah_sharghi@Yahoo.com
۲- حسین بری ابرقویی، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور یزد
۳- محمد امین اسدی، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد
۴- محمد رضا کوثری، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد

دریافت : ۸۹/۴/۱۵
پذیرش : ۸۹/۹/۱۸

چکیده

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و با محدودیت شدید منابع آب مواجه است. تعیین تبخیر و تعرّق که یکی از اجزای اصلی چرخه هیدرولوژی می‌باشد. بسیاری از مطالعات از جمله توازن هیدرولوژیک آب، طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری، شبیه‌سازی میزان محصول و مدیریت منابع آب از اهمیت بالایی برخوردار است. در حال حاضر روش‌های گوناگونی برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع وجود دارد. بر اساس نتایج مطالعات انجام شده در مناطق مختلف، پس از دستگاه‌های لایسیمتر وزنی، روش فائو- پنمن- مانتیث، هم در شرایط آب و هوایی خشک و هم در شرایط آب و هوایی مرطوب، به عنوان دقیق‌ترین روش معرفی شده است. در این مطالعه تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث در ۲۹ ایستگاه کلیماتولوژی و سینوپتیک انتخاب شده در استان یزد محاسبه شد. سپس با برقراری ارتباط بین پارامتر تبخیر و تعرق با ارتفاع و همچنین روش عکس مجذور فاصله نقشه‌های مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در سطح استان پهنه‌بندی گردید. نشان داد که مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان از شدت تبخیر و تعرق بیشتری نسبت به مناطق شمالی و شرقی برخوردار هستند.

واژگان کلیدی: تبخیر و تعرق گیاه مرجع، فائو- پنمن- مانتیث، پهنه‌بندی، استان یزد

مقدمه

تبخیر و تعرق پتانسیل یکی از عناصر مهم چرخه هیدرولوژی است که نقش مهمی را در مطالعات کشاورزی، طرح‌های مدیریت منابع آب، طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی و سازه‌های آبی، بازی می‌کند (Snyder et al., 2005; Lopez-Urrea et al., 2006; Gundekar et al. 2008). یکی از راه‌های کاهش تلفات آب در مزارع، برنامه‌ریزی صحیح آبیاری می‌باشد که اساس آن، برآورد دقیق نیاز آبی گیاهان و در نتیجه تبخیر و تعرق گیاه مرجع می باشد. مطالعه و بررسی تبخیر و تعرّق گیاه مرجع برای ارائه الگوی کشت مناسب و بهینه‌سازی استفاده از منابع آب موجود در دوره‌های آتی ضروری است (گل کار حمزیی یزد و همکاران، ۱۳۸۶ ه. ش.). بر اساس استاندارد فائو، تبخیر و تعرق گیاه مرجع عبارت است از میزان آبی که یک مزرعه پوشیده از گیاه مرجع (مانند چمن) در یک دوره زمانی مشخص مصرف نماید به طوری که گیاهان این مزرعه در طول دوره رشد با کمبود آب مواجه نشوند (شریفان و همکاران، ۱۳۸۴ ه. ش.). در بیشتر روش‌هایی که برای تعیین میزان تبخیر و تعرق ارائه شده، ابتدا مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن تبخیر و تعرّق

www.SID.ir

Archive of SID

گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۳).

رشته کوه‌های البرز و زاگرس نقش بسیار مهمی در پراکنش ناهمگون زمانی و مکانی بارندگی در کل کشور ایفا می‌کنند. این رشته کوه‌ها مانع از رسیدن توده‌های مرطوب به قسمت‌های داخلی کشور می‌شوند (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۴ هـ ش.). در نتیجه استان یزد که در مرکز ایران قرار دارد از خشک‌ترین مناطق کشور است و با کمبود شدید منابع آبی مواجه است. از این رو ضروری است تا با مدیریت کارآمد منابع آب و همچنین اولویت بندی مناطق مختلف از نظر خشکی، تا حد ممکن از بروز مشکلات جدی ناشی از کم آبی در استان جلوگیری شود.

یکی از معیارهایی که بیانگر میزان خشکی در مناطق مختلف است پارامتر تبخیر و تعرق می‌باشد. بنابراین در این مطالعه تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث برای ایستگاه‌های انتخاب شده محاسبه و میانگین آن در طول دوره آماری، برای نواحی مختلف استان تعیین شد. در پایان مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل برای سطح استان پهنه‌بندی گردید.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی

استان یزد در بین عرض جغرافیایی ۲۹ تا ۳۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ تا ۵۸ درجه شرقی قرار گرفته است. استان یزد با مساحت نزدیک به ۱۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع رتبه چهارم کشور را از نظر سطح دارا است.

