

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

1- طاهره شرقی، دستیار علمی گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور یزد

[taherah\\_sharghi@yahoo.com](mailto:taherah_sharghi@yahoo.com)

2- حسین بری ابرقویی، استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور یزد

3- محمد امین اسدی، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد

4- محمد رضا کوثری، کارشناس ارشد آبخیزداری، دانشگاه یزد

دریافت: 1389/4/15

پذیرش: 1389/9/18

### چکیده

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و با محدودیت شدید منابع آب مواجه است. تعیین تبخیر و تعرق 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 29 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

استفاده از منابع آب موجود در دوره‌های آتی ضروری است (گل کار حمزایی یزد و همکاران، 1386 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، 1384 ه. ش.). در بیشتر روش‌هایی که برای تعیین میزان تبخیر و تعرق ارائه شده، ابتدا مقدار تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET<sub>o</sub>) تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن تبخیر و تعرق

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 می‌باشد. مطالعه و بررسی تبخیر و تعرق گیاه مرجع برای ارائه الگوی کشت مناسب و بهینه‌سازی

گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود (علیزاده و همکاران، 1383).

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 (رضیعی و همکاران، 1384 ه. 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-مانتیت 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 29 تا 35 درجه شمالی و طول جغرافیایی 52 تا 58 درجه شرقی قرار گرفته است. استان یزد با مساحت نزدیک به 130000 کیلومتر مربع رتبه چهارم کشور را از نظر سطح دارا است.

### آمار و اطلاعات

برای مطالعه و پهنه‌بندی تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیت، 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 29 ایستگاه هواشناسی انتخاب شد. با بازسازی و تطویل آمار برخی از ایستگاه‌ها، دوره آماری مشترک 13 ساله (1375-1387 ه. ش.) در نظر گرفته شد (جدول 1). شکل 1 نشان دهنده نقشه پراکنش ایستگاه-

های هواشناسی مورد استفاده می‌باشد. با شرایط موجود در منطقه معمولاً با افزایش طول دوره مشترک آماری، تعداد کمتری از این ایستگاه‌ها در تولید نقشه نهایی وارد می‌شوند. برای بازسازی آمار ایستگاه‌های ناقص از روش نسبت نرمال استفاده شد.

## محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش فائو-پنمن-مانتیت

روش‌های مختلفی برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع پیشنهاد شده است که هر کدام از نظر داده‌های مورد نیاز تا حدودی با یکدیگر تفاوت دارند. فائو در سال 1998 (نشریه 56)، روش فائو-پنمن-مانتیت را به عنوان روش استاندارد برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع معرفی نمود (حیدرپور و همکاران، 1386 ه. ش.).

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

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

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 ( $^{\circ}C$ )

$U_2$ : سرعت باد در ارتفاع 2 متری از سطح زمین ( $ms^{-1}$ )

$e_a - e_d$ : کمبود فشار بخار در ارتفاع 2 متری (KPa)

$\Delta$  = شیب منحنی فشار بخار ( $KPa^{\circ}C^{-1}$ )

$g$  = ضریب رطوبتی ( $KPa^{\circ}C^{-1}$ )

$G$  = 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.

جدول 1. 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)
ابركوه	31° 13'	53° 28'	1506
بافق	31° 36'	55° 26'	990
رباط پشت بادام	32° 01'	55° 33'	1188
طبس	33° 36'	56° 55'	711
عقدا	32° 26'	53° 37'	1138
گاريز	31° 18'	53° 28'	2420
مروست	30° 03'	54° 15'	1547
مهریز	31° 57'	54° 48'	1520
میبد	32° 23'	54° 01'	1108
هرات	30° 05'	54° 04'	1600
یزد	31° 53'	54° 17'	1230
ابراهیم آباد	31° 39'	54° 02'	1612
اردکان	32° 19'	54° 01'	1050
اسفندآباد	31° 02'	53° 35'	1481
اشكذر	31° 99'	54° 02'	1169
بهباد	31° 51'	56° 03'	1434
بهداران	31° 32'	54° 92'	1460
چادرمو	32° 17'	55° 30'	1383
چاه افضل	31° 31'	53° 52'	989
ندوشن	32° 02'	53° 33'	1995
خضرآباد	31° 05'	53° 57'	1651
نصرآباد	31° 47'	53° 52'	2264
نیر	31° 48'	54° 11'	2470
معدن پرورده	32° 56'	57° 02'	637
تنگ چنار	31° 24'	54° 19'	2550
عشق آباد	34° 22'	56° 56'	772
سبزدشت	31° 32'	55° 55'	1874
علی آباد	31° 39'	53° 50'	2370
دیپوک	33° 17'	57° 13'	1348

### 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 تعرق با ارتفاع و همچنین روش مبتنی بر زمین‌آمار، نقشه پهنه‌بندی تبخیر و تعرق استان یزد تهیه گردید.