آمار و اطلاعات

برای مطالعه و پهنه‌بندی تبخیر و تعرّق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو-پنمن- مانتیث، ابتدا آمار مورد نیاز از ایستگاه‌های موجود در سطح استان یزد تهیه شد. سپس با در نظر گرفتن معیارهای مختلف در انتخاب ایستگاه‌ها از جمله نبود خلاء آماری، طول مدت آمار، پراکنش مناسب در استان، تعداد ۲۹ ایستگاه هواشناسی انتخاب شد. با بازسازی و تطویل آمار برخی از ایستگاه‌ها، دوره آماری مشترک ۱۳ساله (۱۳۸۷-۱۳۷۵ هـ ش.) در نظر گرفته شد (جدول ۱). شکل ۱ نشان دهندهٔ نقشهٔ پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده می‌باشد. با شرایط موجود در منطقه معمولاً با افزایش طول دوره مشترک آماری، تعداد کمتری از این ایستگاه‌ها در تولید نقشهٔ نهایی وارد می شوند. برای بازسازی آمار ایستگاه‌های ناقص از روش نسبت نرمال استفاده شد.

محاسبه تبخیر و تعرّق پتانسیل به روش فائو-پنمن- مانتیث

روش‌های مختلفی برای محاسبهٔ تبخیر و تعرّق گیاه مرجع پیشنهاد شده است که هر کدام از نظر داده‌های مورد نیاز تا حدودی با یکدیگر تفاوت دارند. فائو در سال ۱۹۹۸ (نشریه ۵۶)، روش فائو- پنمن- مانتیث را به عنوان روش استاندارد برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع معرفی نمود (حیدرپور و همکاران، ۱۳۸۶ هـ ش.).

در این مطالعه به منظور برآورد مقدار تبخیر و تعرّق گیاه مرجع به روش فائو- پنمن- مانتیث از رابطه زیر استفاده شده است:

$$ET_o = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + \gamma\left[890/(T+273)\right]U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,U_2)} \quad (1)$$

که در آن:

ET_o: تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/day)

R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}\,d^{-1}$)

T: میانگین دمای هوا (^oC)

U_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

$e_a - e_d$: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)

Δ = شیب منحنی فشار بخار ($KPa\ ^oC^{-1}$)

γ = ضریب رطوبتی ($KPa\ ^oC^{-1}$)

G = شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}\,d^{-1}$) می‌باشد.

بر مبنای اطلاعات اقلیمی تهیه شده و با استفاده از رابطه فوق، مقادیر سالانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در هر یک از ایستگاه‌ها برآورد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات ایستگاه های انتخاب شده جهت بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع در استان یزد

ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (m)
ابرکوه	۳۱° ۱۳´	۵۳° ۲۸´	۱۵۰۶
بافق	۳۱° ۳۶´	۵۵° ۲۶´	۹۹۰
رباط پشت بادام	۳۲° ۰۱´	۵۵° ۳۳´	۱۱۸۸
طبس	۳۳° ۳۶´	۵۶° ۵۵´	۷۱۱
عقدا	۳۲° ۲۶´	۵۳° ۳۷´	۱۱۳۸
گاریز	۳۱° ۱۸´	۵۳° ۲۸´	۲۴۲۰
مروست	۳۰° ۰۳´	۵۴° ۱۵´	۱۵۴۷
مهریز	۳۱° ۵۷´	۵۴° ۴۸´	۱۵۲۰
میبد	۳۲° ۲۳´	۵۴° ۰۱´	۱۱۰۸
هرات	۳۰° ۰۵´	۵۴° ۰۴´	۱۶۰۰
یزد	۳۱° ۵۳´	۵۴° ۱۷´	۱۲۳۰
ابراهیم آباد	۳۱° ۳۹´	۵۴° ۰۲´	۱۶۱۲
اردکان	۳۲° ۱۹´	۵۴° ۰۱´	۱۰۵۰
اسفندآباد	۳۱° ۰۲´	۵۳° ۳۵´	۱۴۸۱
اشکذر	۳۱° ۹۹´	۵۴° ۰۲´	۱۱۶۹
بهاباد	۳۱° ۵۱´	۵۶° ۰۳´	۱۴۳۴
بهادران	۳۱° ۳۲´	۵۴° ۹۲´	۱۴۶۰
چادرملو	۳۲° ۱۷´	۵۵° ۳۰´	۱۳۸۳
چاه افضل	۳۱° ۳۱´	۵۳° ۵۲´	۹۸۹
ندوشن	۳۲° ۰۲´	۵۳° ۳۳´	۱۹۹۵
خضرآباد	۳۱° ۰۵´	۵۳° ۵۷´	۱۶۵۱
نصرآباد	۳۱° ۴۷´	۵۳° ۵۲´	۲۲۶۴
نیر	۳۱° ۴۸´	۵۴° ۱۱´	۲۴۷۰
معدن پرورده	۳۲° ۵۶´	۵۷° ۰۲´	۶۳۷
تنگ چنار	۳۱° ۲۴´	۵۴° ۱۹´	۲۵۵۰
عشق‌آباد	۳۴° ۲۲´	۵۶° ۵۶´	۷۷۲
سبزدشت	۳۱° ۳۲´	۵۵° ۵۵´	۱۸۷۴
علی‌آباد	۳۱° ۳۹´	۵۳° ۵۰´	۲۳۷۰
دیهوک	۳۳° ۱۷´	۵۷° ۱۳´	۱۳۴۸

تهیه نقشه های پهنه‌بندی تبخیر و تعرق پتانسیل

روش‌های گوناگونی برای پهنه‌بندی بر اساس نقاط دارای اطلاعات یک مؤلفه مشخص ارائه شده است که اغلب بر مبنای درون‌یابی‌اند. هدف از این روش‌ها تعمیم اطلاعات حاصل از نقاط یا خطوط به سطح است. در این مطالعه از دو روش برقراری ارتباط بین پارامتر تبخیر و تعرّق با ارتفاع و همچنین روش مبتنی بر زمین آمار، نقشه پهنه‌بندی تبخیر و تعرق استان یزد تهیه گردید.

یکی از مهمترین روش‌های درون‌یابی، برقراری ارتباط بین پارامتر مورد نظر (تبخیر و تعرّق گیاه مرجع) به عنوان یک متغیر وابسته با یک متغیر مستقل مانند ارتفاع است. البتّه شرط آن داشتن حدّاقل ارتباط و همبستگی معنی‌دار آماری است. در صورت معنی‌دار بودن رابطه بین این پارامترها، بر مبنای متغیر مستقل که در اینجا ارتفاع است، و همچنین با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM)، می‌توان مقادیر تبخیر و تعرّق را در سایر نقاط استان نیز تهیه نمود. در این مطالعه بر مبنای رابطهٔ بین ارتفاع و تبخیر و تعرق، و معنی‌دار بودن رابطه بین آن‌ها در سطح ۱٪ (بر مبنای ضریب همبستگی (R=0.55) در جدول فیشر و با درجه آزادی ۲۶) یک رابطه نمایی بین پارامتر ارتفاع و تبخیر و تعرق گیاه مرجع به دست آمد.

بر مبنای روش‌های زمین‌آمار نیز می‌توان به درون‌یابی بین نقاط و پهنه‌بندی پرداخت. از رایج ترین این روش‌ها می‌توان به روش کریجینگ و کوکریجینگ اشاره نمود.

البتّه یکی از مهمترین شرط‌های استفاده از این روش‌ها، نرمال بودن داده‌های ورودی است. بررسی ظاهری بر مبنای هیستوگرام و همچنین نمودارهای Normal Q_Qplot داده‌های تبخیر و تعرق گیاه مرجع نشان دهنده نرمال نبودن این داده‌ها می‌باشد. با لگاریتم گرفتن و همچنین اعمال تابع Box–Cox نیز داده‌ها حالت نرمال را از خود نشان ندادند. لذا برای اعمال روش درون‌یابی، از روش عکس مجذور فاصله یا IDW (Inverse Distance Wighting) استفاده گردید.