یکی از مهمترین روش‌های درون‌یابی، برقراری ارتباط بین پارامتر مورد نظر (تبخیر و تعرق گیاه مرجع) به عنوان

یک متغیر وابسته با یک متغیر مستقل مانند ارتفاع است. البته شرط آن داشتن حداقل 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 تعرق را در سایر نقاط استان نیز تهیه نمود. در این مطالعه بر مبنای رابطه بین ارتفاع و تبخیر و تعرق، و معنی‌دار بودن رابطه بین آن‌ها در سطح 1% (بر مبنای ضریب همبستگی ( $R=0.55$ ) در جدول فیشر و با درجه آزادی 26) یک رابطه نمایی بین پارامتر ارتفاع و تبخیر و تعرق گیاه مرجع به دست آمد.

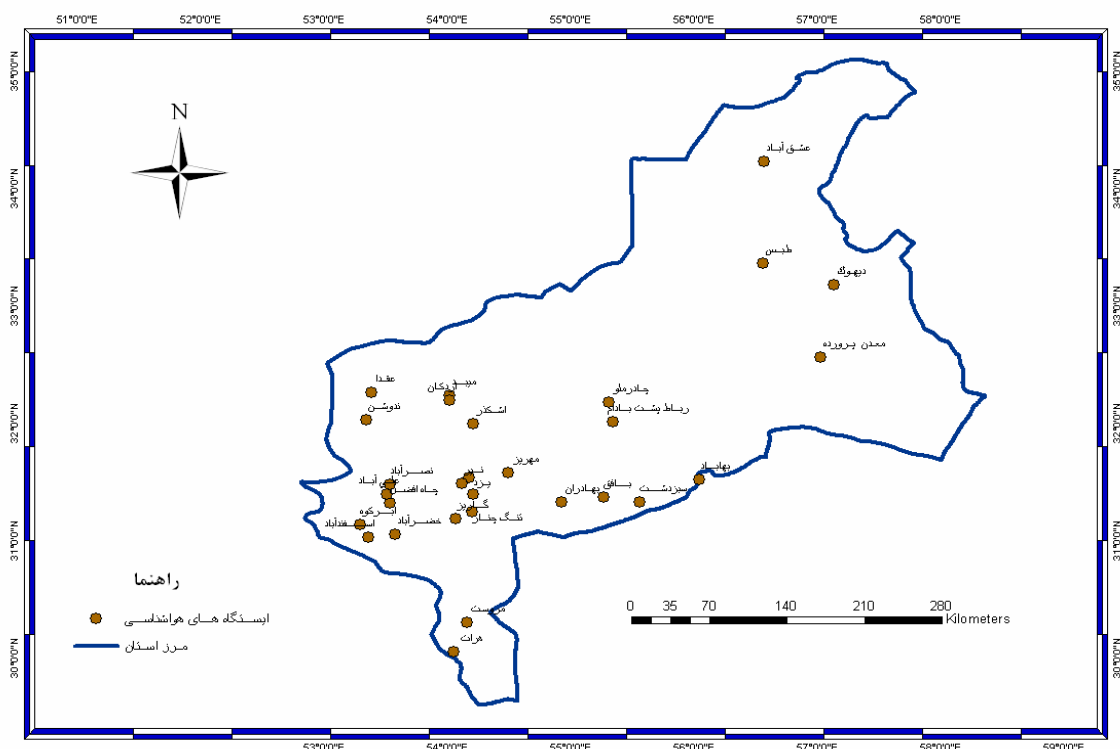
بر مبنای روش‌های زمین‌آمار نیز می‌توان به درون‌یابی بین نقاط و پهنه‌بندی پرداخت. از رایج‌ترین این روش‌ها می‌توان به روش کریجینگ و کوکریجینگ اشاره نمود.

البته یکی از مهمترین شرط‌های استفاده از این روش‌ها، نرمال بودن داده‌های ورودی است. بررسی ظاهری بر مبنای هیستوگرام و همچنین نمودارهای Normal Q-Q plot 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 (Inverse IDW) استفاده گردید.