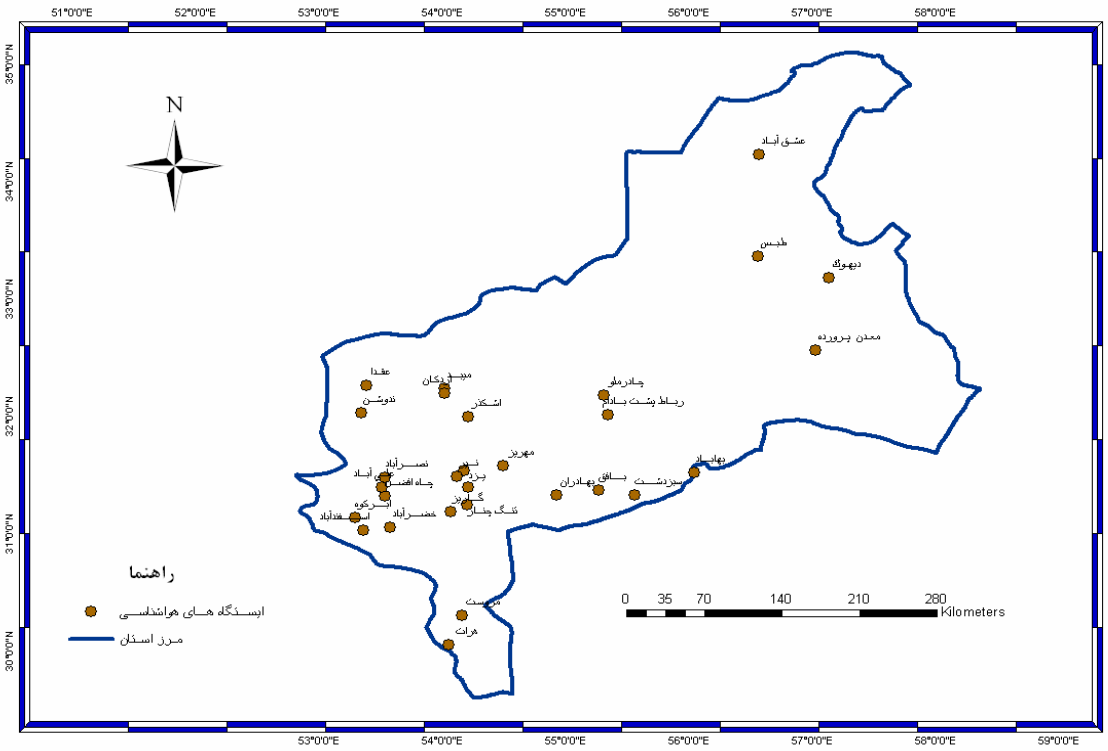
نتایج

برای بررسی شرایط تبخیر و تعرق در استان یزد، مقادیر متوسط سالانه تبخیر و تعرّق گیاه مرجع در ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۷تهیه شده است (جدول ۲).

بر مبنای عدد رقومی (DN) پیکسل‌های تولید شده برای متوسّط سالانه تبخیر و تعرّق گیاه مرجع در استان یزد به دو روش درون‌یابی از طریق برقراری رابطه نمایی بین ارتفاع و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع و همچنین استفاده از روش عکس فاصله (IDW)، متوسط تبخیر و تعرّق گیاه مرجع استان یزد به ترتیب ۱۷۰۴/۳ و ۱۵۴۰/۳ میلیمتر برآورد گردید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱. نقشه پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده برای تهیه نقشه هم تبخیر و تعرق مرجع استان یزد

شکل های ۳ و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده خطوط هم ارزش مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع استان یزد به دو روش برقراری رابطه نمایی بین ارتفاع و تبخیر و تعرّق پتانسیل گیاه مرجع و همچنین استفاده از روش عکس فاصله است. همچنین جدول ۳ مقادیر برآورد شده توسط دو روش درون‌یابی مورد استفاده و مقادیر واقعی (مقادیر محاسبه شده در هر یک از ایستگاه ها) و همچنین خطای برآورد دو روش درون‌یابی را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

بیش از ۷۲٪ از منابع آبی کشور از طریق تبخیر و تعرّق از دسترس خارج می‌گردد. این امر نشان‌دهندهٔ اهمیت توجّه بیشتر به مسأله تبخیر و تعرّق در کشور است. این در حالی است که در مناطق کویری و خشک کشور شرایط بیشتری برای تبخیر و تعرّق فراهم است. دمای زیاد، کمبود رطوبت نسبی، بادهای گرم، تابش قابل توجه خورشید و طول ساعات آفتابی و همچنین تعداد کم روزهای ابری همه از مسائلی است که تبخیر و تعرق را در این مناطق افزایش می‌دهد.

به منظور تهیه نقشه‌های هم تبخیر و تعرق پتانسیل از دو روش برقراری ارتباط بین پارامتر تبخیر و تعرق با ارتفاع و همچنین روش عکس مجذور فاصله یا IDW استفاده شد و سپس بر اساس شاخص RMSE، مناسب‌ترین روش درون‌یابی تهیه نقشه انتخاب گردید. مقدار این شاخص برای روش میانیابی از طریق برقراری رابطه بین ارتفاع و مقدار متوسط تبخیر و تعرق سالانه گیاه مرجع استان یزد و روش IDW، به ترتیب ۶۵/۹ و ۳۵/۴ میلیمتر محاسبه گردید که نشان‌دهندهٔ دقّت بیشتر روش عکس مجذور فاصله در میانیابی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در استان یزد بوده است.

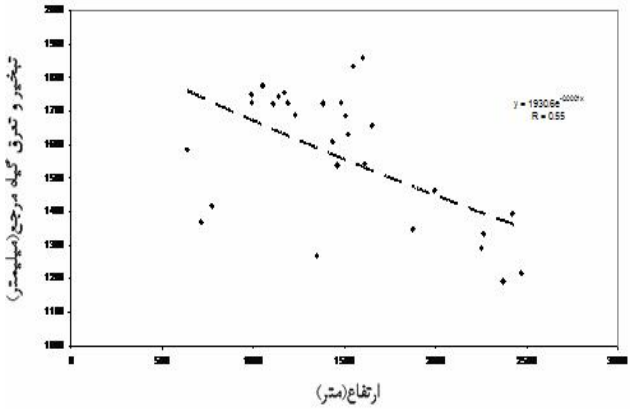
نقشه‌های پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرّق گیاه مرجع نشان می‌دهد که میزان تبخیر و تعرّق در مناطق مختلف استان متفاوت می‌باشد. البتّه تجزیه و تحلیل این حالت نیاز به تحقیق و مطالعهٔ بیشتری دارد. زیرا اثر متقابل عوامل اقلیمی مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، تشعشع، نوع و مرحله رشد گیاه، و عوامل دیگر سبب می‌گردد تا تبخیر و تعرّق به صورت پدیده‌ای غیرخطی و پیچیده نمایان گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. مقادیر متوسط سالانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایستگاه‌های مورد بررسی

نام ایستگاه	متوسط تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/year)	نام ایستگاه	متوسط تبخیر و تعرق گیاه مرجع (mm/year)
ابرکوه	۱۶۸۶/۷	بهاباد	۱۶۰۹/۹
بافق	۱۷۲۵/۶	بهادران	۱۵۳۸/۷
رباط پشت بادام	۱۷۲۴/۱	چادرملو	۱۷۲۲/۸
طبس	۱۳۶۸/۹	چاه افضل	۱۷۴۸/۹
عقدا	۱۷۴۴/۶	ندوشن	۱۴۶۳/۹
گاریز	۱۳۹۴/۷	خضرآباد	۱۶۵۸/۱
مروست	۱۸۳۴/۹	نصرآباد	۱۳۳۴/۱
مهریز	۱۶۳۰/۷	نیر	۱۲۱۶/۵
میبد	۱۷۲۱/۶	معدن پرورده	۱۵۸۵/۸
هرات	۱۸۶۰/۹	تنگ چنار	۱۲۹۲/۳
یزد	۱۶۸۹/۱	عشق آباد	۱۴۱۸/۷
ابراهیم آباد	۱۵۴۳/۶	سبزدشت	۱۳۴۷/۷
اردکان	۱۷۷۶/۹	علی آباد	۱۱۹۲/۹
اسفندآباد	۱۷۲۶/۴	دیهوک	۱۲۶۷/۸
اشکذر	۱۷۵۵/۵		



شکل ۲. رابطه نمایی بین پارامتر ارتفاع ایستگاه هواشناسی و تبخیر و تعرق متوسط سالانه گیاه مرجع

در رابطه با نقشه‌های پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع، مشخص گردید که مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان، شدت تبخیر و تعرق بیشتری نسبت به مناطق شمالی و شرقی دارند. بنابراین تبخیر و تعرق بالا و در نتیجه خشکی بیشتر، جزئی از ذات این مناطق است. اما از طرف دیگر باید در نظر داشت که اکوسیستم‌های چنین مناطقی به شدت شکننده می‌باشند و عواملی نظیر تخریب اراضی و تغییر نادرست کاربری آنها، چرای بیش از حد، برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی و در کنار آن عوامل مربوط به گرمایش جهانی و تغییر اقلیم و همچنین خشکسالی‌های مخرّب، به طور گسترده‌ای اکوسیستم‌های چنین مناطقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا پایش مداوم شرایط اکوسیستم‌های مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان، توصیه می‌گردد. نقشه های تولید شده می‌تواند در زمینه مکان‌یابی بسیاری از طرح‌های کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین عمرانی در استان یزد به عنوان یکی از نقشه‌های پایه و مهم مورد توجه قرار گیرد.

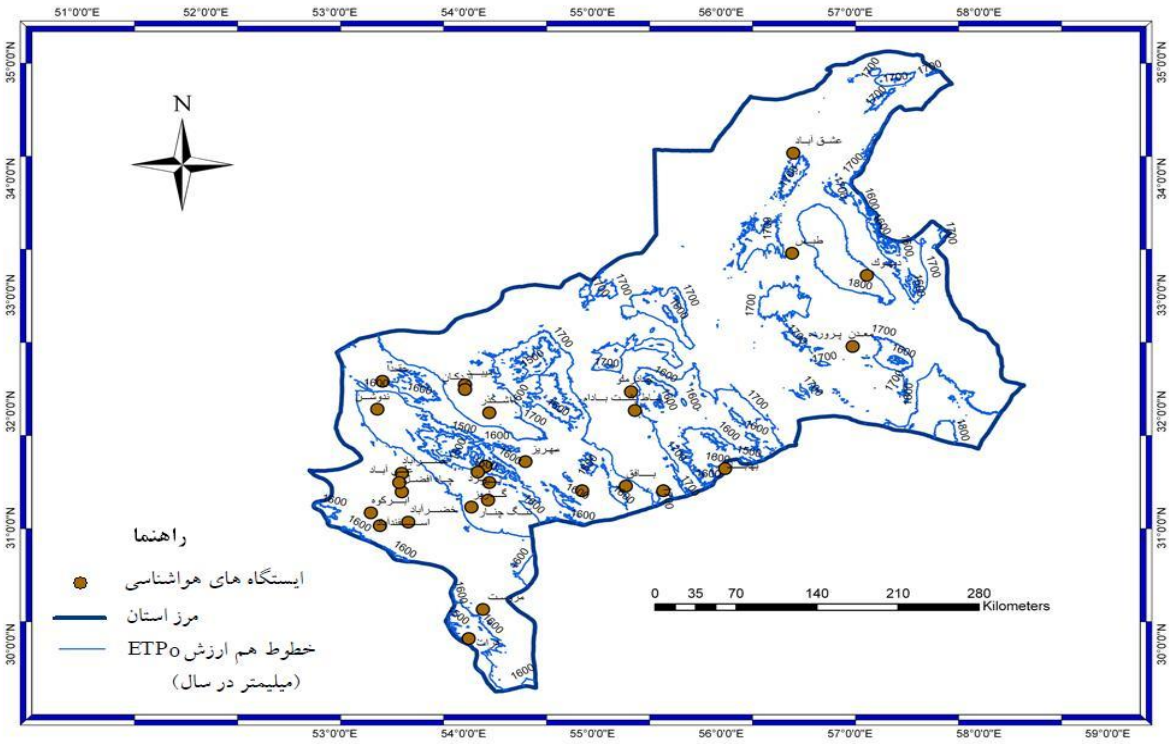
تعیین مناطق در معرض تبخیر و تعرق شدید در استان یزد، نتیجه ارزشمندی است که امید است در آینده مطالعات بیشتری در این زمینه صورت پذیرد تا با برخورد هر چه منطقی‌تر با این پدیده، از اثرات مضر آن در مناطق خشکی نظیر استان یزد کاسته شود.