### نتایج

برای بررسی شرایط تبخیر و تعرق در استان یزد، مقادیر متوسط سالانه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در ایستگاه‌های مورد بررسی در دوره آماری 1375 تا 1387 تهیه شده است (جدول 2).

بر مبنای عدد رقومی (DN) پیکسل‌های تولید شده برای متوسط سالانه تبخیر و تعرق 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 تعرق گیاه مرجع استان یزد به ترتیب 1704/3 و 1540/3 میلی‌متر برآورد گردید.



شکل 1. نقشه پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده برای تهیه نقشه هم تبخیر و تعرق مرجع استان یزد

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 میانجی از طریق برقراری رابطه بین ارتفاع و مقدار متوسط تبخیر و تعرق سالانه گیاه مرجع استان یزد و روش IDW، به ترتیب 65/9 و 35/4 میلیمتر محاسبه گردید که نشان‌دهنده دقت بیشتر روش عکس مجذور فاصله در میانجیایی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع در استان یزد بوده است.

نقشه‌های پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع نشان می‌دهد که میزان تبخیر و تعرق در مناطق مختلف استان متفاوت می‌باشد. البته تجزیه و تحلیل این حالت نیاز به تحقیق و مطالعه 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 تعرق به صورت پدیده‌ای غیرخطی و پیچیده نمایان گردد.

شکل‌های 3 و 4 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 تعرق پتانسیل گیاه مرجع و همچنین استفاده از روش عکس فاصله است. همچنین جدول 3 مقادیر برآورد شده توسط دو روش درون‌یابی مورد استفاده و مقادیر واقعی (مقادیر محاسبه شده در هر یک از ایستگاه‌ها) و همچنین خطای برآورد دو روش درون‌یابی را نشان می‌دهد.

### بحث و نتیجه‌گیری

بیش از 72% از منابع آبی کشور از طریق تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌گردد. این امر نشان‌دهنده اهمیت توجه بیشتر به مسأله تبخیر و تعرق در کشور است. این در حالی است که در مناطق کویری و خشک کشور شرایط بیشتری برای تبخیر و تعرق 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.

جدول 2. 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)
ابرقوه	1686/7	بهباد	1609/9
بافق	1725/6	بهداران	1538/7
رباط پشت بادام	1724/1	چادرملو	1722/8
طیس	1368/9	چاه افضل	1748/9
عقدا	1744/6	ندوشن	1463/9
گاریز	1394/7	خضراباد	1658/1
مروست	1834/9	نصرآباد	1334/1
مهریز	1630/7	نیر	1216/5
میبید	1721/6	معدن پرورده	1585/8
هرات	1860/9	تنگ چنار	1292/3
یزد	1689/1	عشق آباد	1418/7
ابراهیم آباد	1543/6	سبزدشت	1347/7
اردکان	1776/9	علی آباد	1192/9
اسفندآباد	1726/4	دیپوک	1267/8
اشکذر	1755/5		

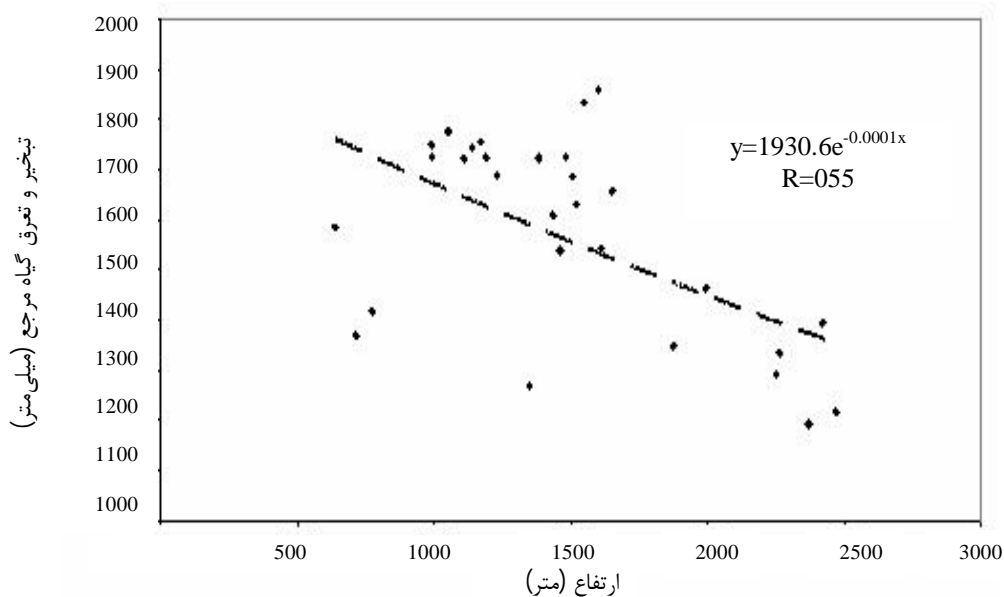
اما از طرف دیگر باید در نظر داشت که اکوسیستم‌های چنین مناطقی به شدت شکننده می‌باشند و عواملی نظیر تخریب اراضی و تغییر نادرست کاربری آنها، چرای بیش از حد، برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی و در کنار آن عوامل مربوط به گرمایش جهانی و تغییر اقلیم و همچنین خشکسالی‌های مخرب، به طور گسترده‌ای اکوسیستم‌های چنین مناطقی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا پایش مداوم شرایط اکوسیستم‌های مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان، توصیه می‌گردد. نقشه‌های 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.