سپاسگزاری

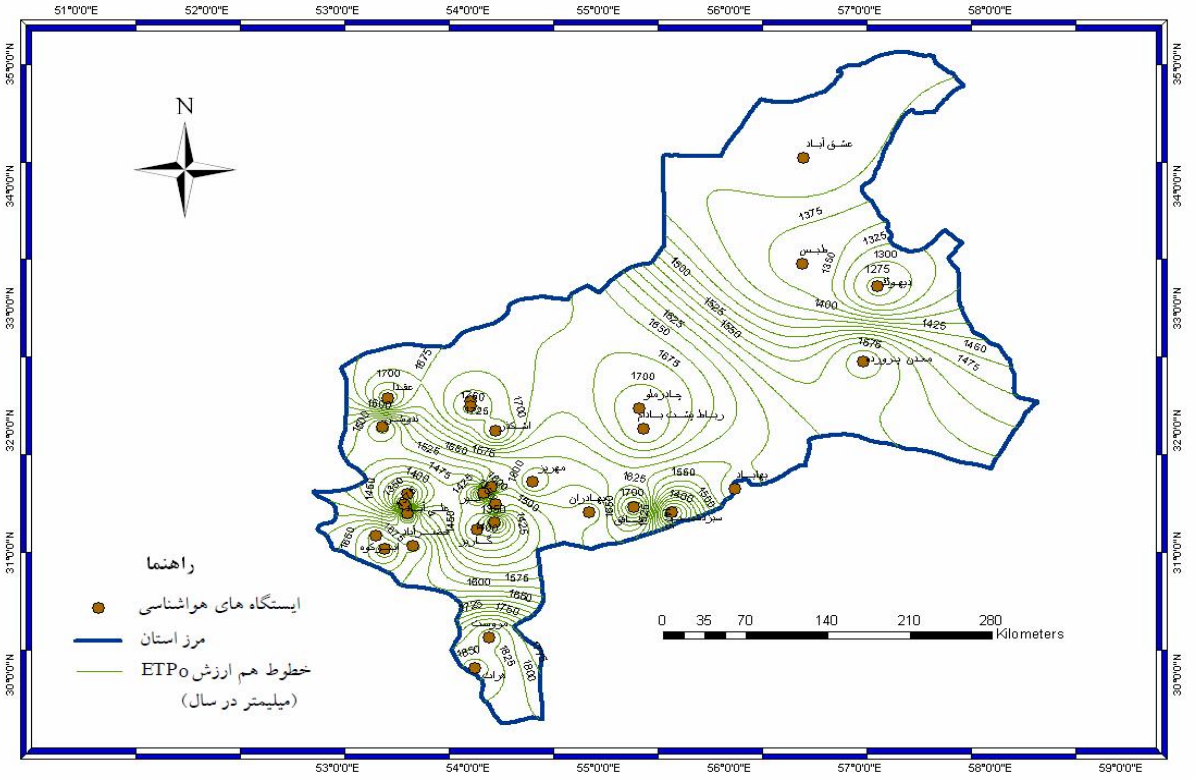
این تحقیق با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه پیام نور یزد انجام شده است. همچنین نویسندگان از سازمان هواشناسی یزد، کمال تشکر را دارند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط در استان یزد بر مبنای روش برقراری رابطه نمایی بین ارتفاع و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع



شکل ۴. نقشه پهنه‌بندی تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط در استان یزد بر مبنای روش عکس فاصله (IDW)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. جدول مقادیر برآورد شده و واقعی (بر حسب میلیمتر در سال) و همچنین خطای برآورد دو روش میانیابی مورد بررسی

نام ایستگاه	روش عکس فاصله			رابطه نمایی بین ارتفاع و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع		
	خطا	مقادیر پیش‌بینی شده	مقادیر واقعی	خطا	مقادیر پیش‌بینی شده	مقادیر واقعی
ابرکوه	-۲۶/۴۳	۱۶۶۰/۳۵	۱۶۸۶/۷۹	-۵۰/۷۹	۱۶۳۶/۰۰	۱۶۸۶/۷۹
بافق	-۷۵/۳۷	۱۶۵۱/۰۸	۱۷۲۶/۴۵	-۹۶/۴۵	۱۶۳۶/۰۰	۱۷۲۶/۴۵
رباط پشت‌بادام	۲۶۴/۰۳	۱۷۲۷/۹۴	۱۴۶۳/۹۲	۱۷۸/۳۵	۱۶۴۲/۲۶	۱۴۶۳/۹۲
طبس	۱۱/۳۶	۱۷۵۵/۹۹	۱۷۴۴/۶۲	-۲۰۷/۳۰	۱۵۳۷/۳۲	۱۷۴۴/۶۲
عقدا	۴۴۱/۸۵	۱۶۳۴/۸۲	۱۱۹۲/۹۶	۳۵۶/۴۱	۱۵۴۹/۳۷	۱۱۹۲/۹۶
گاریز	-۱۸۲/۱۷	۱۵۶۶/۷۹	۱۷۴۸/۹۶	-۴۳۱/۸۵	۱۳۱۷/۱۱	۱۸۴۸/۹۶
مروست	۳۰۷/۷۲	۱۶۴۱/۸۶	۱۳۳۴/۱۴	۲۳/۶۸	۱۳۵۷/۸۲	۱۳۳۴/۱۴
مهریز	۱۳/۰۳	۱۶۷۱/۱۸	۱۶۵۸/۱۵	-۶۱/۱۹	۱۵۹۶/۹۶	۱۶۵۸/۱۵
میبد	-۱۳۱/۴۲	۱۷۲۹/۵۰	۱۸۶۰/۹۲	-۹۶/۹۶	۱۷۶۵/۹۵	۱۸۶۰/۹۲
هرات	-۲۲۱/۵۰	۱۵۵۵/۴۰	۱۷۷۶/۹۰	-۵۹/۹۸	۱۷۱۶/۹۲	۱۷۷۶/۹۰
یزد	-۲۶۶/۳۳	۱۴۵۵/۳۳	۱۷۲۱/۶۶	۴۸/۲۷	۱۷۶۹/۹۴	۱۷۲۱/۶۶
ابراهیم آباد	۱۵۹/۶۱	۱۵۵۴/۳۱	۱۳۹۴/۷۰	۲۲/۸۴	۱۴۱۷/۵۴	۱۳۹۴/۷۰
اردکان	۵۰۹/۳۳	۱۷۲۵/۸۷	۱۲۱۶/۵۳	۴۰۲/۰۶	۱۶۱۸/۵۹	۱۲۱۶/۵۳
اسفندآباد	۱۷۱/۴۴	۱۶۶۴/۵۱	۱۸۳۴/۹۵	-۹۷/۶۴	۱۷۳۷/۳۱	۱۸۳۴/۹۵
اشکذر	۲۷/۷۸	۱۷۱۶/۹۲	۱۶۸۹/۱۴	-۳۵۷/۹۵	۱۳۳۱/۱۹	۱۶۸۹/۱۴
بهاباد	۱۴۱/۲	۱۲۹۲/۳۳	۱۲۹۲/۳۳	۱۸۴/۰۷	۱۴۷۶/۴۰	۱۲۹۲/۳۳
بهادران	۱۲۵/۰۴	۱۶۶۸/۶۸	۱۵۴۳/۶۳	-۱۲۶/۱۲	۱۴۱۷/۵۱	۱۵۴۳/۶۳
چادرملو	-۲۷/۸۱	۱۷۲۷/۷۷	۱۷۵۵/۵۸	-۱۲۰/۹۶	۱۶۳۴/۶۱	۱۷۵۵/۵۸
چاه افضل	۳۳/۱۴	۱۶۶۳/۸۴	۱۶۳۰/۷۱	-۹۹/۷۵	۱۵۳۰/۹۶	۱۶۳۰/۷۱
ندوشن	۱۸/۸۰	۱۵۵۷/۵۸	۱۵۳۵/۷۸	۵۲/۵۵	۱۵۹۱/۳۳	۱۵۳۸/۷۸
خضرآباد	-۵۷/۱۵	۱۶۶۸/۵۱	۱۷۲۵/۶۶	-۲۳۹/۷۴	۱۴۸۵/۹۲	۱۷۲۵/۶۶
نصرآباد	-۷۴/۳۵	۱۶۴۸/۴۴	۱۷۲۲/۸۰	-۲۷/۱۲	۱۶۹۵/۶۷	۱۷۲۲/۸۰
نیر	-۲۱۴/۷۰	۱۵۰۹/۴۳	۱۷۲۴/۱۲	-۳۸/۲۰	۱۶۸۵/۹۲	۱۷۲۴/۱۲
معدن پرورده	۳۹۵/۶۴	۱۷۴۳/۳۹	۱۳۴۷/۷۵	۳۱۶/۳۷	۱۶۶۴/۱۲	۱۳۴۷/۷۵
تنگ‌چنار	-۳۶/۶۹	۱۵۷۳/۲۳	۱۶۰۹/۹۲	-۷۷/۸۲	۱۵۳۲/۱۰	۱۶۰۹/۹۲
عشق آباد	۳۷۰/۹۵	۱۷۳۹/۹۱	۱۳۶۸/۹۶	-۰/۵۷	۱۳۶۸/۳۹	۱۳۶۸/۹۶
سبزدشت	۲۸۲/۱۱	۱۷۰۰/۸۵	۱۶۱۸/۷۴	-۶۸/۴۲	۱۳۵۰/۳۲	۱۴۱۸/۷۴
علی‌آباد	۶۴/۶۱	۱۶۵۰/۴۲	۱۵۸۵/۸۲	-۲۳۲/۵۷	۱۳۵۳/۲۵	۱۵۸۵/۸۲
دیهوک	۵۴۵/۳۹	۱۸۱۳/۲۷	۱۲۶۷/۸۸	۱۹۰/۹۴	۱۴۵۸/۸۳	۱۲۶۷/۸۸