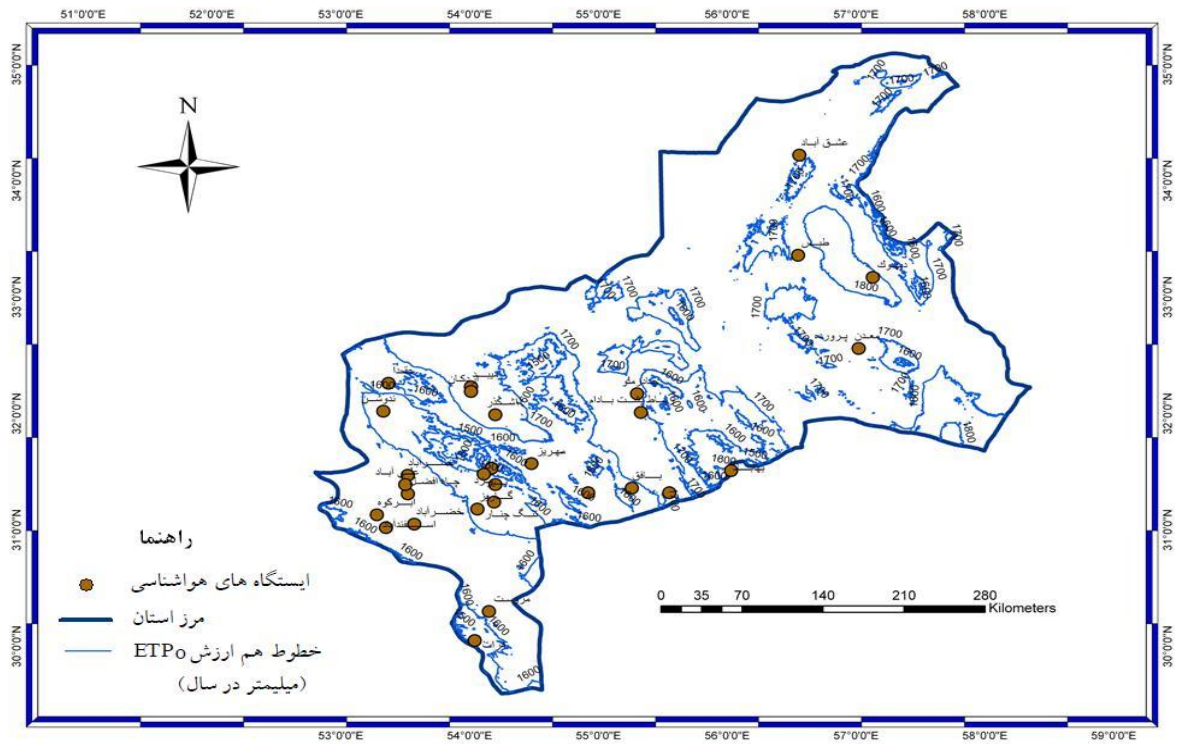
### سپاسگزاری

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

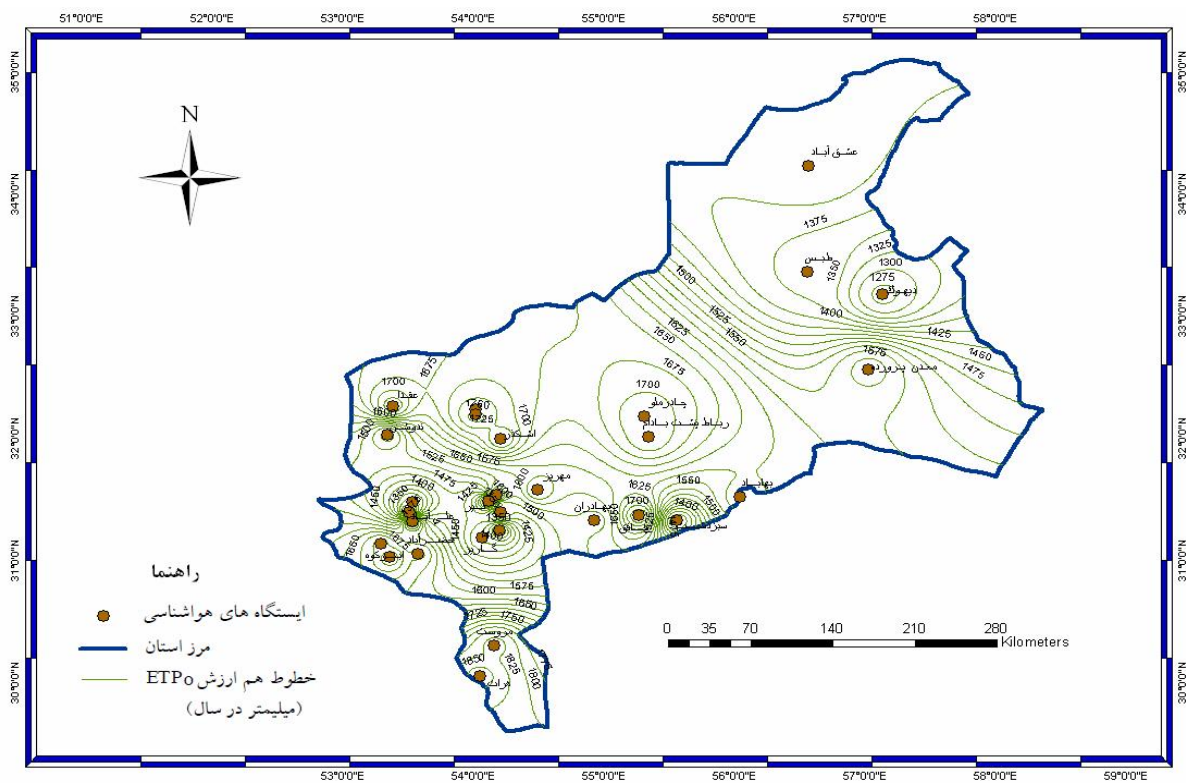
در رابطه با نقشه‌های پهنه‌بندی مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع، مشخص گردید که مناطق مرکزی، جنوبی و برخی نواحی غربی استان، شدت تبخیر و تعرق بیشتری نسبت به مناطق شمالی و شرقی دارند. بنابراین تبخیر و تعرق بالا و در نتیجه خشکی بیشتر، جزئی از ذات این مناطق است.



شکل 2. رابطه‌نمایی بین پارامتر ارتفاع ایستگاه هواشناسی و تبخیر و تعرق متوسط سالانه گیاه مرجع



شکل 3. 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 4. نقشه پهنه بندی تبخیر و تعرق پتانسیل متوسط در استان یزد بر مبنای روش عکس فاصله (IDW)

جدول 3. جدول مقادیر برآورد شده و واقعی (بر حسب میلیمتر در سال) و همچنین خطای برآورد دو روش میانمایی مورد بررسی

نام ایستگاه	روش عکس فاصله			رابطه نمایی بین ارتفاع و تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع		
	خطا	مقادیر		خطا	مقادیر	
		پیش بینی شده	مقادیر واقعی		پیش بینی شده	مقادیر واقعی
ابركوه	-26/43	1660/35	1686/79	1636/00	1686/79	1636/00
بافق	-75/37	1651/08	1726/45	1636/00	1726/45	1636/00
رباط پشت بادام	264/03	1727/94	1463/92	1642/26	1463/92	1642/26
طبس	11/36	1755/99	1744/62	1537/32	1744/62	1537/32
عقدا	441/85	1634/82	1192/96	1549/37	1192/96	1549/37
گاريز	-182/17	1566/79	1748/96	1317/11	1748/96	1317/11
مروست	307/72	1641/86	1334/14	1357/82	1334/14	1357/82
مهریز	13/03	1671/18	1658/15	1596/96	1658/15	1596/96
میید	-131/42	1729/50	1860/92	1765/95	1860/92	1765/95
هرات	-221/50	1555/40	1776/90	1716/92	1776/90	1716/92
یزد	-266/33	1455/33	1721/66	1769/94	1721/66	1769/94
ابراهیم آباد	159/61	1554/31	1394/70	1417/54	1394/70	1417/54
اردكان	509/33	1725/87	1216/53	1618/59	1216/53	1618/59
اسفندآباد	171/44	1664/51	1834/95	1737/31	1834/95	1737/31
اشكذر	27/78	1716/92	1689/14	1331/19	1689/14	1331/19
بهباد	141/2	1292/33	1292/33	1476/40	1292/33	1476/40
بهداران	125/04	1668/68	1543/63	1417/51	1543/63	1417/51
چادرملو	-27/81	1727/77	1755/58	1634/61	1755/58	1634/61
چاه افضل	33/14	1663/84	1630/71	1530/96	1630/71	1530/96
ندوشن	18/80	1557/58	1535/78	1591/33	1535/78	1591/33
خضراآباد	-57/15	1668/51	1725/66	1485/92	1725/66	1485/92
نصرآباد	-74/35	1648/44	1722/80	1695/67	1722/80	1695/67
نیر	-214/70	1509/43	1724/12	1685/92	1724/12	1685/92
معدن پرورده	395/64	1743/39	1347/75	1664/12	1347/75	1664/12
تنگ چنار	-36/69	1573/23	1609/92	1532/10	1609/92	1532/10
عشق آباد	370/95	1739/91	1368/96	1368/39	1368/96	1368/39
سبزدشت	282/11	1700/85	1418/74	1350/32	1418/74	1350/32
علی آباد	64/61	1650/42	1585/82	1353/25	1585/82	1353/25
دیپوک	545/39	1813/27	1267/88	1458/83	1267/88	1458/83

## منابع

- گل کار حمزیه یزد، حمید رضا، فریدون کاوه، بیژن قهرمان و ح. صدقی، (1386 ه. ش.). بررسی روند تغییرات سری زمانی تبخیر-تعرق ماهیانه گیاه مرجع با استفاده از روش پیشنهادی فائو-پنمن-مانتیت، علوم کشاورزی، 13 (2): 417-433.
- 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.
- حیدرپور، منوچهر، سیدفرهاد موسوی و سیدابراهیم هاشمی، (1386 ه. ش.). واسنجی معادله پنمن مانتیت برای برآورد تشعشع خالص در منطقه اصفهان. آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، 21 (2): 171-180.
- رضیعی، طیب، پیمان دانش کار آراسته و بهرام ثقفیان، (1384 ه. ش.). بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران، آب و فاضلاب، 16 (2): 73-81.
- شریفان، حسین، بیژن قهرمان، امین علیزاده و مجید میرلطیفی، (1384 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، 19 (2): 280-290.
- علیزاده، امین، غلامعلی کمالی، محمدجواد خانجانی و محمدرضا رهنورد، (1383 ه. ش.). ارزیابی روش‌های برآورد تبخیر-تعرق در مناطق خشک ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، 19 (2): 105-97.



## **Estimation of reference evapotranspiration using FAO-Penman-Monteith method and its zonation in Yazd province**

- 1- T. Sharghi, Academic staff of Payame Noor University, Yazd, I. R. Iran  
[taherah\\_sharghi@yahoo.com](mailto:taherah_sharghi@yahoo.com)
- 2- H. Bari Abarghuei, Assistant professor Agriculture Department, Payame Noor University, Yazd, I. R. Iran
- 3- M. A. Asadi, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran
- 4- M. R. Kousari, Faculty 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 component 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 water resources management. At present, there are various methods for calculating the reference evapotranspiration. According to some researches, FAO-Penman-Monteith method is the most accurate method for the estimating of both dry and wet weather conditions after lysimeter weight method. In this study, the amount of reference evapotranspiration was calculated using FAO-Penman-Monteith method in 29 selected synoptic and climatology stations in Yazd. Then, they were classified in two ways: Firstly, through an establishment of a relationship between evapotranspiration parameters and height, and secondly, through Inverse Distance Weighting (IDW). Finally, variations of reference evapotranspiration in different land cover throughout the province were analyzed. Method Reference evapotranspiration maps show that the amount of evapotranspiration is higher in central, southern and some western areas of the province than in northern and eastern areas.

**Keywords:** Reference evapotranspiration, FAO-Penman-Monteith method, Zonation, Yazd province.