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

حیدرپور، منوچهر، سیدفرهاد موسوی و سیدابراهیم هاشمی، (۱۳۸۶ ه ش.). واسنجی معادله پنمن مانتیث برای برآورد تشعشع خالص در منطقه اصفهان. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۱ (۲) :۱۸۰-۱۷۱.

رضیئی، طیب، پیمان دانش کار آراسته و بهرام ثقفیان، (۱۳۸۴ ه ش.). بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران، آب و فاضلاب، ۱۶ (۲): ۸۱-۷۳.

شریفان، حسین، بیژن قهرمان، امین علیزاده و مجید میرلطیفی، (۱۳۸۴ ه ش.). ارزیابی روش‌های مختلف تشعشعی و رطوبتی جهت برآورد تبخیر و تعرق مرجع و اثرات خشکی هوا بر آن در استان گلستان، مجله علوم خاک و آب، ۱۹ (۲): ۲۹۰-۲۸۰.

علیزاده، امین، غلامعلی کمالی، محمدجواد خانجانی و محمدرضا رهنورد، (۱۳۸۳ ه ش.). ارزیابی روشهای برآورد تبخیر- تعرق در مناطق خشک ایران, فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۹ (۲): ۱۰۵-۹۷.

گل کار حمزیی یزد، حمید رضا، فریدون کاوه، بیژن قهرمان و ح. صدقی، (۱۳۸۶ ه ش.). بررسی روند تغییرات سری زمانی تبخیر- تعرق ماهیانه گیاه مرجع با استفاده از روش پیشنهادی فائو-پنمن- مانتیث، علوم کشاورزی، ۱۳ (۲): ۴۳۳-۴۱۷.

Gundekar, H. G., Khodke, U. M, & Sarkar, S. (2008). Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. Irrigation Science 26:169–175

Lopez-Urrea, R., Martín de Santa Olalla, F., Fabeiro, C. & Moratalla A. (2006). Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semi-arid climate. Agric Water Management 85:15–26

Snyder, R. L., Orang, M., Matyac S., & Grismer ME (2005). Simplified estimation of reference evapotranspiration from pan evaporation data in California. J Irrigation Drain Engineering 131(3):249–253.

www.SID.ir

Archive of SID

Arid Biom Scientific and Research Journal
Vol. 1 No. 1 2011

Estimation of reference evapotranspiration by FAO-Penman-Monteith method and its zonation in Yazd province

Researchers & writers:
1- T. Sharghi, Academic staff of Payame Noor University, Yazd, I. R. Iran
taherah_sharghi@Yahoo.com
2- H. Bari Abarghuei, Assistant professor of agriculture department, Payame Noor University, Yazd, I. R. Iran
3- M. A. Asadi, Department of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran
4- M. R. Kousari, Department of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran

Received: 6 Jul 2010
Accepted: 9 Dec 2010

Abstract

Iran is a part of the world's arid and semi-arid areas and encounters severe lack of water resources. Evapotranspiration is a major components of the hydrological cycle and its precise determination has a high importance in the studies of hydrological balance measurement, design and management of irrigation systems, product yield simulation and design and management of water resources. At present, there are various methods for calculating the reference evapotranspiration. As previous researches have shown that, after Lysimeter weight method, FAO-Penman-Monteith method is the most accurate one for the estimation of both dry and wet weather conditions. In this study, the amount of reference evapotranspiration was calculated, using FAO-Penman-Monteith method, in 29 selected synoptic and climatology stations of Yazd. Then, they were classified in two ways: firstly, through an establishment of the relationship between evapotranspiration parameters and the height, and secondly, through inverse distance weighting method or IDW. Finally, the variations in different land levels throughout the province were analyzed. Maps of reference evapotranspiration showed that the degree of evapotranspiration is higher in central, southern and some western areas of the province than in the northern and eastern areas.

Keywords: Yazd province, zonation, reference evapotranspiration, FAO-Penman-Monteith method.

www.SID.ir